1

PANORAMA GENERAL

AUTORES Y EDITORES REVISORES

Autores principales coordinadores

Jim Penman (Reino Unido)
Michael Gytarsky (Federación de Rusia), Taka Hiraishi (Japón), Thelma Krug (Brasil), y Dina Kruger (Estados Unidos)

Editores revisores

Ian Carruthers (Australia) y Carlos López (Cuba)

Índice

1.1	**INTRODUCCIÓN**	**1.4**
1.2	**ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS PARA USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (UTCUTS)**	**1.4**
1.3	**DEFINICIÓN DE INVENTARIOS COHERENTE CON LA ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS**	**1.6**
1.4	**RELACIÓN CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC***	**1.8**
1.5	**DESCRIPCIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO**	**1.9**
1.6	**UTILIZACIÓN DE LA ORIENTACIÓN - ASESORAMIENTO PRÁCTICO PARA LOS ORGANISMOS ENCARGADOS DE LOS INVENTARIOS Y OTROS**	**1.10**
1.7	**PERTINENCIA PARA LAS POLÍTICAS**	**1.11**

1.1 INTRODUCCIÓN

En 1998, las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) invitaron al Grupo Intergubernametal de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) a preparar una *orientación sobre las buenas prácticas de las Directrices revisadas del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero versión revisada en 1996 (Directrices del IPCC)*[1]. Como las Partes habían acordado ya utilizar[2] las *Directrices del IPCC* para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, la función de la *orientación sobre las buenas prácticas* no es sustituir a las *Directrices del IPCC*, sino más bien proporcionar asesoramiento coherente con ellas.

El IPCC terminó a tiempo su labor para que el primer volumen de la *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (OBP2000)*[3] fuera aceptado en la Plenaria del IPCC celebrada en Montreal en mayo de 2000. La Conferencia de las Partes (CP) en la CMCC y su Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) refrendó posteriormente[4] la *OBP2000*. La CP se ha referido ampliamente a la *OBP2000* en decisiones subsiguientes, incluidas aquellas a las que se hace referencia colectivamente como los Acuerdos de Marrakech[5], que se adoptaron en su séptimo período de sesiones. En los Acuerdos de Marrakech se invitaba asimismo al IPCC a elaborar una *orientación sobre las buenas prácticas* para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), que no está abarcada en *OBP2000*. En las Secciones 1.2, 1.3, 1.4 y 1.6 se describen respectivamente, con más detalle, el mandato para su labor, la definición de *buenas prácticas* en este contexto, su relación con las *Directrices del IPCC*, y las consecuencias prácticas para los organismos encargados de los inventarios. En las Secciones 1.5 y 1.7 figuran una descripción del presente documento y una exposición de su pertinencia para las políticas.

1.2 ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS PARA USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (UTCUTS)

La *OBP2000* no abarca las actividades de cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS) descritas en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*[6] porque cuando se estaba elaborando la *OBP2000* el IPCC estaba preparando también el *Informe Especial sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* (IE UTCUTS). La labor paralela en la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* hubiera entrañado un riesgo de incoherencia con el Informe Especial. Además, se estaban realizando importantes negociaciones sobre UTCUTS en el proceso de la CMCC, y el IPCC reconoció que sería mejor preparar la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* teniendo en cuenta los resultados de esas negociaciones.

---

[1] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero versión revisada en 1996. IPCC/OCDE/AIE, París (Francia).

[2] En particular, el Informe del cuarto período de sesiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (FCCC/SBSTA/1996/20), párrafo 30; decisiones 2/CP.3 y 3/CP.5 (directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las partes incluidas en el Anexo I de la Convención, Primera parte: Directrices de la Convención Marco sobre los Inventarios Anuales), 18/CP.8 por la que se revisan las directrices adoptadas en virtud de la decisión 3/CP.5, y de la decisión 17/CP.8, por la que se adoptan directrices mejoradas para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención.

[3] Grupo Intergubernametal de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendía L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

[4] Informe del duodécimo período de sesiones del OSACT (FCCC/SBSTA/2000/5), párrafo 40 y decisiones 3/CP.5 y 19/CP.8.

[5] Decisiones 1/CP.7 a 24/CP.7; la decisión 21/CP.7 se refiere expresamente a la utilización de la Orientación sobre las buenas prácticas en el contexto del Protocolo de Kyoto.

[6] Las *Directrices del IPCC* se refieren al cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS), pero uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) se ha convertido en el término habitual en las negociaciones de la CMCC y se adoptó como título del Informe Especial de 2000 del IPCC sobre este asunto. En esta publicación se utiliza el término CUTS cuando se hace referencia expresamente a las *Directrices del IPCC.*

En la segunda parte de la CP6 y en la CP7, que tuvieron lugar respectivamente en Bonn (julio de 2001) y Marrakech (noviembre de 2001), se terminaron las negociaciones sobre UTCUTS relativas a la aplicación del Protocolo de Kyoto (salvo en lo que respecta a las reglas y modalidades para las actividades de forestación y reforestación en virtud del mecanismo para un desarrollo limpio). En el párrafo 3 de la decisión 11/CP.7[7] aprobada en la CP.7 figuran las solicitudes al IPCC (véase el Recuadro 1.2.1).

RECUADRO 1.2.1
INVITACIÓN AL IPCC EN LOS ACUERDOS DE MARRAKECH, DECISIÓN 11/CP.7

La Conferencia de las Partes…..

3. Invita al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) a:

a) elaborar métodos para estimar, medir, vigilar y notificar las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero por las fuentes, así como de la absorción antropógena por los sumideros, debidas a las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 y en los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto sobre la base de las *Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero,* versión revisada en 1996 teniendo en cuenta la presente decisión (11/CP.7) y el proyecto de decisión .../CMP.1 *(Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura)* adjunto, a fin de presentarlos a la Conferencia de las Partes en su noveno período de sesiones para su examen y posible adopción;

b) preparar, para su examen y posible adopción por la Conferencia de las Partes en su noveno período de sesiones, un informe sobre las *buenas prácticas* y la gestión de la incertidumbre en relación con la medición, estimación, evaluación de las incertidumbres, vigilancia y notificación de las variaciones netas del carbono almacenado y de las emisiones antropogenias de gases de efecto invernadero por las fuentes, así como de la absorción antropógena por los sumideros, en el sector del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, teniendo en cuenta la presente decisión (11/CP.7) y el proyecto de decisión .../CMP.1 *(Uso de la tierra cambio de uso de la tierra y silvicultura)* adjunto, a fin de presentarlos a la Conferencia de las Partes en su noveno período de sesiones para su examen y posible adopción;

c) elaborar definiciones de "degradación" de los bosques y "eliminación de la vegetación" respecto de otros tipos de vegetación como consecuencia de actividades humanas directas, y opciones metodológicas para la elaboración de inventarios y de informes sobre las emisiones resultantes de esas actividades, a fin de presentarlas a la Conferencia de las Partes en su noveno período de sesiones para su examen y posible adopción; y

d) elaborar metodologías viables para que las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero por las fuentes y la absorción por los sumideros debidas directamente a las actividades humanas se excluyan de las variaciones inducidas indirectamente por la actividad humana y por efectos naturales (por ejemplo, los de la fertilización por dióxido de carbono y la deposición del nitrógeno), y por los efectos debidos a las prácticas forestales aplicadas en el pasado (antes del año de referencia), a fin de presentarlas a la Conferencia de las Partes en su décimo período de sesiones.

. . .

Como las invitaciones de los apartados *a)* y *b)* del párrafo 3 de la decisión 11/CP.7 están muy vinculadas, el IPCC ha respondido a ellas produciendo un solo informe relativo a la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS,* sobre la base de las *Directrices del IPCC.* Este único informe completa la serie de *orientación sobre las buenas prácticas* para todos los sectores de las *Directrices del IPCC.* El primer volumen de la *orientación sobre las buenas prácticas (OBP2000)* abarca otros sectores de las *Directrices del IPCC,* a saber, Energía, Procesos industriales, Agricultura y Desechos.

El IPCC está considerando las solicitudes de los apartados *c)* y *d)* del párrafo 3 de la decisión 11/CP.7 por separado, y esta *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* no se basa en ellas para su aplicación.

[7] La designación 11/CP.7 significa la undécima decisión adoptada por la CP en la CMCC en su séptimo período de sesiones. La designación -/CMP.1 se refiere a los proyectos de decisión que considerará la CP cuando se reúna por primera vez en calidad de reunión de las partes en el Protocolo de Kyoto.

1.3 DEFINICIÓN DE INVENTARIOS COHERENTE CON LA ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS

Según la *OBP2000*, los inventarios acordes con las *buenas prácticas* son los que no contienen cálculos excesivos ni demasiado bajos en la medida en que puede determinarse, y en los que las incertidumbres se reducen lo más posible[8].

Cuando se aplican a UTCUTS, esta definición de *OBP2000* debe garantizar que las estimaciones de los cambios en el carbono almacenado, las emisiones por fuentes y las absorciones por sumideros, incluso si existe incertidumbre, son estimaciones *bona fide,* en el sentido de que no contienen ningún tipo de sesgo que pudiera haber sido detectado y eliminado, y de que las incertidumbres se han reducido lo más posible, en las circunstancias nacionales. Es de suponer que este tipo de estimaciones son las mejores que cabría alcanzar, en vista del estado actual de los conocimientos científicos y los recursos disponibles. En las *buenas prácticas* se trata de conformarse a la definición proporcionando orientaciones sobre:

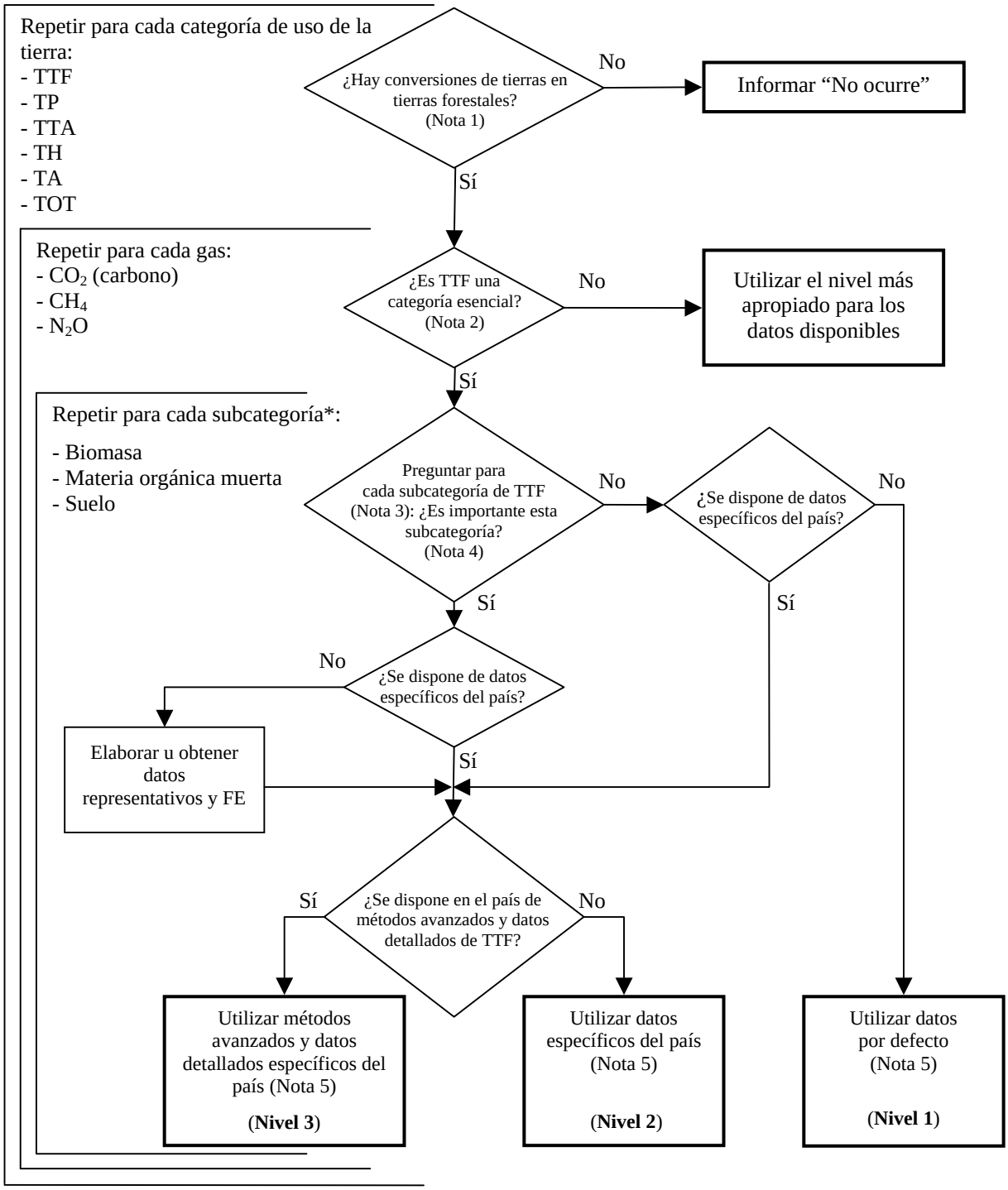
- la elección del método de estimación en el contexto de la *Directrices del IPCC;*
- los procedimientos de garantía de la calidad y control de la calidad que permitan comparaciones durante la compilación del inventario;
- los datos y la información que deberán documentarse, archivarse y notificarse para facilitar el examen y la evaluación de las estimaciones de los inventarios; y
- la cuantificación de las incertidumbres a nivel de la categoría de fuente o de sumidero y para el inventario en su conjunto, de manera que los recursos disponibles para la investigación puedan dedicarse a reducir las incertidumbres con el tiempo, y a tener una idea precisa de las mejoras.

La *orientación sobre las buenas prácticas* apoya además la preparación de inventarios transparentes, documentados, coherentes en el tiempo, completos, comparables, evaluados en cuanto a las incertidumbres, sujetos al control y a la garantía de la calidad, eficientes en cuanto al uso de los recursos disponibles para los organismos encargados de los inventarios, y en los que las incertidumbres se reduzcan cuando se disponga de mejor información.

La *OBP2000* presenta un método para identificar las *fuentes esenciales* que deben considerarse prioritarias utilizando métodos de estimación más detallados (nivel superior) cuando se disponga de recursos, en razón de su importancia para afectar al nivel absoluto o a la tendencia de las emisiones, su incertidumbre, o factores cualitativos como estimaciones inesperadamente altas o bajas. En el Capítulo 5.4 del presente documento se amplía el análisis de las fuentes esenciales a las *categorías* de UTCUTS. Aplicando el método aumentan las categorías esenciales de fuentes identificadas sin consideración de UTCUTS con las identificadas como esenciales en los análisis de todo inventario que comprende categorías de UTCUTS. Las actividades realizadas en virtud de los artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo de Kyoto son esenciales si la categoría asociada del Capítulo 3 es esencial, o si el efecto de las actividades que se extienden a varias categorías del Capítulo 3 es mayor que el de las categorías del Capítulo 3 esenciales, o sobre bases cualitativas. El resultado del análisis de *categoría esencial* se utiliza luego en árboles de decisiones para orientar la elección del método de estimación con el fin de utilizarlo en la preparación del inventario. En la Figura 1.1 se muestra un ejemplo de árbol de decisiones (las abreviaturas TTF, TP, TTA, TH, TA y TOT de la Figura 1.1 se explican en las "Abreviaturas y acrónimos" al final de la publicación).

[8] Véase *OBP2000*, Sección 1.3.

Figura 1.1 Árbol de decisiones para identificar el nivel apropiado de tierra convertida en otra categoría de uso de la tierra (ejemplo de tierras convertidas en tierras forestales, TTF)



Nota 1: El uso de 20 años, como umbral, es coherente con los valores por defecto contenidos en las *Directrices del IPCC*. Los países pueden utilizar diferentes períodos cuando proceda según las circunstancias nacionales.
Nota 2: El concepto de categorías esenciales se explica en el Capítulo 5, Sección 5.4 (Elección de la metodología – Identificación de las categorías esenciales).
Nota 3: Para la caracterización de subcategorías véase el Cuadro 3.1.2.
Nota 4: Una subcategoría es importante si representa entre el 25 y el 30% de las emisiones/absorciones de la categoría global.
Nota 5: Para la definición de niveles véase el Recuadro 3.1.1

* Si un país informa de productos de madera recolectada (PMR) como depósito separado, debe tratarse como subcategoría.

1.4 RELACIÓN CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

Según se explica en la introducción, la *orientación sobre las buenas prácticas* ha de ser coherente con las *Directrices del IPCC*, porque las partes han acordado utilizar estas últimas para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. En la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* se define la coherencia con las *Directrices del IPCC*, utilizando los tres criterios siguientes[9]:

i) las categorías de fuentes o de sumideros específicas incluidas en la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* corresponden a las categorías de las *Directrices del IPCC;*

ii) en la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* se emplean las mismas formas funcionales para las ecuaciones utilizadas en la *Directrices del IPCC*, o su equivalente;

iii) la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* permite la corrección de todo error o deficiencia identificados en las *Directrices del IPCC.*

La *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* tiene algunas vinculaciones con la *OBP2000* en cuanto a la estimación de emisiones agrícolas, en particular óxido nitroso de los suelos, y ha de mantener la coherencia con el asesoramiento ya convenido.

La *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* tiene alguna flexibilidad adicional, aunque limitada y específica, a raíz de las conclusiones del 15º período de sesiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT), celebrado en asociación con la CP7 en Marrakech. Después de tomar nota con agradecimiento de los progresos en la labor del IPCC sobre UTCUTS, el OSACT:

> *…alentó al IPCC a que velara por que toda ampliación o modificación al notificar las categorías indicadas en el Capítulo 5*[10] *de las Directrices del IPCC para realizar los inventarios nacionales de los gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996, permitiera comparar la información comunicada sobre la base de la Orientación sobre las buenas prácticas con los inventarios anteriores comunicados con arreglo a la Convención.*[11]

El OSACT sugirió esta flexibilidad por la razón científica de que las *Directrices del IPCC* tratan de todos los suelos como una categoría de información, lo que tiende a separar la materia orgánica del suelo de las reservas de biomasa viva asociadas en los cálculos de los inventarios, lo que conduce a posibles incoherencias en las estimaciones, debido en parte al diferente tratamiento de categorías. Este asesoramiento del OSACT permite alguna reestructuración en la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS*, siempre y cuando se mantenga la capacidad de retrotraer las estimaciones de los inventarios a las categorías de información del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC.* Al preparar la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* se ha utilizado esta flexibilidad, pero prestando gran atención a la necesidad de garantizar la coherencia con el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC.*

Los criterios i) a iii) permiten la inclusión de categorías adicionales de fuentes o sumideros sobre tierra gestionada cuando están abarcados en la categoría *"Otras"* del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC.* Se han actualizado los factores de emisión o absorción por defecto y los parámetros del modelo en los casos en que pueden establecerse vínculos y documentarse circunstancias nacionales específicas. También se proporciona asesoramiento sobre métodos más complejos que los descritos en las *Directrices del IPCC*, puesto que en estas últimas se prevé el uso de tales métodos[12].

La *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* ha de atender también las necesidades del Protocolo de Kyoto, que introduce actividades de UTCUTS que son un subconjunto de las abarcadas en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC.* Para estas actividades hay requisitos más precisos en cuanto a definiciones, información geográfica, depósitos de carbono y gases de efecto invernadero que han de tenerse en cuenta, y en la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* se ofrecen medios para cumplirlos.

---

[9] *OBP2000*, página 1.6.

[10] Las categorías del Capítulo 5 a que se hace referencia son Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa (5A), Conversión de bosques y praderas (5B), Abandono de tierras gestionadas (5C), Emisiones y absorciones de CO_2 de los suelos (5D) y Otras (5S).

[11] Informe del 15º período de sesiones del OSACT, FCCC/SBSTA/2001/8, párrafo 29 d).

[12] *Directrices del IPCC* (Manual de referencia), página 5.4.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO

Los capítulos de la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* están organizados como sigue:

Capítulo 1 – Panorama general

En este capítulo se establece el mandato sobre la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS,* se define y describe el historial de la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas* y su relación con las *Directrices del IPCC,* se resume el asesoramiento práctico a los organismos encargados de los inventarios, y se trata de la pertinencia para las políticas.

Capítulo 2 – Base para la representación coherente de áreas de tierra

En las *Directrices del IPCC* apenas se trata de la manera de estimar las áreas de tierra y los cambios en el área de tierra asociados con actividades de CUTS. En la práctica, los países utilizan diversas fuentes, que comprenden datos de censos agrícolas, inventarios forestales y datos obtenidos por teledetección, pero no siempre son coherentes las definiciones que emplean las diferentes autoridades para recopilar los datos. Por lo tanto, en el Capítulo 2 se aconseja sobre diferentes procedimientos para representar el área de tierra, dependiendo de los datos disponibles. El término "procedimiento" utilizado en el Capítulo 2 es distinto del término "nivel" utilizado en los Capítulos 3 a 5. Los procedimientos no se presentan en forma jerárquica, si bien los requisitos de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto implican que es necesario disponer de más datos espaciales si se utiliza el Procedimiento 1 o el Procedimiento 2 para estimar esas actividades e informar sobre ellas. La utilización de los procedimientos, aislada o conjuntamente, ayudará a lograr que las estimaciones de área sean fiables, evitar superposiciones y disparidades.
Se trata de seis amplias categorías de uso de la tierra, a saber, tierras forestales, tierras agrícolas, praderas, humedales, asentamientos y otras tierras, que sirven de base para consideraciones más detalladas en los capítulos siguientes. Se examinan áreas no gestionadas y gestionadas para facilitar la coherencia de las estimaciones de área, si bien las emisiones y las absorciones se estiman únicamente respecto a las áreas gestionadas según se requiere en las *Directrices del IPCC*.

Capítulo 3 – Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS

El Capítulo 3 está organizado con arreglo a las seis categorías generales de uso de la tierra señaladas en el Capítulo 2. La tierra puede seguir correspondiendo a cualquiera de esas categorías (p. ej., praderas) o su uso puede cambiar a otra categoría (p. ej., de tierras forestales a agrícolas). En el Capítulo 3 se asesora sobre la estimación de emisiones y absorciones de CO_2 y gases de efecto invernadero distintos del CO_2 para ambas situaciones, teniendo en cuenta la media de carbono almacenado a largo plazo asociado con particulares usos de la tierra, y el tiempo que tarda el carbono almacenado en ajustarse al nuevo equilibrio tras un cambio de uso de la tierra. En el Capítulo 3 se mantiene la coherencia con lo señalado en *OBP2000* sobre la estimación de emisiones de óxido nitroso de la tierra. En los árboles de decisiones se dan orientaciones sobre la elección del método de acuerdo con las circunstancias nacionales. Se proporcionan cuadros sencillos para ayudar a los países en la vinculación *Directrices del IPCC,* y se señalan claramente las *buenas prácticas* sobre los métodos por defecto en las *Directrices del IPCC.* Hay secciones resumidas sobre la conversión de bosques en praderas. En el capítulo también figuran apéndices que abarcan humedales y asentamientos, sobre los que las *Directrices del IPCC* ofrecen asesoramiento únicamente limitado, y los productos de madera, que se siguen considerando en la CMCC. En la Sección 1.7 se trata más a fondo de la condición de los apéndices.

Capítulo 4 – Métodos suplementarios y orientación sobre las buenas prácticas que emanan del Protocolo de Kyoto

Las actividades humanas convenidas en virtud del párrafo 3 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto (forestación, reforestación y deforestación desde 1990), y las actividades que pueden optar por utilizar las Partes según el párrafo 4 del artículo 3 (ordenación forestal, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales, restablecimiento de la vegetación) están sometidas a requisitos suplementarios específicos sobre límites temporales y espaciales, identificación de áreas, evitación de doble cómputo, inclusión de carbono almacenado, y tratan de posibles diferencias de definición entre actividades de UTCUTS en virtud del Protocolo de Kyoto y categorías sometidas a información con arreglo a la CMCC. Esos requisitos implican la necesidad de información adicional además de la comunicada en los inventarios en virtud de la Convención. En el Capítulo 4 se explica cómo utilizar los métodos descritos en los otros capítulos y, cuando es necesario se ofrecen métodos adicionales para cumplir esos requisitos suplementarios. También se asesora sobre la identificación de límites de proyectos y estrategias de muestreo para actividades de proyectos según los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto. El asesoramiento sobre las *buenas prácticas* para UTCUTS relacionadas con actividades de proyectos abarca sólo la estimación de los cambios en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en los límites del proyecto; no se considera la no permanencia, la adicionalidad[13], las fugas, la definición de base de referencia ni los efectos socioeconómicos y ambientales, porque estos puntos los está examinando el OSACT[14].

[13] Si las reducciones o absorciones de emisiones son adicionales a las que se producirían de no existir el proyecto.

[14] Decisión 17/CP.7 en FCCC/CP/2001/13/Add. 2.

Capítulo 5 – Cuestiones multisectoriales

La preparación de inventarios es una actividad que requiere muchos recursos, por lo que los organismos encargados de los inventarios tal vez tengan que establecer prioridades en su empeño para mejorar las estimaciones, centrándose en las categorías más importantes, tanto en lo que respecta a la contribución al nivel general de emisiones y absorciones, como a la contribución a la tendencia. En el capítulo se asesora también a este respecto, aplicando el concepto de categoría esencial en *OBP2000* para abarcar los sumideros. El capítulo contiene también secciones sobre garantía de la calidad y control de la calidad, reconstrucción de datos que faltan, coherencia de series temporales, recopilación y análisis de datos por muestreo, cuantificación y combinación de incertidumbres, y verificación mediante comparaciones con inventarios de otros países, conjuntos de datos compilados independientemente, métodos de modelización y mediciones directas sobre tierra y/o atmósfera.

Glosario

Contiene definiciones de términos técnicos utilizados normalmente en la Orientación.

1.6 UTILIZACIÓN DE LA ORIENTACIÓN – ASESORAMIENTO PRÁCTICO PARA LOS ORGANISMOS ENCARGADOS DE LOS INVENTARIOS Y OTROS

A continuación figura el asesoramiento práctico para el uso de este informe de *orientación sobre las buenas prácticas*. En el asesoramiento se resume la manera de utilizar la orientación al preparar inventarios para presentarlos a la CMCC, los pasos adicionales correspondientes a la información de las partes con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, y el uso de la orientación para proyectos en virtud de los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto.

Preparación de inventarios para la CMCC

Al preparar el inventario nacional sobre gases de efecto invernadero para el sector de UTCUTS con miras a la presentación de informes anuales en virtud de la CMCC, los organismos encargados de los inventarios deben seguir los pasos 1 a 6:

1. Utilizar los procedimientos del ***Capítulo 2*** (base para la representación coherente de áreas de tierra), aisladamente o combinados, al estimar áreas de tierra para cada categoría de uso de la tierra del país. Los organismos encargados de los inventarios deben complementar, para cada una de estas categorías, el asesoramiento del Capítulo 2 con la orientación más detallada de los Capítulos 3 y 4 sobre la preparación de estimaciones específicas de emisión y absorción y, cuando proceda, la información sobre las actividades en virtud del Protocolo de Kyoto.

2. Seguir la *Orientación sobre las buenas prácticas en el* ***Capítulo 3*** (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) con el fin de estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para cada uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y depósitos del país. Los árboles de decisiones de este capítulo ofrecen opciones de metodología en términos de *niveles*. La estructura de los niveles utilizada en las *Directrices del IPCC* (Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3) es jerárquica, suponiendo los niveles más altos una mayor exactitud del método y/o del factor de emisiones y otros parámetros utilizados en la estimación de las emisiones y de las absorciones. Se deben identificar las categorías esenciales siguiendo la orientación del ***Capítulo 5*** y tener en cuenta los resultados en la aplicación de los árboles de decisiones.

3. De ser necesario, en algunos casos, recopilar datos adicionales (si se requieren para aplicar un nivel determinado) con el fin de mejorar los factores de emisión, otros parámetros y los datos sobre las actividades.

4. Estimar las incertidumbres en el 95% del nivel de confianza, utilizando asesoramiento sectorial y la orientación detallada del ***Capítulo 5***.

5. Informar de las emisiones y de las absorciones en los cuadros del ***Capítulo 3, Anexo 3A.2,*** teniendo en cuenta cualquier modificación del OSACT[15] y toda información adicional, según se especifica en cada categoría.

[15] En su 18º período de sesiones, el OSACT pidió a la secretaría de la CMCC que preparara, en consulta con el IPCC, proyectos de formularios comunes para los informes, a fin de examinarlos – véase el párrafo 26 b) de FCCC/SBSTA/2003/10.

6. Aplicar los procedimientos de GC/CC según se describen en la orientación genérica del ***Capítulo 5*** y el asesoramiento específico de cada categoría, con inclusión de la documentación y el archivado de la información utilizada para preparar las estimaciones nacionales de emisiones y absorciones.

Requisitos del Protocolo de Kyoto

Al preparar la información adicional para los informes anuales de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones y absorciones de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades que se indican en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, los organismos encargados de los inventarios deben, además:

7. Evaluar el grado en que los datos recopilados para el inventario nacional existente (siguiendo los pasos 1 a 6 anteriores) pueden atender las necesidades de datos adicionales establecidas en la orientación suplementaria prevista en el ***Capítulo 4*** del presente informe, teniendo en cuenta las opciones nacionales sobre las definiciones y actividades elegidas en virtud del párrafo 4 del artículo 3, y los requisitos de la ubicación geográfica.

8. Siguiendo esta evaluación, recopilar o cotejar toda información adicional necesaria para atender las necesidades de datos adicionales, utilizando el asesoramiento del ***Capítulo 4***, y las referencias que se hacen en él a otros capítulos.

9. Seguir el asesoramiento del ***Capítulo 4*** sobre presentación de informes y documentación al proporcionar la información adicional en el informe del inventario nacional.

El orden en que se recopila la información que ha de comunicarse vendrá determinado por las circunstancias nacionales. Por ejemplo, es posible empezar con el inventario de la CMCC (con la información espacial adicional requerida para la información con arreglo al Protocolo de Kyoto) y ampliar la información exigida en el Protocolo de Kyoto, o también es posible utilizar un sistema que genere la información exigida por la CMCC y el Protocolo de Kyoto. El orden preciso de los pasos 1 a 6 y 7 a 9 no tiene importancia siempre y cuando se abarque el fondo.

Proyectos

Los participantes en los proyectos, las entidades independientes y las entidades operacionales deben utilizar el asesoramiento del ***Capítulo 4, Sección 4.3,*** en la medida necesaria, en el contexto global de las decisiones pertinentes de la CP, al concebir, validar y verificar métodos para medir y vigilar las variaciones del carbono almacenado y de los gases de efecto invernadero distintos de CO_2 asociados con las actividades de los proyectos.

1.7 PERTINENCIA PARA LAS POLÍTICAS

Este panorama general y los Capítulos 2, 3 y 5 revisten interés para todos los países cuando preparan estimaciones de emisiones y absorciones del sector de UTCUTS, hayan ratificado o no el Protocolo de Kyoto. Las dos primeras secciones del Capítulo 4 proporcionan información complementaria de la contenida en los Capítulos 2, 3 y 5, que es únicamente pertinente para los países del Anexo I que han ratificado el Protocolo de Kyoto. La Sección 4.3 (proyectos de UTCUTS) reviste interés para todos los países que realicen proyectos con arreglo a los artículos 6 o 12 del Protocolo de Kyoto.

Si bien muchas categorías del sector de UTCUTS están consolidadas y es relativamente fácil estimarlas, el UTCUTS es una esfera compleja, y está claro desde el principio que algunas cuestiones se siguen considerando para varias categorías de emisiones y absorciones. En particular:

- el OSACT ha establecido un proceso de políticas sobre la contabilización de los productos de madera recolectada (PMR) y la presentación de informes al respecto que pueden conducir a decisiones de la CP y de la CP/RP[16]. Sin embargo, aunque la hipótesis por defecto es que los depósitos de PMR no aumentan, las *Directrices del IPCC* permiten la inclusión de PMR en los inventarios nacionales si un país puede probar que las reservas existentes de productos forestales de larga duración aumentan. Por lo tanto, en la *Orientación sobre las buenas prácticas* se tiene en cuenta el depósito de PMR. El material proporcionado figura en un apéndice, y no en el texto principal, porque el OSACT sigue considerando esta cuestión. En el apéndice no se emiten juicios sobre las posibles decisiones futuras relativas a la presentación de informes o la contabilidad;

- los asentamientos y los humedales son categorías de uso de la tierra con respecto a las cuales se proporcionaban limitadas orientaciones metodológicas en las *Directrices del IPCC,* pero desde que se terminaron esas *Directrices* en 1996 se ha realizado una gran labor científica. Esto se aplica también a las

[16] Conclusiones relativas a las emisiones procedentes de explotación forestal y productos de madera (informe del OSACT sobre su 15º período de sesiones, celebrado en Marrakech del 29 de octubre al 6 de noviembre de 2001, párrafo 29 m), página 14). La CP/RP es la Conferencia de las Partes en la CMCC en calidad de reunión de las partes en el Protocolo de Kyoto.

emisiones distintas de CO_2 procedentes del avenamiento y de la rehumidificación de suelos forestales. Para estas categorías y fuentes, el IPCC determinó que debía desarrollarse una *orientación sobre las buenas prácticas* que reflejara la información científica más reciente, pero que debería presentarse en un apéndice, para indicar su carácter preliminar. En el texto principal de estas secciones se ofrece suficiente asesoramiento para estimar la contribución que hacen a los inventarios nacionales las conversiones a estas categorías;

Los países no están obligados a preparar estimaciones para las categorías contenidas en los apéndices, aunque pueden hacerlo si lo desean. El IPCC pretende que este método refleje los contextos científicos y de política prevalecientes, de manera que ofrezca información útil a los países para preparar sus inventarios, reconociendo al mismo tiempo que la función de la CP es establecer directrices generales para la presentación de informes y la contabilización de los inventarios en el contexto de la CMCC.

- las *Directrices del IPCC* no comprenden explícitamente pérdidas debidas a perturbaciones naturales en bosques *gestionados*, si bien la omisión del efecto de esas perturbaciones sobreestimaría las absorciones de carbono calculadas por la metodología de las *Directrices*. Por lo tanto, la *Orientación sobre las buenas prácticas* da una idea de cómo deben tenerse en cuenta;

Para la información prevista en el Protocolo de Kyoto, la finalidad del Capítulo 4 es proporcionar la operacionalización científica neutra respecto a las políticas del acuerdo de la CP7 en términos de información anual[17]. En algunos casos, para ello se ha requerido un criterio. En particular:

- en el tratamiento de la cuestión de la identificación geográfica, la frase *La ubicación geográfica de las fronteras de las zonas que abarcan*[18] se interpreta como compatible con un método de muestreo dentro de una frontera geográfica, o la enumeración completa de unidades de áreas objeto de cambios en el carbono almacenado y de las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero debido a las actividades que han de comunicarse;
- la utilización del concepto *categoría esencial* y la elección de la metodología en relación con las actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 se ha desarrollado en forma lógica, conforme se describe en la Sección 1.3 *supra*, pero no prejuzga ninguna decisión en cuanto a si todas las actividades realizadas de conformidad con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 deben considerarse esenciales;
- si bien para las actividades del párrafo 4 del artículo 3 es una *buena práctica* equiparar el uso de la tierra dominante, en algunas casos (p. ej., sistemas de agrosilvicultura), la tierra puede corresponder a la ordenación forestal (limitada por la operculación) o a la gestión de tierras agrícolas/de pastoreo (que es objeto de contabilización neto-neto). En esos casos, en la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* se dice que los países deben establecer criterios nacionales aplicables coherentemente en el tiempo;
- se considera que en la contabilización neto-neto hay que proceder a una comparación entre emisiones y absorciones de las actividades elegidas en el año de base y el período de compromiso, lo que puede conducir a una comparación de áreas de tamaño diferente. En otros procedimientos, en que cambian las áreas, habría que proceder a la normalización al área constante, o mantener el área constante en el tiempo, posiblemente el área del año de base, si bien este tercer planteamiento entrañaría efectos de actividades no abarcadas por los Acuerdos de Marrakech, y podrían aumentar las incertidumbres haciendo la estimación más compleja.

La elaboración de la decisión de los Acuerdos de Marrakech sobre estas materias (o, en realidad, sobre cualesquiera otras) correspondería a la CP; sin embargo, el IPCC cree que las interpretaciones deberían ser aceptables a causa del proceso de examen y de que en la preparación de este informe el IPCC se ha mantenido siempre en contacto con el proceso de la Convención mediante la información formal de los progresos realizados en el OSACT, de actividades paralelas y de la asistencia a las reuniones técnicas. La elaboración de la *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* es un paso en el continuo programa del IPCC para la preparación de los inventarios, y apoyará también las futuras revisiones de las propias *Directrices del IPCC*.

[17] Los términos estimación, información y contabilidad tienen significados distintos. La estimación es el proceso de calcular emisiones, y la información el proceso de proporcionar las estimaciones a la CMCC. La contabilidad se refiere a las reglas para comparar emisiones y absorciones notificadas con arreglo a los compromisos. En *OBP2000* y en el presente informe se trata de las cuestiones de estimación e información, pero no de la contabilidad, para la que se han establecido reglas detalladas en virtud de los acuerdos de Marrakech.

[18] FCCC/CP/2001/13/Add. 3, página 26, párrafo 6 b).

2

BASE PARA LA REPRESENTACIÓN COHERENTE DE ÁREAS DE TIERRA

AUTORES Y EDITORES REVISORES

Autores principales coordinadores

Ronnie Milne (Reino Unido) y Bubu Pateh Jallow (Gambia)

Autores principales

Dominique Arrouays (Francia), Peter Beets (Nueva Zelandia), Paul Drichi (Uganda), Ismail Bin Harun (Malasia), James Hrubovcak (Estados Unidos), Ted Huffman (Canadá), William Irving (Estados Unidos), Michael Koehl (Alemania), Erda Lin (China), Lennart Olsson (Suecia), Jim Penman (Reino Unido), Ryosuke Shibasaki (Japón), Brian Turner (Australia), Julio C.Vargas (Ecuador) y Ernesto F. Viglizzo (Argentina).

Autor colaborador

Ralph Alig (Estados Unidos)

Editores revisores

Mike Apps (Canadá) y Jose Domingo Miguez (Brasil)

Índice

2.1 INTRODUCCIÓN 2.5

2.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA 2.5

2.3 REPRESENTACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA 2.7

2.3.1 Introducción 2.7

2.3.2 Tres Procedimientos 2.8

2.3.2.1 Procedimiento 1: Datos básicos sobre el uso de la tierra 2.8

2.3.2.2 Procedimiento 2: Estudio de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra 2.10

2.3.2.3 Procedimiento 3: Datos sobre el uso de la tierra geográficamente explícitos 2.12

2.3.3 Utilización de los procedimientos 2.15

2.3.4 Incertidumbres asociadas con los procedimientos 2.18

2.4 ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS SOBRE USO DE LA TIERRA 2.19

2.4.1 Utilización de datos preparados para otros fines 2.19

2.4.2 Recopilación de nuevos datos por métodos de muestreo 2.20

2.4.3 Recopilación de nuevos datos en inventarios completos 2.20

2.4.4 Instrumentos para la recopilación de datos 2.20

2.4.4.1 Técnicas de teledetección 2.20

2.4.4.2 Estudios de campo 2.23

Anexo 2A.1 Ejemplos de procedimientos en distintos países **2.24**

Anexo 2A.2 Ejemplos de conjuntos de datos internacionales sobre la cubierta terrestre **2.29**

Referencias 2.31

Figuras

Figura 2.3.1 Procedimiento 3: Evaluaciones directas y repetidas de uso de la tierra a partir de la cobertura espacial completa 2.13

Figura 2.3.2 Árbol de decisiones para la utilización de datos existentes en los procedimientos sobre área de tierra 2.16

Figura 2.3.3 Árbol de decisiones para elegir el procedimiento de área de tierra en los países en que no existen datos..... ..... 2.17

Figura 2A.1.1 Etapas en la preparación de bases de datos sobre cobertura terrestre de Nueva Zelandia……..... ……..…… 2.27

Cuadros

Cuadro 2.3.1 Ejemplo de procedimiento 1: Datos de uso de la tierra de que se dispone con cobertura territorial completa..... 2.9

Cuadro 2.3.2 Ejemplo de subdivisión de datos para el procedimiento 1 ..... 2.10

Cuadro 2.3.3 Ejemplo de tabulación de todas las transiciones para el procedimiento 2 incluidas las subcategorías definidas nacionalmente..... 2.11

Cuadro 2.3.4 Ejemplo de datos del procedimiento 2 en una matriz de CUT con subdivisiones de categorías..... 2.12

Cuadro 2.3.5 Matriz de cambio de uso de la tierra simplificada como ejemplo de procedimiento 2..... 2.12

Cuadro 2.3.6 Resumen de incertidumbres con los procedimientos 1 a 3..... 2.18

Cuadro 2A.1.1 Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para Estados Unidos 2.25

Cuadro 2A.1.2 Matriz de cambio de uso de la tierra para Escocia entre 1984 y 1990..... 2.26

2.1 INTRODUCCIÓN

Para estimar el carbono almacenado y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero asociadas con las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) se necesita información sobre el área de tierra. En este capítulo se trata de ofrecer orientaciones sobre la selección de métodos adecuados para identificar y representar áreas de tierra de la manera más coherente posible en los cálculos de los inventarios.

En la práctica, los países utilizan métodos que comprenden censos anuales, estudios periódicos y actividades de teledetección para obtener datos de superficie. A partir de esta posición, en el Capítulo 2 se ofrece una *orientación de buenas prácticas* sobre tres procedimientos para representar el área de tierra. Con estos procedimientos se trata de proporcionar los datos de área especificados en los Capítulos 3 y 4 para la estimación y presentación de informes sobre inventarios de gases de efecto invernadero relativos a diferentes categorías de tierra. Con los procedimientos se trata asimismo de utilizar en forma óptima los datos y los modelos disponibles, y de reducir, en la medida en que sea factible, las posibles duplicaciones y omisiones en las áreas de tierra sobre las que se informa. Los procedimientos descritos deben minimizar la posibilidad de que algunas áreas de tierra aparezcan en más de una actividad, en tanto que otras se descuidan. Los procedimientos y las orientaciones presentados aquí permiten tomar decisiones con conocimiento de causa sobre estas materias por quienes preparan inventarios de gases de efecto invernadero, pero no pretenden ser definitivos ni exhaustivos. Los procedimientos de *buena práctica* para representar las áreas deben tener las siguientes características generales:

- en primer lugar, los procedimientos deben ser *adecuados*, es decir, que representen las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero y las relaciones entre ellas y el uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra;
- en segundo lugar, deben ser *coherentes*, es decir, que representen la gestión y el cambio de uso de la tierra de manera coherente en el tiempo, sin resultar indebidamente afectados por discontinuidades artificiales en datos de series temporales o por efectos debidos a la interferencia de datos de muestreo con planes rotacionales o cíclicos de uso de la tierra (p. ej., el ciclo de cosecha-rebrote en silvicultura, o ciclos gestionados de intensidad de trabajo del suelo en tierras agrícolas);
- en tercer término, los procedimientos deben ser *completos*, lo que quiere decir que han de incluirse todas las áreas de tierra de un país, con aumentos en algunas, compensados por disminuciones en otras cuando esto ocurra realmente, y se deben reconocer subconjuntos de tierra utilizada para la estimación y la presentación de informes con arreglo a las definiciones convenidas en los Acuerdos de Marrakech para las Partes en el Protocolo de Kyoto;
- por último, los procedimientos deben ser *transparentes*, es decir, han de describirse claramente las fuentes de datos, las definiciones, las metodologías y los supuestos.

2.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

En esta sección se describen seis amplias categorías[1] de tierra. Se puede considerar que son las categorías superiores para representar áreas de tierra en un país. Las categorías son coherentes con las *Directrices del IPCC* y los requisitos de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, y se pueden subdividir además según se describe en los Capítulos 3 y 4. Las categorías son suficientemente generales para clasificar todas las áreas de tierra en la mayoría de los países y conciliar diferencias en los sistemas de clasificación nacionales. Estos sistemas se deben utilizar en forma coherente en el tiempo. Se trata de utilizar las categorías junto con los procedimientos descritos en las secciones subsiguientes del presente capítulo, con el fin de facilitar la estimación coherente del uso de la tierra en el tiempo. Esto no quiere decir que las variaciones en el carbono almacenado o en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero han de estimarse o notificarse para superficies respecto a las cuales las *Directrices del IPCC* o, en el caso de algunos países, los Acuerdos de Marrakech, no lo exigen[2].

---

[1] Las categorías básicas son generalmente coherentes con el trabajo en curso sobre armonización de definiciones relativas a los bosques por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el IPCC, la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) y el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) (FAO, 2002), con definiciones sobre silvicultura y otros tipos de uso de la tierra del United States Geological Survey (USGS (2001)), FAO (1986, 1995) descritas por el IPCC (2000), y con las definiciones adoptadas para el uso de la tierra conforme al Protocolo de Kyoto y a los Acuerdos de Marrakech (FCCC/CP/2001/13/Add. 1, pág. 61).

[2] Las variaciones del carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero en tierra no gestionada no se comunican en las *Directrices del IPCC*, si bien es necesario informar cuando la tierra no gestionada está sometida a conversión.

Se reconoce que las denominaciones de estas categorías de tierras son una combinación de clases de cubierta forestal (p. ej., tierras forestales, praderas, humedales) y uso de la tierra (p. ej., tierras agrícolas, asentamientos). A fines prácticos, se hace referencia a ellas como categorías de uso de la tierra. Estas categorías particulares se han elegido porque son:

- razonablemente coherentes con las *Directrices del IPCC;*
- sólidas como base para la estimación del carbono;
- razonablemente cartografiables por métodos de teledetección; y
- completas en el sentido de que todas las áreas de tierra se deben representar en una u otra categoría.

Habrá que actuar con cuidado al deducir el uso de la tierra de estas categorías. Por ejemplo, en algunos países se puede pastar en superficies considerables de la categoría de tierras forestales, y se puede recoger leña de árboles dispersos en las tierras de la categoría de praderas. Estas áreas con diferentes usos pueden ser suficientemente importantes para que los países las consideren por separado, en cuyo caso es una *buena práctica* hacer subcategorías de esas clases adicionales de las categorías principales sugeridas y tener la seguridad de que se tomarán en consideración todas las tierras.

Los países utilizarán sus propias definiciones de estas categorías, que, por supuesto, se refieren a definiciones aceptadas internacionalmente, como las de la FAO, la Ramsar, etc. Por esa razón no se dan aquí otras definiciones, salvo las descripciones generales. La tierra gestionada puede distinguirse de la no gestionada porque no se limita a la producción sino que cumple también funciones ecológicas y sociales. Las definiciones detalladas y el método nacional para distinguir entre tierra no gestionada y gestionada se deben describir en forma transparente.

Las principales categorías de tierra para informar sobre los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) son las siguientes:

i) Tierras forestales

Esta categoría comprende toda la tierra con vegetación leñosa coherente con umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de GEI subdivididas a nivel nacional y cultivadas y no cultivadas, y también por tipo de ecosistema, según se especifica en las *Directrices del IPCC*.[3] También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera que lo rebase.

ii) Tierras agrícolas

Esta categoría comprende tierras de cultivo y labranza, y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal, con arreglo a la selección de definiciones nacionales.

iii) Praderas

Esta categoría comprende los pastizales y la tierra de pastoreo que no se considera tierra agrícola. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras forestales y no se espera que rebase, sin intervención humana, los umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. Esta categoría comprende asimismo todas las praderas, desde las tierras incultas hasta las zonas recreativas, así como los sistemas agrícolas y de silvopastoreo, subdivididos en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones nacionales.

iv) Humedales

Esta categoría comprende la tierra cubierta o saturada por agua durante la totalidad o parte del año (p. ej., turbera) que no entra en las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales o asentamientos. Esta categoría puede subdividirse en gestionados y no gestionados, según las definiciones nacionales. Comprende embalses como subdivisión gestionada y ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas.

v) Asentamientos

Esta categoría comprende toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con la selección de definiciones nacionales.

[3] La gestión de bosques tiene un significado particular en los acuerdos de Marrakech, por lo que tal vez haya que subdividir el bosque gestionado según se describe en el Capítulo 4.

vi) Otras tierras[4]

Esta categoría comprende suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra no gestionadas que no entran en ninguna de las otras cinco categorías. Cuando se dispone de datos, permite equiparar el total de las áreas de tierra identificadas con el área nacional.

Al aplicar estas categorías, los organismos encargados de los inventarios deben clasificar la tierra en una sola categoría para impedir el doble cómputo. Si el sistema de clasificación de tierras de un país no corresponde a las categorías i) a vi) descritas anteriormente, es una *buena práctica* combinar o separar las clases de tierra existentes de este sistema de clasificación de uso de la tierra con el fin de utilizar las categorías aquí expuestas, e informar sobre el procedimiento adoptado. También es una *buena práctica* especificar las definiciones nacionales de todas las categorías utilizadas en el inventario e informar de cualesquiera valores umbral o de parámetros utilizados en las definiciones. Cuando se modifican o elaboran por primera vez sistemas nacionales de clasificación de la tierra es una *buena práctica* asegurar su compatibilidad con las clases de uso de la tierra i) a vi).

Las categorías generales enumeradas anteriormente ofrecen el marco para una nueva subdivisión por actividad, régimen de gestión, zona climática y tipo de ecosistema, según sea necesario para atender las necesidades de los métodos de evaluación de las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero descritas en el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) en el Capítulo 4 (Métodos complementarios y Orientación sobre las buenas prácticas que emanan del Protocolo de Kyoto) y permiten la comparación con las categorías 5A a 5E de las *Directrices del IPCC*. En la Sección 3.1.2 y en el Cuadro 3.1.1 (Correspondencias entre las secciones del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC* de 1996 y las secciones del Capítulo 3 de la presente Orientación) se describe la manera de relacionar la estructura de los métodos descritos en este informe con los métodos de las *Directrices del IPCC*.

2.3 REPRESENTACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA

2.3.1 Introducción

En esta sección se describen tres procedimientos para representar áreas de tierra utilizando las categorías generales definidas en la sección anterior. Se presentan a continuación con el fin de proporcionar más información. En el procedimiento 1 se identifica la superficie total de cada categoría de uso de la tierra, pero no se proporciona en él información detallada sobre variaciones de superficie entre categorías y se limita únicamente al nivel nacional o regional. En el procedimiento 2 se presenta la manera de seguir los cambios de uso de la tierra entre categorías. En el procedimiento 3 se amplía el procedimiento 2, pues permite seguir los cambios de uso de la tierra sobre una base espacial.

Los procedimientos no se presentan como niveles jerárquicos; no se excluyen mutuamente, y en la combinación de procedimientos elegidos por un organismo encargado del inventario se deben reflejar las necesidades de cálculo y las circunstancias nacionales. Un procedimiento puede aplicarse de manera uniforme a todas las áreas y categorías de uso de la tierra en un país, o bien pueden aplicarse diferentes procedimientos a diferentes regiones o categorías y en diferentes intervalos de tiempo. En todos los casos, es una *buena práctica* caracterizar y tener en cuenta todas las áreas de tierra pertinentes de un país. Utilizando la *buena práctica* en la aplicación de cualquiera de los procedimientos se logrará mayor exactitud y precisión en la estimación de la superficie a fines de inventario. En la Sección 2.3.3 (Utilización de los procedimientos) figuran los árboles de decisiones para ayudar a elegir un procedimiento apropiado o una combinación de procedimientos.

En todos los procedimientos hay que reunir datos para estimar las tendencias históricas en el uso de la tierra, que son necesarios para los métodos de inventario descritos en las *Directrices del IPCC* y en los Capítulos 3 y 4 de la presente Orientación. La cantidad de datos históricos requeridos se basará en el tiempo necesario para que el carbono almacenado alcance el equilibrio (con frecuencia 20 años en los métodos por defecto del IPCC, pero más en el caso de sistemas templados y boreales). Cuando se dispone de datos independientes, es una *buena práctica* verificar las estimaciones basadas en interpolación o extrapolación utilizando los métodos establecidos en el Capítulo 5, Sección 5.7 de esta Orientación. Todos los procedimientos pueden hacer aportaciones a los cálculos de incertidumbre de que se trata en el Capítulo 5 (Cuestiones multisectoriales).

A continuación se ofrece un ejemplo hipotético de cada procedimiento, junto con la descripción, y en el Anexo 2A.1 se dan ejemplos del mundo real.

---

[4] No es necesario evaluar los depósitos de carbono para esta categoría, se incluye con el fin de comprobar la coherencia global del área de tierra.

2.3.2 Tres procedimientos

2.3.2.1 PROCEDIMIENTO 1: DATOS BÁSICOS SOBRE EL USO DE LA TIERRA

El procedimiento 1 probablemente sea el más común de los utilizados actualmente para preparar estimaciones de emisiones y absorciones en las categorías 5A-5E de las *Directrices del IPCC*. En él se utilizan conjuntos de datos probablemente preparados para otros fines, como estadísticas sobre silvicultura o agricultura. Con frecuencia se combinarán varios conjuntos de datos para abarcar todas las clasificaciones de la tierra y las regiones de un país. La falta de un sistema de datos unificado puede conducir al doble cómputo o a la omisión, pues los organismos que intervienen pueden utilizar definiciones distintas del uso de la tierra específico para reunir sus bases de datos. En la Orientación se sugiere la manera de abordar este aspecto. La cobertura ha de ser, evidentemente, suficientemente completa para incluir todas las áreas de tierra afectadas por las actividades que figuran en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*, pero pueden no abarcar categorías como ecosistemas, humedales o asentamientos no gestionados.

Para aplicar el procedimiento 1, es una *buena práctica*:

- armonizar definiciones entre las bases de datos independientes existentes y también con las categorías generales de uso de la tierra de la Sección 2.2 (Categorías de uso de la tierra) con el fin de minimizar lagunas y superposiciones. Por ejemplo, si en los conjuntos de datos sobre silvicultura y agricultura se incluyera la superficie forestal en las explotaciones agrícolas podría haber superposiciones. Con el fin de armonizar los datos, la superficie forestal sólo debe contarse una vez con fines de inventarios de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta las definiciones de bosque adoptadas nacionalmente. Se debe disponer de información de los organismos encargados de los estudios sobre posibles superposiciones con fines de armonización. La armonización de las definiciones no significa que los organismos deban abandonar las definiciones que les son útiles. Es coherente con la *buena práctica* establecer la relación entre definiciones utilizadas con objeto de eliminar el doble cómputo y las omisiones. Esto debe hacerse mediante el conjunto de datos para mantener series temporales en forma coherente;

- asegurarse de que en las categorías de uso de la tierra utilizadas se pueden identificar todas las actividades pertinentes. Por ejemplo, si un país tiene que seguir una actividad de uso de la tierra como la gestión de bosques, el sistema de clasificación debe poder distinguir entre tierras forestales gestionadas y no gestionadas;

- asegurarse de que los métodos de adquisición de datos son fiables, están debidamente documentados desde el punto de vista metodológico y del tiempo, corresponden a una escala apropiada, y proceden de buenas fuentes. Una manera de lograr la fiabilidad es utilizar estudios que puedan relacionarse con las definiciones armonizadas. Cuando se disponga de fuentes de datos independientes se podrán comparar estudios de campo, que serán necesarios para verificar la exactitud de los datos de teledetección, donde se utilicen (véase el Capítulo 5.7 – Verificación). También se dispone de conjuntos de datos internacionales con fines de comparación (véase el Anexo 2A.2);

- aplicar en forma coherente las definiciones de categorías entre períodos. Por ejemplo, los países deben verificar si la definición de bosque ha variado con el tiempo en cuanto a cubierta de dosel y otros umbrales. Si se observan cambios, es una *buena práctica* corregir los datos utilizando los métodos de predicción retrospectiva descritos en el Capítulo 5, a fin de garantizar la coherencia en todas las series temporales, e informar sobre las medidas adoptadas;

- elaborar estimaciones de incertidumbre para las superficies de categoría de tierra y cambios en el área que se utilizarán en la estimación de variaciones de carbono almacenado, emisiones y absorciones (véase el Capítulo 5, Sección 5.3.4.1);

- evaluar si la suma de las áreas en las bases de datos de clasificación de tierras corresponde al área territorial total, habida cuenta del nivel de incertidumbre de los datos. Si la cobertura es total, la suma neta de todos los cambios entre dos períodos debe ser cero en las incertidumbres que intervengan. Cuando la cobertura sea parcial, la diferencia entre la superficie abarcada y la superficie territorial debe ser, en general, estable o variar lentamente con el tiempo, también dentro de las incertidumbres previstas en los datos. Si el balance varía rápidamente o (en el caso de cobertura total) las sumas no son iguales, es una *buena práctica* investigar, explicar e introducir las correcciones necesarias. En esas comprobaciones del área total se deben tener en cuenta las incertidumbres previstas en los estudios o censos anuales o periódicos que se hagan. La información sobre las incertidumbres previstas debe obtenerse de los organismos encargados de los estudios. Normalmente, siempre habrá diferencias entre la suma de las superficies que se consideran en los datos

disponibles y la superficie nacional. Es una *buena práctica* seguir esas diferencias y ofrecer una explicación de las causas probables. Las variaciones en el carbono almacenado y las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero debidas a la alteración en el tiempo de esas diferencias pueden deberse al cambio de uso de la tierra y, por lo tanto, tal vez haya que tenerlo en cuenta en el inventario de GEI requerido por los métodos establecidos en los Capítulos 3 y 4.

En los Cuadros 2.3.1 y .2.3.2 se muestran datos resumidos del área de tierra de un país hipotético (superficie total 140 Mha), utilizando las clasificaciones de tierra pertinentes en la localidad. El Cuadro 2.3.1 se ha preparado a nivel de las categorías i) a vi) y en el Cuadro 2.3.2 describe la misma información con ejemplos de subdivisiones para estimar el efecto de diversas actividades en que se utilizan los métodos del Capítulo 3. En el Cuadro 2.3.2 se indica asimismo dónde pueden encontrarse los métodos de inventario del Capítulo 3. Es una *buena práctica* preparar cuadros similares al Cuadro 2.3.1 o al Cuadro 2.3.2 como parte de los procedimientos de garantía de la calidad y control de la calidad (GC/CC) que se establecen en el Capítulo 5.

CUADRO 2.3.1
EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO 1:
DATOS DE USO DE LA TIERRA DE QUE SE DISPONE CON COBERTURA TERRITORIAL COMPLETA

Momento 1			**Momento 2**			**Cambio de uso de la tierra entre los Momentos 1 y 2**		
TF	=	18	TF	=	19	Tierras Forestales	=	+1
P	=	84	P	=	82	Praderas	=	-2
TA	=	31	TA	=	29	Tierras agrícolas	=	-2
H	=	0	H	=	0	Humedales	=	0
A	=	5	A	=	8	Asentamientos	=	+3
O	=	2	O	=	2	Otras tierras	=	0
Suma	=	*140*	*Suma*	=	*140*	*Suma*	=	*0*

Nota: TF = tierras forestales, P = praderas, TA = tierras agrícolas, H = humedales, A = asentamientos, O = otras tierras. Los números representan unidades de superficie (en este ejemplo, MHa).

La determinación de la superficie de cambio de uso de la tierra en cada categoría se basa en la diferencia de superficie en dos momentos determinados, bien con cobertura parcial o total del área de tierra. En el procedimiento 1 no es posible hacer ninguna especificación de cambios entre categorías a menos que se disponga de datos adicionales (lo cual introduciría, naturalmente, una combinación con el procedimiento 2). Los datos sobre la distribución de uso de la tierra pueden proceder originalmente de los datos de la muestra analizada, de mapas o de censos (como encuestas de terratenientes), pero es probable que no sean explícitos espacialmente[5] en la forma utilizada. La suma de todas las categorías de uso de la tierra pueden no ser igual a la superficie total del país o región que se considere, y el resultado neto de los cambios en el uso de la tierra puede no ser igual a 0. El resultado final de este procedimiento es un cuadro de uso de la tierra en momentos determinados.

[5] Cuando se considera la posibilidad de adoptar el procedimiento 2 o el 3, conviene investigar con los organismos encargados de la recopilación de datos si las fuentes de datos originales contienen datos espacialmente explícitos. Por ejemplo, los inventarios sobre bosques se obtienen normalmente de fuentes de datos espacialmente explícitos.

CUADRO 2.3.2
EJEMPLO DE SUBDIVISIÓN DE DATOS PARA EL PROCEDIMIENTO 1

Categoría de uso de la tierra Subcategoría de uso de la tierra	**Área de tierra inicial Mha**	**Área de tierra final Mha**	**Cambio neto en superficie Mha**	**Métodos de la *Orientación sobre las buenas prácticas* Número de la sección en el Capítulo 3**	**Comentario sobre la subdivisión por actividades (a título de ejemplo únicamente)**
Total de tierras forestales	**18**	**19**	**1**		
Tierras forestales (no gestionadas)	5	5	0		No incluida en las estimaciones de inventario
Tierras forestales zona A (con deforestación)	7	4	-3	3.2.1/3.4.2/3.6	
Tierras forestales zona B	6	6	0	3.2.1	No CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión etc.
Forestación	0	4	4	3.2.2	Puede ser necesario subdividirla; p. ej., por tipo de ecosistema
Total de praderas	**84**	**82**	**-2**		
Praderas no mejoradas	65	63	-2	3.4.1/3.2.2/3.6	La disminución del área indica CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión, etc.
Praderas mejoradas	19	19	0	3.4.1	Sin CUT. La disminución del área indica CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión, etc.
Total de tierras agrícolas	**31**	**29**	**-2**		
Todas las tierras agrícolas	31	29	-2	3.3.1/3.2.2/3.6	La disminución del área indica CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión, etc.
Total de humedales	**0**	**0**	**0**		
Total de asentamientos	**5**	**8**	**3**		
Asentamientos existentes	5	5	0	3.6	
Nuevos asentamientos	0	3	3	3.6	
Total de otras tierras	**2**	**2**	**0**	3.7.1	No gestionada – no incluida en las estimaciones de inventario
Balance	0	0	0		
TOTAL	**140**	**140**	**0**		

Nota: "Inicial" es la categoría es un momento anterior a la fecha en que se realiza la evaluación, y "final" es la categoría en la fecha de evaluación. Las actividades con respecto a las cuales no se dispone de datos de ubicación deben identificarse mediante una nueva subdivisión de una categoría de tierra apropiada.

2.3.2.2 PROCEDIMIENTO 2: ESTUDIO DE USO DE LA TIERRA Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA

La principal característica del procedimiento 2 es que ofrece una evaluación a escala nacional o regional no sólo de las pérdidas o ganancias en el área de categorías de tierra específicas, sino lo que representan esos cambios (es decir, cambios de una categoría a otra). Por lo tanto, el procedimiento 2 comprende más información sobre cambios entre categorías. Para seguir los cambios en el uso de la tierra en este modo explícito normalmente habrá que estimar las categorías de uso de la tierra iniciales y finales, así como la superficie total de tierra no modificada por categoría. El resultado final de este procedimiento puede presentarse como una matriz de cambio y uso de la tierra no espacialmente explícita. La forma de la matriz consiste en un formato compacto para representar las zonas que han entrado en diferentes transiciones entre todas las categorías de uso de la tierra posibles. Las bases de datos sobre uso de la tierra existentes pueden tener suficientes detalles para este procedimiento, o tal vez sea necesario obtener datos mediante muestreo. Los datos de entrada pueden o no haber sido originalmente espacialmente explícitos (es decir, cartografiados o referenciados geográficamente de otro modo). Los datos de la muestra se extrapolarán utilizando la relación con la superficie pertinente total o la población total pertinente. Habrá que estudiar de nuevo periódicamente los datos de una muestra válida

estadística y espacialmente de lugares elegidos con arreglo a los principios establecidos en la Sección 5.3 (Muestreo) del Capítulo 5.

Aunque en el procedimiento 2 hay que utilizar más datos que en el procedimiento 1, se pueden tener en cuenta todas las transiciones en el uso de la tierra. Esto significa que los factores de emisión y absorción o los parámetros para la variación de la cantidad de carbono pueden elegirse de manera que reflejen diferencias en las variaciones de la cantidad de carbono en los sentidos opuestos de transiciones entre dos categorías cualesquiera, y se puedan tener en cuenta las diferencias en el carbono almacenado inicial asociadas con distintos usos de la tierra. Por ejemplo, la tasa de carbono orgánico en el suelo será normalmente muy superior mediante labores de labranza que la tasa de reacumulación si se abandona luego el cultivo, y el carbono almacenado inicial puede ser inferior para las transiciones de la tierra agrícola y a la de pasto.

Los puntos de *buena práctica* descritos para el procedimiento 1 se aplican también para el procedimiento 2, aunque con mayor grado de detalle, puesto que se dispone de la modalidad de cambio de uso de la tierra, y no sólo del cambio neto en cada categoría o subcategoría de tierra o fuera de ella.

En el Cuadro 2.3.3 se ilustra el procedimiento 2 utilizando los datos del ejemplo del procedimiento 1 (Cuadro 2.3.2), agregando información sobre todas las transiciones que tienen lugar. Esos datos pueden escribirse en la forma más compacta de una matriz, como se muestra en el Cuadro 2.3.4. Para ilustrar el valor añadido del procedimiento 2 y este formato de matriz de cambio de uso de la tierra, en el Cuadro 2.3.5 se repiten los datos del Cuadro 2.3.4 sin la subdivisión de las categorías de uso de la tierra, y esto puede compararse con la información más limitada del procedimiento 1 que figura en el Cuadro 2.3.1. En el Cuadro 2.3.5 pueden seguirse los cambios en las categorías de tierra y fuera de ellas, en tanto que en el Cuadro 2.3.1 sólo pueden detectarse los cambios netos en una categoría general. Cuando se utiliza el procedimiento 2, es una *buena práctica* preparar un cuadro similar al Cuadro 2.3.4 o al Cuadro 2.3.5, como parte de los procedimientos de GC/CC que se determinan en el Capítulo 5.

CUADRO 2.3.3
EJEMPLO DE TABULACIÓN DE TODAS LAS TRANSICIONES PARA EL PROCEDIMIENTO 2
INCLUIDAS LAS SUBCATEGORÍAS DEFINIDAS NACIONALMENTE

Uso de la tierra inicial	**Uso de la tierra final**	**Área de tierra Mha**	**Métodos de la *Orientación sobre las buenas prácticas* Número de la sección en el Capítulo 3**
Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	5	Excluido del inventario de GEI
Tierras forestales (gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas)	10	3.2.1
	(Zona forestal A Cuadro2.3.2)	*4*	
	(Zona forestal B Cuadro 2.3.2)	*6*	
Tierras forestales (gestionadas)	Praderas (pastoreo desigual)	2	3.4.2
Tierras forestales (gestionadas)	Asentamientos	1	3.6
Praderas (pastoreo desigual)	Praderas (pastoreo desigual)	56	3.4.1
Praderas (pastoreo desigual)	Praderas (mejoradas)	2	3.4.1
Praderas (pastoreo desigual)	Tierras forestales (gestionadas)	1	3.2.2
Praderas (pastoreo desigual)	Asentamientos	1	3.6
Praderas (mejoradas)	Praderas (mejoradas)	22	3.4.1
Praderas (mejoradas)	Tierras forestales (gestionadas)	2	3.2.2
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	29	3.3.1
Tierras agrícolas	Tierras forestales (gestionadas)	1	3.2.2
Tierras agrícolas	Asentamientos	1	3.6
Humedales	Humedales	0	
Asentamientos	Asentamientos	5	3.6
Otras tierras	Otras tierras	2	Excluida del inventario de GEI
TOTAL		**140**	

Nota: Los datos son una versión subdividida de los del Cuadro 2.3.2. Las subcategorías se definen nacionalmente y se indican sólo a título de ejemplo. "Inicial" indica la categoría en un momento anterior a la fecha para la que se realiza la evaluación, y "final" la categoría en la fecha de evaluación.

CUADRO 2.3.4
EJEMPLO DE DATOS DEL PROCEDIMIENTO 2 EN UNA MATRIZ DE CUT CON SUBDIVISIONES DE CATEGORÍAS

Final \ Inicial	Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas)	Praderas (pastoreo desigual)	Praderas (mejoradas)	Tierras agrícolas	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Superficie final
Tierras forestales (no gestionadas)	5								**5**
Tierras forestales (gestionadas)		10	1	2	1				**14**
Praderas (pastoreo desigual)		2	56						**58**
Praderas (mejoradas)			2	22					**24**
Tierras agrícolas					29				**29**
Humedales						0			**0**
Asentamientos		1	1		1		5		**8**
Otras tierras								2	**2**
Superficie inicial	**5**	**13**	**60**	**24**	**31**	**0**	**5**	**2**	**140**
Cambio NETO	0	+1	-2	0	-2	0	+3	0	**0**

Nota: Los totales de columnas y de líneas muestran los cambios netos en el uso de la tierra que se presentan en el Cuadro 2.3.2, pero subdivididos en subcategorías nacionales como en el Capítulo 2.3.3. "Inicial" indica la categoría en un momento anterior a la fecha para la que se realiza la evaluación, y "final" la categoría en la fecha de evaluación. Los cambios netos (última línea) son el área final menos el área inicial de cada una de las (sub) categorías que se muestran como encabezamiento de la columna correspondiente. Cuando no hay cifras es porque en esta transición no hay cambio de uso de la tierra.

CUADRO 2.3.5
MATRIZ DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA SIMPLIFICADA COMO EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO 2

Matriz de cambio de uso de la tierra

Final \ Inicial	TF	P	TA	H	A	O	*Suma final*
TF	**15**	3	1				***19***
P	2	**80**					***82***
TA			**29**				***29***
H							
A	1	1	1		**5**		***8***
OT						**2**	***2***
Suma inicial	***18***	***84***	***31***		***5***	***2***	*140*

Nota:
TF = tierras forestales, P = praderas, TA = tierras agrícolas, H = humedales, A = asentamientos, O = otras tierras
Los números representan unidades de superficie (en este ejemplo, Mha).
En este ejemplo no hay humedales. Cuando no hay cifras es porque no hay cambio de uso de la tierra.

Probablemente muchos países tengan que proceder a otras subcategorías, por ejemplo para especies forestales o combinaciones de especies y tipo de suelo, cuando apliquen este procedimiento, a fin de proporcionar datos sobre las áreas de tierra necesarias para estimar cambios en el carbono almacenado, teniendo en cuenta la orientación del Capítulo 3. En el Cuadro 2.3.3 se ilustran posibles subdivisiones, y se indica donde hallar en Capítulo 3 orientaciones metodológicas sobre usos de la tierra o transiciones particulares.

2.3.2.3 PROCEDIMIENTO 3: DATOS SOBRE EL USO DE LA TIERRA GEOGRÁFICAMENTE EXPLÍCITOS

En el procedimiento 3 (que se resume en la Figura 2.3.1) se necesitan observaciones espacialmente explícitas del uso de la tierra y del cambio de uso de la tierra. Los datos pueden obtenerse por muestreo de puntos situados geográficamente, una compilación completa (cartografía total) o una combinación de ambos métodos.

El procedimiento 3 es muy amplio y relativamente sencillo, desde el punto de vista conceptual, pero para aplicarlo hacen falta muchos datos. La superficie elegida se subdivide en unidades espaciales como casillas o polígonos apropiados a la escala de variación de uso de la tierra y el tamaño unitario requerido para muestreo o enumeración completa. Las unidades espaciales han de utilizarse de manera coherente en el tiempo o se introducirán sesgos en el muestreo. Las unidades espaciales deben muestrearse utilizando mapas con datos preexistentes (normalmente en un Sistema de Información Geográfica (SIG)) y/o en el terreno, y los usos de la tierra se deben observar o deducir, registrándose en los intervalos de tiempo que se requieren en los métodos del Capítulo 3 ó 4. Si se utiliza la cartografía total puede emplearse un procedimiento basado en polígonos que equivalga a un procedimiento de retícula (véase la Figura 2.3.1). Las observaciones pueden obtenerse mediante teledetección, visitas *in situ*, entrevistas orales o cuestionarios. Las unidades de muestreo pueden ser puntos, o superficies de 0,1 ha a un kilómetro cuadrado o más, según la finalidad de la muestra. Las unidades se pueden muestrear estadísticamente en un intervalo más amplio que se utilizaría para la cobertura completa, elegido a intervalos regulares o irregulares, y se pueden concentrar en superficies donde se esperan cambios en el uso de la tierra. Los datos registrados pueden corresponder al uso de la tierra en un punto o en una unidad de muestreo a la vez, pero también pueden comprender datos sobre el cambio de uso de la tierra en una unidad de muestreo entre los años abarcados por el muestreo.

Para aplicar efectivamente el procedimiento 3 el muestreo ha de ser suficiente para poder realizar la interpolación espacial y producir así un mapa de uso de la tierra. Los métodos de muestreo y las incertidumbres conexas se tratan en la sección de muestreo del Capítulo 5 (Sección 5.3). Todas las actividades de UTCUTS en cada unidad espacial o colección de unidades se siguen luego en el tiempo (periódicamente, pero no necesariamente cada año) y se registran individualmente, en general en un SIG. Como el procedimiento 3 es similar al procedimiento 2, para este procedimiento, como parte de los utilizados para GC/CC establecidos en el Capítulo 5, se debe preparar un resumen del Cuadro 2.3.4 o del Cuadro 2.3.5, según se describe en el procedimiento 2.

Figura 2.3.1 Procedimiento 3: Evaluaciones directas y repetidas de uso de la tierra a partir de la cobertura espacial completa

Descripción

En el procedimiento 3, el país se subdivide en unidades espaciales como casillas o pequeños polígonos. En este ejemplo se utilizan las casillas para la subdivisión de la superficie. Las casillas se muestrean por teledetección y estudios de campo, a fin de determinar las superficies del uso de la tierra cuya extensión estimada se muestra mediante las líneas grises debajo de la casilla. La teledetección permite la cobertura completa de todas las casillas (Figura 2.3.1A) en la interpretación de uso de la tierra. Se pueden realizar estudios de campo en una muestra de casillas, y utilizarlos para determinar directamente el uso de la tierra, así como para ayudar a interpretar datos obtenidos por teledetección. La muestra de casillas se puede distribuir regularmente (Figura 2.3.1B) o irregularmente (Figura 2.3.1C), por ejemplo, para ofrecer una mayor cobertura donde es más probable el CUT. Los mapas pueden prepararse utilizando las casillas, que también se pueden agrupar en polígonos (Figura 2.3.1D). El resultado final del procedimiento es una matriz de cambio y uso de la tierra espacialmente explícita.

Momento 1 **Momento 2**

Figura 2.3.1A

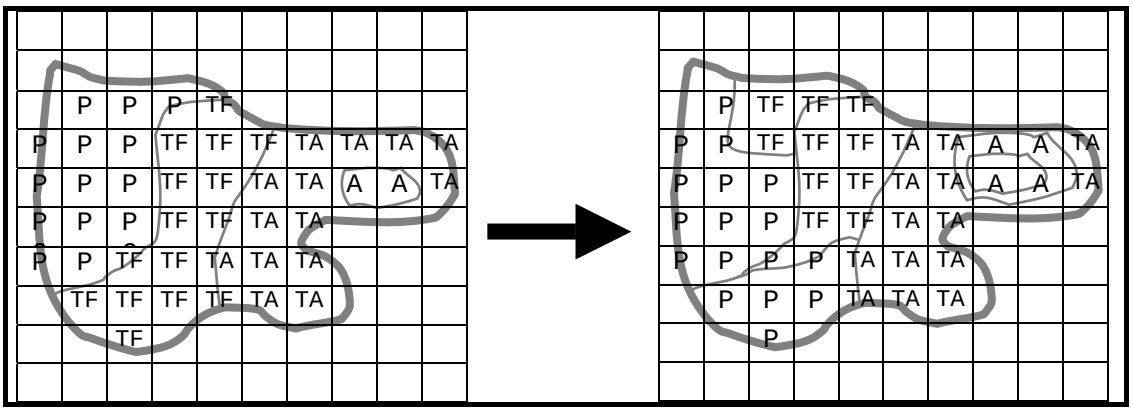


Figura 2.3.1.B

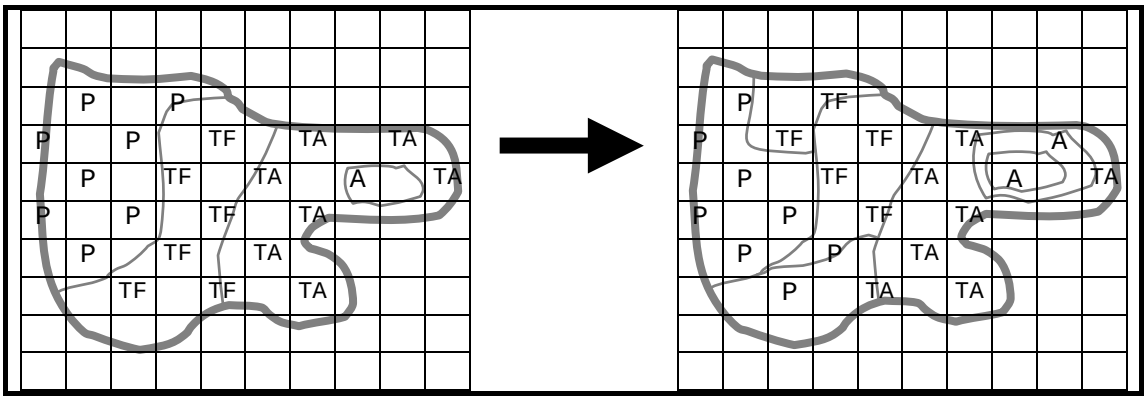


Figura 2.3.1C

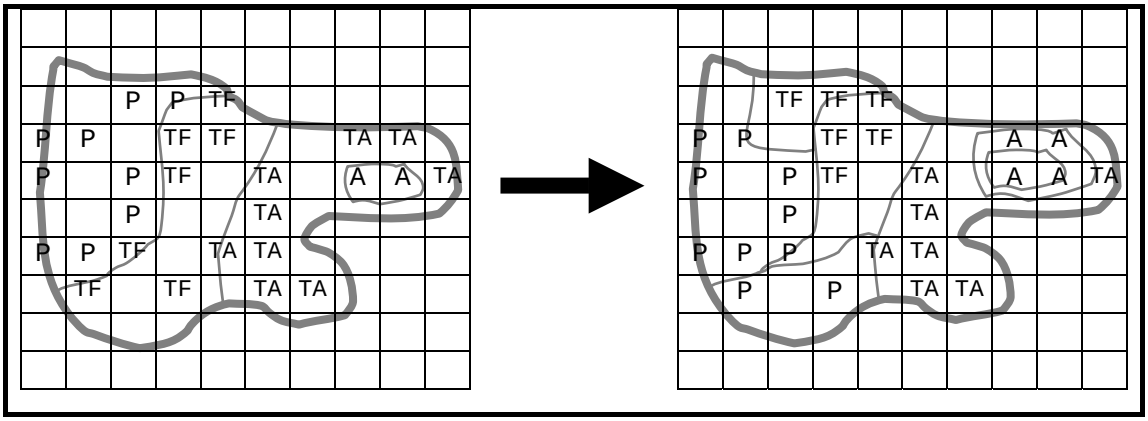
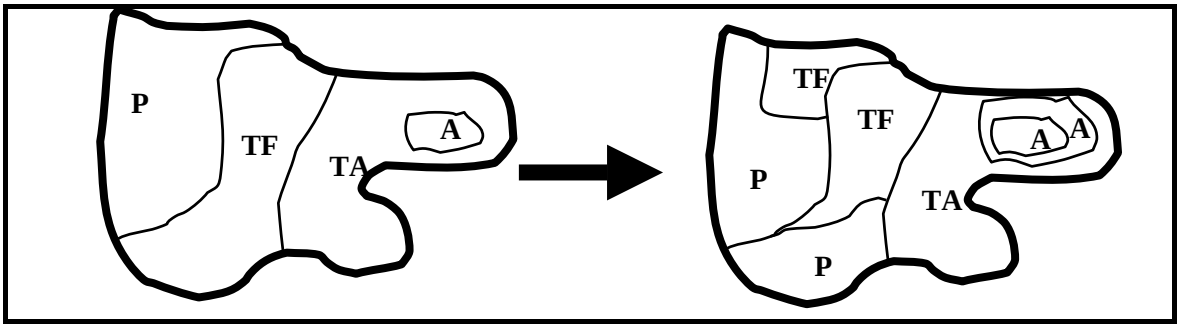


Figura 2.3.1D



Nota: TF = tierras forestales, P = praderas, TA = tierras agrícolas, A = asentamientos.

Utilizando una casilla o polígonos, los datos a escala fina pueden representar directamente unidades de tierra en que ha habido forestación, reforestación o deforestación según el párrafo 3 del artículo 3. Se puede disponer de datos reticulares obtenidos por teledetección, que normalmente se combinarán con mapas con datos auxiliares (como mapas de inventarios forestales o del suelo) para mejorar la exactitud de la clasificación de uso de la tierra. La elaboración de modelos para relacionar los datos obtenidos por teledetección con los datos verificados en tierra es un proceso sumamente especializado, por lo que se trata con más detalle en la Sección 2.4.4.1 (Técnicas de teledetección).

Al utilizar el procedimiento 3, es una *buena práctica*:

- utilizar una estrategia de muestreo coherente con los procedimientos y el asesoramiento que figuran en la Sección 2.4.2 y en la Sección 5.3 del Capítulo 5. Con esta estrategia se debe asegurar que los datos no están sesgados, y en caso necesario puede aumentarse la escala. Tal vez haya que modificar en el transcurso del tiempo el número y la ubicación de las unidades de muestreo para que sigan siendo representativas. En la Sección 5.3.3 (Diseño de muestreo) del Capítulo 5 se asesora sobre la evolución en el tiempo;
- cuando se utilizan datos de teledetección, elaborar un método para su interpretación en categorías de tierra utilizando datos terrestres de referencia según se establece en la Sección 2.4.4.1 (Técnicas de teledetección). Con tal fin, se pueden utilizar inventarios forestales convencionales o datos de otros estudios. Es preciso evitar la posible clasificación errónea de tipos de tierra: p. ej., puede ser difícil distinguir los humedales de las tierras forestales utilizando exclusivamente datos de teledetección, por lo que se requieren datos auxiliares como sobre tipo de suelo o topografía. Por consiguiente, se puede establecer la exactitud de los mapas mediante datos de referencia terrestres según se describe en la misma sección. La técnica convencional es establecer una matriz[6] en la que se muestre, para una clasificación de tierra dada, la probabilidad de clasificación errónea entre las demás clasificaciones posibles;
- establecer intervalos de confianza para las áreas de categoría de tierra y los cambios en las áreas que utilizarán en la estimación de las variaciones de carbono almacenado, emisiones y absorciones (véase el Capítulo 5, Sección 5.3.4.1);
- derivar cuadros resumidos de las áreas nacionales con diferentes cambios de uso de la tierra (similares a los descritos en el procedimiento 2 con fines de GC/CC.

2.3.3 Utilización de los procedimientos

Las figuras 2.3.2 y 2.3.3 son árboles de decisiones para ayudar a elegir un procedimiento o una combinación de ellos apropiados para identificar áreas de uso de la tierra. Si se aplican en forma coherente con los requisitos de los Capítulos 3 a 5, los tres procedimientos se pueden utilizar para producir estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero coherentes con la *buena práctica.* En general, el procedimiento 3 permitirá la representación espacial necesaria como aportación a modelos de carbono basados en el espacio (descrito en el Capítulo 3).

La utilización de uno o más procedimientos en un país dependerá, entre otros factores, de la variabilidad espacial, la magnitud de zonas remotas y sus posibilidades de acceso, la historia de la recopilación de datos biogeográficos, la disponibilidad de personal y recursos para la teledetección (en régimen de subcontratación, en caso necesario) y la disponibilidad de datos y/o modelos sobre carbono espacialmente explícitos. La mayoría de los países dispondrán de algunos datos existentes sobre uso de la tierra, y la finalidad del árbol de decisiones de la Figura 2.3.2 es ayudarles a utilizar esos datos de manera que satisfagan las orientaciones de este capítulo. Hay que adoptar tres decisiones esenciales: si los datos requeridos para los informes exigidos en el Protocolo de Kyoto son espacialmente explícitos, si los datos abarcan todo el país, y si proporcionan una serie temporal adecuada.

Para los pocos países que no disponen de datos se proporciona el árbol de decisiones de la Figura 2.3.3 con el fin de ayudarles a elegir un procedimiento o una combinación de procedimientos adecuados. En términos generales, las buenas posibilidades de acceso a todo el área de tierra y/o a recursos de teledetección limitados son indicadores de una mayor insistencia en métodos de estudios sobre el terreno para elaborar bases de datos acerca del uso de la tierra. Los países con más dificultades de acceso a algunos lugares, pero con acceso a buenos datos de teledetección deben considerar el procedimiento 3, insistiendo en la teledetección. El procedimiento 2 puede ser más apropiado en países donde el área de tierra es grande pero no se dispone de recursos para tratar los amplios datos de alta resolución que se requieren en el procedimiento 3. Los países con pocas posibilidades de acceso y recursos de teledetección limitados probablemente no puedan elaborar bases de datos apropiadas para el procedimiento 2 o el procedimiento 3, pero deben poder utilizar el procedimiento 1, bien a partir de datos de la FAO (base de datos sobre uso de la tierra y cubierta terrestre) u otras bases de datos disponibles internacionalmente (p. ej., véase el Anexo 2A.2).

En diferentes períodos de tiempo pueden ser más eficaces otros procedimientos, o pueden ser necesarios para diversos fines de información. En el Capítulo 5 se ofrecen métodos para realizar equiparaciones de series temporales entre los diferentes períodos o usos que probablemente se requieran.

[6] Denominada a veces *matriz de confusión.*

Figura 2.3.2 Árbol de decisiones para la utilización de datos existentes en los procedimientos sobre área de tierra

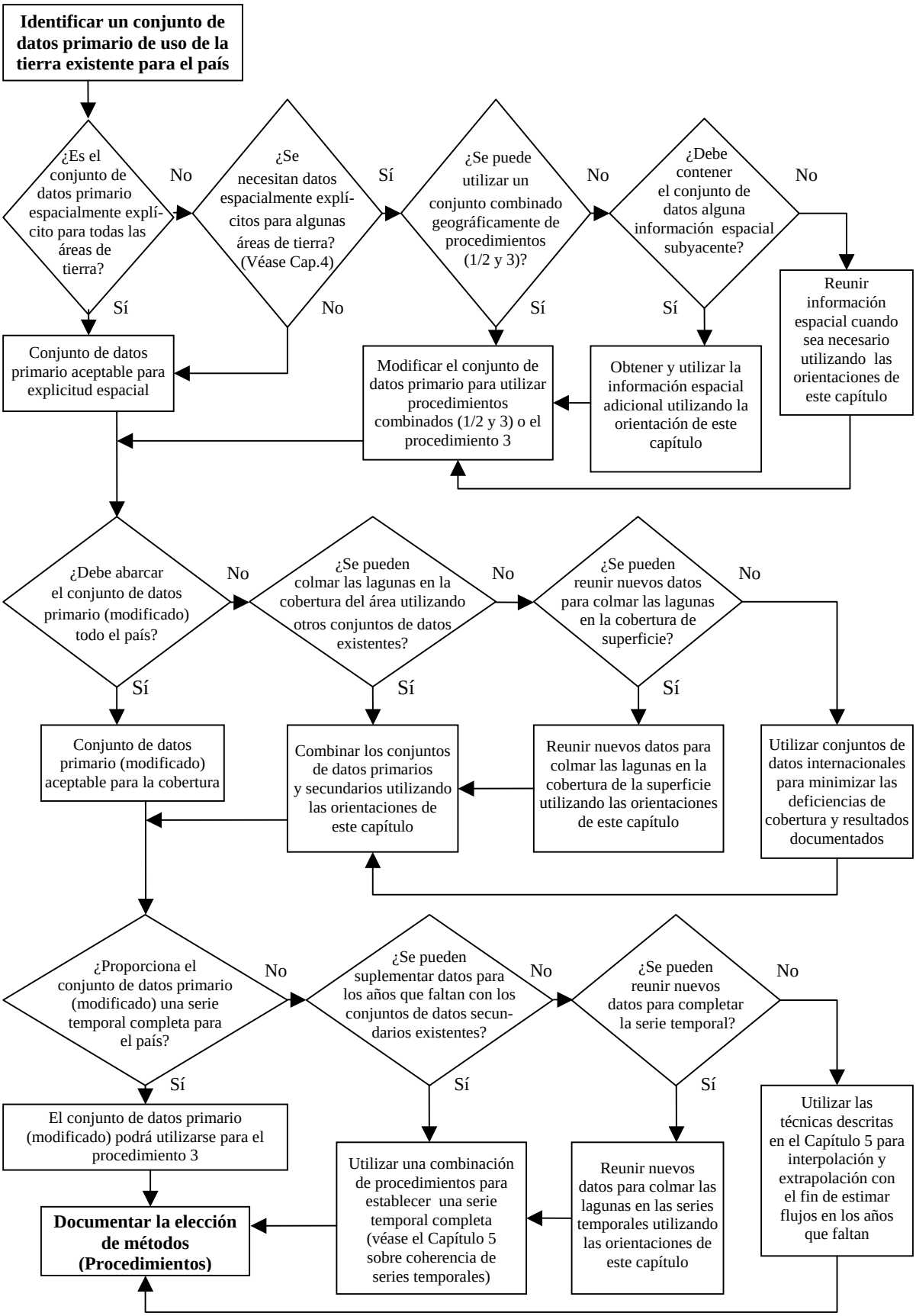
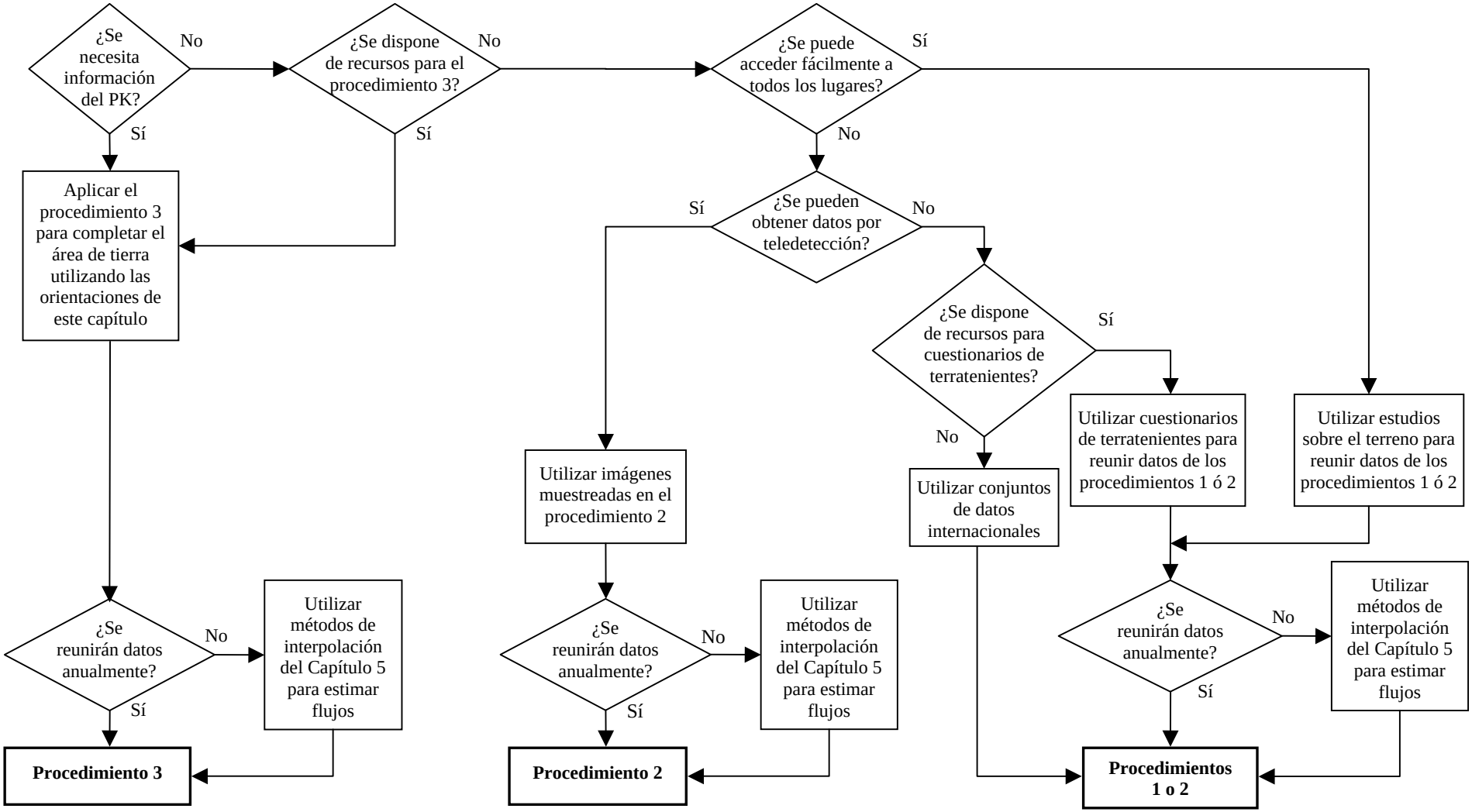


Figura 2.3.3 Árbol de decisiones para elegir el procedimiento de área de tierra en los países en que no existen datos



2.3.4 Incertidumbres asociadas con los procedimientos

La *buena práctica* exige reducir las incertidumbres lo más posible, y en el Capítulo 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres) se establecen métodos para cuantificarlas. En esos métodos hay que disponer de estimaciones de la incertidumbre. Si bien la incertidumbre asociada con los procedimientos 1 a 3 depende, evidentemente, de la manera de aplicarlos y de la calidad de los datos disponibles, es posible dar una indicación de lo que puede lograrse en la práctica. En el Cuadro 2.3.6 se indican las fuentes de incertidumbre que intervienen, la base para reducir las incertidumbres y los niveles indicativos de incertidumbre en condiciones que pueden presentarse en la práctica.

Las fuentes de incertidumbre de la superficie tenderán a aumentar del procedimiento 1 al procedimiento 3 porque en la evaluación entran sucesivamente más datos. Sin embargo, esto no quiere decir que aumente la incertidumbre, en razón de las comparaciones adicionales que permiten los nuevos datos y de la reducción general de incertidumbres debido a la anulación de errores familiares en estadística. La principal diferencia entre el procedimiento 1 y los procedimientos 2 y 3 es que las incertidumbres porcentuales sobre los cambios en el área de tierra probablemente sean mayores en el procedimiento 1. Esto se debe a que los cambios en el uso de la tierra en el procedimiento 1 se derivan de diferencias en superficies totales. Con el procedimiento 1, la incertidumbre en la diferencia se situará entre 1 y 1,4 veces la incertidumbre en superficies comparadas, dependiendo del grado de correlación entre los estudios. Con el procedimiento 3 se produce información detallada espacialmente explícita, que puede necesitarse, por ejemplo, para algunos métodos de modelización o para información sobre actividades del Protocolo de Kyoto. En esos casos se necesitará información espacial adicional si se utilizan los procedimientos 1 ó 2 para la identificación de área de tierra. Los requisitos del Protocolo de Kyoto se indican en el Capítulo 4, Sección 4.2.2.

CUADRO 2.3.6
RESUMEN DE INCERTIDUMBRES CON LOS PROCEDIMIENTOS 1 A 3

	Fuentes de incertidumbre	**Medios para reducir la incertidumbre**	**Incertidumbre indicativa después de comparaciones**
Procedimiento 1	Las fuentes de incertidumbre pueden comprender algunos o todos los aspectos siguientes, dependiendo de la naturaleza de la fuente de datos: • error en los resultados de censos; • diferencias de definición entre organismos; • diseño de muestreo; • interpretación de muestras. Además: En el procedimiento 1 no se pueden realizar comparaciones sobre cambios de superficie entre categorías, por lo que tenderán a aumentar las incertidumbres.	• Verificar la relación coherente con la superficie nacional; • corregir las diferencias en las definiciones; • consultar a organismos de estadísticas sobre las probables incertidumbres que intervengan; • comparar con conjuntos de datos internacionales.	Entre un pequeño porcentaje y el 10% del área de tierra total en cada categoría. Mayor porcentaje de incertidumbre para cambios en la superficie derivados de estudios sucesivos. Cuando se utilizan datos preparados para otros fines, los errores sistemáticos pueden ser importantes.
Procedimiento 2	Como el procedimiento 1 con capacidad para realizar comparaciones.	Como anteriormente, mas comprobaciones de coherencia de cambios entre categorías en la matriz.	Entre un pequeño porcentaje y el 10% del área de tierra total en cada categoría, y más para cambios en la superficie, puesto que se derivan directamente.
Procedimiento 3	Como el procedimiento 2, mas incertidumbres vinculadas a la interpretación de datos de teledetección, cuando se utilizan.	Como en el procedimiento 2, mas análisis formal de incertidumbres utilizando principios establecidos en el Capítulo 5.	Como en el procedimiento 2, pero las superficies que intervienen se pueden identificar geográficamente. Sin embargo, utilizando el procedimiento 3 puede determinarse con más precisión la cantidad de incertidumbre que para el procedimiento 2.

2.4 ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS SOBRE USO DE LA TIERRA

Las bases de datos sobre uso de la tierra necesarias para los inventarios de gases de efecto invernadero pueden elaborarse generalmente de tres maneras:

- utilizando las bases de datos existentes preparadas para otros fines;
- recurriendo al muestreo, y
- utilizando inventarios de tierra completos.

En las subsecciones siguientes se ofrece una opinión general de *buena práctica* sobre la utilización de estos tipos de datos para que la consideren los organismos encargados de los inventarios en consulta con otros organismos responsables de proporcionar datos estadísticos en los países. Quienes preparan los inventarios pueden no intervenir en la recopilación detallada de datos de teledetección o datos de estudios sobre el terreno, pero pueden utilizar las orientaciones que se dan aquí para ayudar a planificar mejoras de los inventarios y comunicarse con expertos en estas materias.

2.4.1 Utilización de datos preparados para otros fines

Para clasificar la tierra se pueden utilizar dos tipos de bases de datos disponibles. En muchos países se dispondrá de conjuntos de datos nacionales como los considerados seguidamente. También los organismos encargados de los inventarios pueden utilizar conjuntos de datos internacionales. A continuación se describen ambos tipos de bases de datos.

Bases de datos nacionales

Los procedimientos 1 y 2 se fundarán normalmente en datos existentes, actualizados anual o periódicamente. Las fuentes típicas de datos comprenden inventarios forestales, censos agrícolas y otros estudios, censos de tierra urbana y natural, datos sobre registro de la tierra y mapas. La utilización de esta información se ilustra mediante ejemplos en el Anexo 2A.1: Ejemplos de procedimientos en distintos países. En la Sección 2.3.2.1 se señala una *buena práctica* para la utilización de este tipo de datos.

Bases de datos internacionales

Se han realizado varios proyectos para elaborar conjuntos de datos internacionales sobre uso de la tierra y cubierta terrestre a escalas regional y a mundial (en el Anexo 2A.2 se enumeran algunos de esos conjuntos de datos). Casi todos esos conjuntos de datos se almacenan como datos en rejilla[7] generados utilizando diferentes clases de imágenes satelitales obtenidas por teledetección, complementadas por datos terrestres de referencia obtenidos mediante estudios sobre el terreno o la comparación con estadísticas y mapas existentes. Esos conjuntos de datos pueden utilizarse para:

- estimar la distribución espacial del uso de la tierra. Normalmente, en los inventarios convencionales figura sólo la suma total de la superficie de uso de la tierra por clases. La distribución espacial se puede reconstruir utilizando datos internacionales sobre uso de la tierra y cubierta terrestre como datos auxiliares cuando no se disponga de datos nacionales;
- evaluar la fiabilidad de los conjuntos de datos sobre uso de la tierra existentes. La comparación entre conjuntos de datos nacionales e internacionales independientes puede indicar discrepancias aparentes y su comprensión puede aumentar la confianza en los datos nacionales y/o mejorar la posibilidad de utilizar los datos internacionales si se necesitan para fines como extrapolación.

Al utilizar un conjunto de datos internacionales, es una *buena práctica* considerar lo siguiente:

- el plan de clasificación (p. ej., definición de clases de uso de la tierra y sus relaciones) puede diferir del plan del sistema nacional. La equivalencia entre los sistemas de clasificación utilizados por el país y los sistemas descritos en la Sección 2.2 (Categorías de uso de la tierra) ha de establecerse, pues, poniéndose en contacto con el organismo internacional y comparando sus definiciones con las utilizadas nacionalmente;
- la resolución espacial (normalmente 1 km nominal, pero a veces de un orden de magnitud más en la práctica) puede ser gruesa, por lo que para mejorar las posibilidades de comparación tal vez sea necesario agregar datos nacionales;

[7] Por datos en rejilla se entiende la información almacenada en una retícula regular de puntos, por oposición a datos poligonales, que es información almacenada como las coordenadas de una zona delimitadora que comparte un atributo común.

- puede haber exactitud en la clasificación y errores en la referencia geográfica, aunque en sitios de muestreo se realizan habitualmente varias pruebas de exactitud. Los organismos responsables deben disponer de detalles sobre cuestiones de clasificación y las pruebas realizadas;
- en lo que respecta a datos nacionales, interpolación o extrapolación probablemente sea necesario elaborar estimaciones para que los períodos correspondan a las fechas requeridas para la información a la CMCC o en virtud del Protocolo de Kyoto.

2.4.2 Recopilación de nuevos datos por métodos de muestreo

Las técnicas de muestreo para estimar áreas y cambios en superficies se aplican cuando las compilaciones totales por mediciones directas sobre el terreno o las evaluaciones por técnicas de teledetección no son factibles o darían resultados inexactos. Es una *buena práctica* aplicar conceptos de muestreo basados en el muestreo descrito en la Sección 3 del Capítulo 5, y disponer así de procedimientos de estimación coherentes y no sesgados y que den estimaciones precisas.

Según se dice en la Sección 3 del Capítulo 5, una *buena práctica* para el muestreo entraña normalmente una serie de unidades de muestreo situadas en una retícula regular en el área de inventario. Luego se asigna una clase de uso de la tierra a cada unidad de muestreo. Las unidades de muestreo pueden utilizarse para derivar las proporciones de categorías de uso de la tierra en la superficie de inventario. Multiplicando las proporciones por el área total se obtienen estimaciones de la superficie de cada categoría de uso de la tierra. Cuando no se conoce la superficie total, se supone que cada unidad de muestreo representa una superficie específica. Luego se puede estimar el área de la categoría de uso de la tierra mediante el número de unidades de muestreo que entran en esta categoría.

Cuando en ocasiones sucesivas se repite el muestreo de superficies se pueden derivar cambios de área en el tiempo para construir matrices de cambio de uso de la tierra.

Si se aplica un método basado en muestras para evaluar las áreas se pueden calcular los errores de muestreo y los intervalos de confianza que sirven para cuantificar la fiabilidad de las estimaciones de superficie en cada categoría. Es una *buena práctica* utilizar el intervalo de confianza para verificar si los cambios observados en el área de las categorías son estadísticamente importantes y reflejan cambios significativos.

2.4.3 Recopilación de nuevos datos en inventarios completos

Para disponer de un inventario completo de uso de la tierra de todas las áreas en un país habrá que obtener mapas de uso de la tierra en la totalidad de su territorio a intervalos regulares.

Esto puede lograrse mediante técnicas de teledetección. Según se describe en el procedimiento 3 (Sección 2.3.2.3), los datos se utilizarán más fácilmente en un SIG basado en una serie de casillas o polígonos apoyados por datos verificados en tierra necesarios para lograr una interpretación no sesgada. Si la resolución de esos datos es suficientemente fina se puede utilizar directamente la información del Protocolo de Kyoto sobre las actividades pertinentes. Con el fin de elaborar datos del procedimiento 1 o del procedimiento 2 para todo el país o regiones apropiadas se pueden utilizar datos a escala gruesa.

También se puede realizar un inventario completo haciendo una encuesta entre todos los terratenientes, cada uno de los cuales habría de proporcionar datos adecuados cuando posean parcelas de tierra muy distintas. Entre los problemas propios del método figuran la obtención de datos a escalas más pequeñas que el tamaño de la parcela del propietario, y las dificultades para lograr una cobertura total sin superposiciones.

2.4.4 Instrumentos para la recopilación de datos

2.4.4.1 TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

Como ya se ha dicho, los datos de teledetección son los adquiridos por sensores (ópticos o de radar) a bordo de satélites, o por cámaras provistas de películas ópticas o infrarrojas instaladas en la aeronave. Esos datos se clasifican normalmente para proporcionar estimaciones de la cubierta terrestre y su superficie correspondiente, y

en general se necesitan datos de trabajos de campo para disponer de una estimación de la exactitud de la clasificación. La clasificación puede hacerse mediante análisis visual de las imágenes o fotografías, o por métodos digitales (basados en computador). Las ventajas de la teledetección se deben a su capacidad para proporcionar información espacialmente explícita y una cobertura reiterada, incluida la posibilidad de abarcar grandes superficies, así como superficies alejadas a las que es difícil acceder de otro modo. Los archivos de datos de teledetección pasados abarcan también varios decenios, por lo que pueden utilizarse para reconstruir series temporales pasadas de cubierta terrestre y uso de la tierra. La dificultad de la teledetección está relacionada con el problema de la interpretación: las imágenes han de convertirse en información útil sobre uso de la tierra y ordenación de las tierras. Según el sensor del satélite, la adquisición de datos puede resultar degradada por la presencia de nubes atmosféricas y de calima. Otro motivo de preocupación, particularmente cuando se comparan datos sobre largos períodos, es que pueden cambiar los sistemas de teledetección. La teledetección es particularmente útil para obtener estimaciones de superficie de categorías de cubierta terrestre/uso de la tierra con el fin de ayudar a conocer áreas relativamente homogéneas que pueden servir de guía para seleccionar sistemas de muestreo y el número de muestras que han de recogerse. Para más información sobre teledetección y estadísticas espaciales véase Cressie (1993) y Lillesand *et al* (1999).

Tipos de datos de teledetección

Los tipos de datos de teledetección más importantes son los de 1) fotografías aéreas, 2) imágenes de satélites utilizando bandas en el espectro visible y/o cerca del infrarrojo, y 3) imágenes de satélite o de radar a bordo (para las características de las principales plataformas de teledetección, véase el Cuadro 5.7.2). Para evaluar las diferentes categorías o regiones de uso de la tierra se pueden utilizar perfectamente combinaciones de diferentes tipos de datos de teledetección (p. ej., espectro visible/infrarrojo y radar; diferentes resoluciones espaciales o espectrales). Un sistema completo de teledetección para seguir el cambio de uso de la tierra puede comprender numerosas combinaciones de tipos de sensores y de datos con diversas resoluciones.

Los criterios importantes para seleccionar datos y productos de teledetección son:

- un sistema de clasificación de uso de la tierra adecuado;
- una resolución espacial apropiada (la unidad espacial más pequeña para evaluar los cambios en el uso de la tierra según el Protocolo de Kyoto es 0,05 ha);
- una resolución temporal apropiada para estimar los cambios en el uso de la tierra y en el carbono almacenado;
- la disponibilidad de una evaluación exacta;
- métodos transparentes aplicados en la adquisición y el tratamiento de datos; y
- la coherencia y la disponibilidad en el tiempo.

1. Fotografías aéreas

El análisis de fotografías aéreas puede revelar especies de árboles forestales y una estructura forestal de la que puede deducirse la distribución por edades relativa y la salud de los árboles (p. ej., pérdida de agujas en los bosques coníferos, pérdida de hojas y estrés en bosques caducifolios). En el análisis de la agricultura, la teledetección puede mostrar especies de cultivos, estrés de cultivos y cubierta forestal en sistemas agroforestales. La unidad espacial más pequeña que es posible evaluar depende del tipo de fotografías aéreas utilizadas, pero para productos normales es con frecuencia tan sólo de un metro cuadrado.

2. Imágenes satelitales en longitudes de onda del espectro visible y cerca del infrarrojo

A falta de otros medios, el uso de la tierra o la cubierta terrestre completos de grandes zonas (nacionales o regionales) puede facilitarse utilizando imágenes satelitales. Existe la posibilidad de obtener series de datos durante largos períodos de la zona deseada, puesto que el satélite pasa continua y regularmente sobre ella. En general, las imágenes generan un mosaico detallado de categorías bien definidas, pero para clasificarlas en categorías de cobertura terrestre/uso de la tierra adecuadas normalmente se necesitan datos terrestres de referencia procedentes de mapas o estudios sobre el terreno. La unidad más pequeña que ha de identificarse depende de la resolución espacial del sensor y de la escala de trabajo. Los sistemas de sensores más comunes tienen una resolución espacial de 20-30 metros. Con una resolución espacial de 30 metros, por ejemplo, se pueden identificar unidades de tan sólo 1 ha. También se dispone de datos procedentes de satélites con mayor resolución.

3. Imágenes de radar

Los tipos más comunes de datos de radar son los procedentes de los denominados sistemas de radar de abertura sintética que operan en frecuencias de microondas. Una importante ventaja de esos sistemas es que pueden penetrar las nubes y la calima y adquirir datos durante la noche. Por lo tanto, pueden ser la única fuente fiable de

datos de teledetección en muchas zonas del mundo con nubosidad casi permanente. Utilizando diferentes partes del espectro y distintas polarizaciones, esos sistemas pueden también distinguir categorías de cobertura terrestre (p. ej., forestales/no forestales) o el contenido en biomasa de la vegetación, si bien actualmente tienen algunas limitaciones en caso de mucha biomasa debido a la saturación de la señal.

Datos terrestres de referencia

Para utilizar los datos de teledetección con fines de inventarios, y en particular relacionar la cubierta terrestre con el uso de la tierra es una *buena práctica* para complementar los datos de teledetección con datos terrestres de referencia (denominados a menudo datos de verificación en tierra). Los datos terrestres de referencia se pueden recopilar independientemente, u obtenerse de inventarios forestales o agrícolas. Los usos de la tierra que cambian rápidamente en el período de estimación o que en razón de la cubierta vegetal natural es sabido que pueden clasificarse fácilmente de manera errónea deben verificarse en tierra más a fondo que otras áreas. Eso sólo puede hacerse utilizando datos terrestres de referencia, preferentemente a partir de estudios de campo reales, reunidos independientemente, pero también pueden ser útiles las fotografías de alta resolución.

Integración de la teledetección y del Sistema de Información Geográfica

La interpretación visual de imágenes se utiliza con frecuencia en la identificación de lugares de muestreo para inventarios forestales. El método es sencillo y fiable. Sin embargo, requiere mucho personal por lo que sólo se utiliza en zonas limitadas, y puede resultar afectado por interpretaciones subjetivas de los distintos operadores.

Para utilizar plenamente la teledetección en general hay que integrar la amplia cobertura que puede proporcionar la teledetección con mediciones puntuales en tierra o datos de mapas para representar áreas asociadas con particulares usos de la tierra en el espacio y en el tiempo. Esto se logra generalmente de la manera más rentable utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Clasificación de cubierta terrestre utilizando datos de teledetección

La clasificación de la cubierta terrestre utilizando datos de teledetección puede hacerse mediante análisis visuales o digitales (basados en computador). Ambos presentan ventajas e inconvenientes. El análisis visual de las imágenes permite hacer deducciones mediante la evaluación de las características generales de la escena (análisis de los aspectos contextuales en la imagen). Por otra parte, la clasificación digital permite varias manipulaciones realizadas con los datos, como la combinación de diferentes datos espectrales, lo que puede ayudar a mejorar la modelización de los datos terrestres biofísicos (como diámetro del árbol, altura, área basimétrica, biomasa) utilizando los datos de teledetección. Además, el análisis digital permite calcular inmediatamente áreas asociadas con las diferentes categorías de tierra. Se ha desarrollado rápidamente en el último decenio, coincidiendo con los avances informáticos técnicos asociados, por lo que se puede disponer fácilmente de equipo y programas informáticos y también de los datos obtenidos por satélite a bajo costo en la mayoría de los países, si bien la capacidad para utilizar esos datos y medios puede tener que contratarse en el exterior, sobre todo para la cartografía a nivel nacional.

Detección del cambio de uso de la tierra utilizando la teledetección

La teledetección se puede utilizar para conocer lugares de cambio relacionados con UTCUTS. Los métodos para detectar el cambio de uso de la tierra se pueden dividir en dos categorías (Singh (1989)):

Detección del cambio después de la clasificación: se trata de técnicas en que existen dos o más clasificaciones de cubierta terrestre/uso de la tierra definidas previamente de momentos distintos, y en que los cambios se detectan, normalmente mediante sustracción de los conjuntos de datos. Son técnicas sencillas, pero también muy sensibles a incoherencias en la interpretación y clasificación de las categorías de tierra;

Detección del cambio antes de la clasificación: se trata de métodos más sofisticados y biofísicos para detectar el cambio. Las diferencias entre datos de respuesta espectral de dos o más momentos se comparan mediante métodos estadísticos, y esas diferencias se utilizan para proporcionar información sobre los cambios en la cubierta terrestre/uso de la tierra. Este método es menos sensible a las incoherencias de interpretación y permite detectar cambios mucho más sutiles que los métodos empleados después de la clasificación, pero es menos sencillo y requiere el acceso a datos de teledetección originales.

Evaluación de la exactitud de los mapas

Cuando se utiliza un mapa de cubierta terrestre/uso de la tierra, es una *buena práctica* obtener información sobre la fiabilidad del mapa. Cuando esos mapas se producen a partir de la clasificación de datos de teledetección, debe reconocerse que su fiabilidad probablemente varíe entre las diferentes categorías de tierra. Algunas categorías se pueden distinguir con claridad, en tanto que otras puedan confundirse fácilmente con otras. Por ejemplo, el bosque conífero se clasifica con frecuencia con mayor exactitud que el bosque caducifolio porque sus características de reflectancia son más claras, en tanto que el bosque caducifolio puede confundirse fácilmente,

por ejemplo, con praderas o tierras agrícolas. Del mismo modo, muchas veces es difícil comprobar cambios en las prácticas de gestión de la tierra mediante teledetección. Por ejemplo, puede ser difícil detectar un cambio de la labranza convencional a la labranza de conservación en un área de tierra específica.

Por consiguiente, es una *buena práctica* estimar la exactitud de los mapas de uso de la tierra/cubierta terrestre categoría por categoría. Para crear una matriz de confusión se emplean varios puntos de muestra en el mapa y sus correspondientes categorías en el mundo real (véase el procedimiento 3; nota 6) en los que la diagonal indica la probabilidad de identificación correcta, y los elementos fuera de la diagonal, la probabilidad relativa de clasificación errónea de una categoría de tierra en una de las otras categorías posibles. La matriz de confusión no sólo expresa la exactitud del mapa sino que permite determinar qué categorías pueden confundirse fácilmente entre sí. A partir de la matriz de confusión se pueden derivar índices de exactitud (Congalton, 1991). Es una *buena práctica* presentar una estimación de la exactitud del mapa de uso de la tierra/cobertura terrestre categoría por categoría, y para ello se puede utilizar una matriz de confusión cuando se recurra a la teledetección. También se puede utilizar el análisis multitemporal (análisis de imágenes tomadas en diferentes momentos para determinar la estabilidad de la clasificación de uso de la tierra) con el fin de mejorar la exactitud de la clasificación, sobre todo cuando se dispone de pocos datos verificados en tierra.

2.4.4.2 ESTUDIOS DE CAMPO

Se pueden utilizar estudios sobre el terreno para reunir y registrar información sobre uso de la tierra, y utilizarla como datos de verificación en tierra independientes para la clasificación mediante detección. Antes de disponer de técnicas de teledetección, como la fotografía aérea y la toma de imágenes por satélite, los estudios de campo eran el único medio de producir mapas. El proceso consiste esencialmente en visitar el área estudiada y registrar atributos físicos visibles y/o de otra índole del paisaje con fines cartográficos. Para las notas impresas sobre el terreno y los mapas históricos de utilidad en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se recurre a la digitalización de límites y simbolización de atributos. Esto se hace mediante protocolos en una delimitación mínima del área de tierra, y la categorización de los atributos vinculados a la escala del mapa resultante y el uso a que esté destinado.

Merced a una combinación de equipo de estudio como teodolitos, mediciones de cinta, dispositivos de medición de ruedas de distancia y de distancia electrónicos se pueden efectuar mediciones de gran precisión de la superficie y el lugar. Con la evolución de los sistemas mundiales de determinación de la posición se puede registrar información *in situ* directamente en formato electrónico utilizando dispositivos informáticos portátiles. Los datos se pasan a un computador de oficina para el registro y la coordinación con otras capas de información con fines de análisis espacial.

Para reunir información socioeconómica y sobre ordenación de las tierras se recurre a entrevistas de terratenientes y cuestionarios, que también proporcionan datos sobre uso de la tierra y cambio de uso de la tierra. Con este método de censo, el organismo encargado de la recopilación de datos depende del conocimiento y de los registros de terratenientes (o usuarios) para proporcionar datos fiables. Normalmente, un representante del organismo de recopilación de datos visita al residente y lo entrevista, y los datos se registran en un formato determinado previamente, o bien se expide un cuestionario para que lo cumplimente el usuario de la tierra, a quien se alienta normalmente a utilizar todos los registros o mapas pertinentes que pueda tener, pero las preguntas pueden utilizarse también para obtener información directamente (Swanson *et al*., 1997).

Los estudios de los censos probablemente sea la forma más antigua de los métodos de recopilación de datos (Darby, 1970). Se pueden realizar estudios sobre los usuarios de la tierra entre toda la población o una muestra de tamaño apropiado. En las aplicaciones modernas se emplea una gama completa de técnicas de validación y evaluación de la exactitud. El estudio puede realizarse mediante visitas personales, entrevistas telefónicas (a menudo con recordatorios por computador) o cuestionarios enviados por correo. Los estudios de los usuarios de la tierra comienzan con la formulación de necesidades de datos y de información en una serie de preguntas claras y sencillas y respuestas concisas e inequívocas. Las preguntas se someten a prueba en una muestra de la población, con el fin de asegurarse de que son comprensibles y de detectar cualquier variación local de terminología técnica. Para las aplicaciones de la muestra se estratifica espacialmente toda la superficie objeto de estudio con unidades terrestres ecológicas y/o administrativas apropiadas, y por diferencias categóricas significativas en la población (p. ej., privado o institucional, grande o pequeño, pulpa o madera, etc.). Para las respuestas sobre áreas de tierra y prácticas de gestión, la persona consultada debe contestar acerca de algún lugar geográfico, si hay coordenadas precisas, descripción catastral o, al menos, unidades ecológicas o administrativas. La validación de los resultados después del estudio se realiza mediante la búsqueda de anomalías estadísticas, comparaciones con fuentes de datos independientes, haciendo una muestra de cuestionarios de verificación complementaria o realizando una muestra de los estudios de verificación *in situ.* Por último, los parámetros de estratificación iniciales han de ir seguidos de la presentación de resultados.

Anexo 2A.1 Ejemplos de procedimientos en distintos países

2A.1.1 Utilización de inventarios de recursos existentes por Estados Unidos (procedimientos 1, 2 y 3)

En Estados Unidos, la finalidad del Inventario Nacional de Recursos (INR) es evaluar el suelo, el agua y los recursos ambientales conexos en tierras no federales (Nusser y Goebel, 1997; Fuller 1999)[8]. En el INR se recurre a datos de diversas fuentes para verificar las estimaciones. Se utiliza un Sistema de Información Geográfica (SIG) para los Estados Unidos con el fin de realizar el inventario, que comprende el área de tierra total, la superficie de agua y la tierra federal. Se pueden vincular al INR datos de otras fuentes; p.ej., bases de datos sobre suelos y otros inventarios, como el Inventario y Análisis Forestal (IAF)[9]. Si bien las técnicas de muestreo para el INR y el IAF son similares, se requieren distintas retículas de muestreo para objetivos diferentes, y es preciso hacer estimaciones de los dos sistemas de inventario, estadísticamente independientes. Sin embargo, los datos muestreados sin tratar pueden utilizarse como base para el procedimiento 3.

Los datos (véase el Cuadro 2A.1.1) son suficientes para proporcionar una matriz de cambio y uso de la tierra (procedimiento 2) que ilustre varias características importantes de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en los Estados Unidos. En primer lugar, comparando el total de 1997 con el total de 1992 para cada categoría general de uso de la tierra se describe el cambio neto de uso de la tierra. Por ejemplo, la cantidad de tierra agrícola disminuyó en 2,1 millones de hectáreas entre 1992 y 1997, pasando de 154,7 millones de hectáreas a 152,6 millones de hectáreas, en tanto que la cantidad de praderas y bosques de propiedad no federal permaneció relativamente estable. Estos aspectos de uso de la tierra se pueden observar también en la base de datos del procedimiento 1. Además, el área total de los Estados Unidos se mantenía fijo entre 1992 y 1997 en cerca de 800 millones de hectáreas, por lo que todo aumento del área en una categoría de uso de la tierra puede compensarse por una disminución de la superficie en otras categorías según podía haber figurado en una estructura del procedimiento 2.

Sin embargo, los datos pueden describir también la dinámica del cambio de uso de la tierra utilizando la estructura del procedimiento 2. Los elementos de la diagonal y de fuera de la diagonal del Cuadro 2A.1.1 muestran cuánta tierra ha permanecido en una categoría de tierra y cuánta ha cambiado de uso, respectivamente. Las medidas globales de los cambios en el uso de la tierra (los elementos fuera de la diagonal) pueden ser muy importantes para estimación del carbono y su información. Por ejemplo, la cantidad total de tierra forestal no federal permaneció relativamente estable entre 1992 y 1997, aumentando en unas 400.000 hectáreas. Sin embargo, los elementos del cambio de uso de la tierra muestran que 1,9 millones de hectáreas de tierra forestal no federal se convirtieron en asentamientos, en tanto que 2,5 millones de hectáreas de tierra para pastos se convirtieron en tierra forestal. Por lo tanto, la reducción de pequeños cambios en el carbono almacenado sobre la base de pequeños cambios en el uso de la tierra global podría ser incorrecta si la dinámica de uso de la tierra individual (p. ej., tierra forestal en asentamientos y tierra de pastos en bosques) es relativamente grande.

[8] El INR lo realiza el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en cooperación con el Laboratorio de Estadística de la Universidad del Estado de Iowa. Puede obtenerse más información sobre el INR en http://www.nhq.nrcs.usda.gov/technical/NRI/1997/.

[9] El IAF está gestionado por la Organización de Investigación y Desarrollo del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura, en cooperación con el Sistema Forestal Estatal y Privado y el Sistema Forestal Nacional. Puede obtenerse más información sobre el IAF en: http://fia.fs.fed.us/.

CUADRO 2A.1.1
MATRIZ DE USO DE LA TIERRA Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA PARA ESTADOS UNIDOS

Inicial \ Final	Cultivos	CRP	Pasto	Praderas (NF)	Bosque (NF)	Otra rural	Asentamientos	Agua y tierra federal	Total 1997
Cultivos	146,8	0,9	3,5	0,8	0,3	0,3	--	--	152,6
CRP	0,8	12,3	--	--	--	--	--	--	13,2
Pasto	3,7	0,3	43,2	0,3	0,8	0,3	--	--	48,6
Praderas (NF)	0,6	0,1	0,6	162,3	0,5	0,2	--	--	164,4
Bosque (NF)	0,8	--	2,5	0,6	160,1	0,6	--	--	164,5
Otra rural	0,7	--	0,4	0,3	0,4	18,9	--	--	20,7
Asentamientos	1,2	--	0,8	0,5	1,9	0,2	35,2	--	39,8
Agua y tierra federal	0,1	--	--	0,1	0,2	--	--	182,6	183,1
1992 Total	154,7	13,8	51,0	165	164,1	20,5	35,2	182,8	787,4

Nota: i) Los datos corresponden a INR de 1997 y excluyen Alaska. ii) NF significa no federal. Las superficies se expresan en millones de hectáreas. iii) CRP representa la tierra que figura en el Programa de Reserva de Tierras para Conservación. iv) Los totales de algunas líneas y columnas no son exactos debido a errores de redondeo.

2A.1.2 Utilización de datos sobre censos agrícolas para las pampas argentinas (procedimientos 1 y 2)

Desde 1881, se realizan varios censos nacionales agrícolas sobre la totalidad de las granjas de las pampas argentinas. Los datos sobre uso de la tierra se organizan a nivel de distritos políticos en cada una de las 24 provincias. Recientemente se ha publicado un estudio particular sobre cambio de uso de la tierra en las pampas en un siglo de transformación agrícola (Viglizzo *et al.*, 2001). Los últimos resultados muestran que las pampas de Argentina se comportan como una fuente neta de emisión de gases de efecto invernadero en gran parte del período como consecuencia de la conversión de praderas naturales en tierras de pastoreo y agrícolas. Sin embargo, las emisiones tienden a disminuir desde 1960 debido a la adopción de técnicas de gestión del suelo con fines de conservación, en particular métodos sin labranza o menos labranza (Bernardos *et al.*, 2001). Estos datos se pueden utilizar en la aplicación del procedimiento 1 o del procedimiento 2.

2A.1.3 Utilización de datos de registro de la tierra en China (procedimiento 1)

China utiliza los procedimientos 1 y 2 para datos sobre el cambio de uso de la tierra, incluidos los inventarios forestales cada cinco años, los censos agrícolas y otros estudios. En particular, China está aplicando un sistema de contratos familiares para convertir tierra cultivada en tierra forestal. Se está introduciendo un sistema de contratos individuales por el que se asignan tareas a los hogares, que reciben subvenciones y poseen los árboles y otra vegetación que plantan. La finalidad del programa es plantar árboles en unos cinco millones de hectáreas entre 2000 y 2010. Los contratos para este plan se han utilizado con objeto de establecer una base de datos de cambio de uso de la tierra específicos.

2A.1.4 Matrices de uso de la tierra en el Reino Unido (procedimientos 1, 2 y 3)

En el Reino Unido se han creado matrices de cambio de uso de la tierra a partir de datos de estudios sobre el terreno (Barr *et al.*, 1993, Haines-Young, 2000). En 1984, 1990 y 1998 quedaron terminados tres estudios. Cada muestra constaba de una superficie de 1 km^2, y en 1984 se utilizaron 384 de ellas para proporcionar un muestreo estratificado de 32 zonas ecoclimáticas. Esas muestras se analizaron de nuevo en 1990 y 1998, y se agregaron otras 140 para la campaña de 1990, y otras 50 para la de 1998, con el fin de mejorar la cobertura de las zonas ecoclimáticas. En un primer momento se establecieron clases de uso de la tierra/cubierta terrestre expresamente para el estudio, pero en 1998 se utilizaron tipos alternativos comunes a otros organismos del Reino Unido. Los datos conservados para 1984 y 1990 se han reclasificado ahora en las nuevas clases. Cada muestra de 1 km fue visitada por investigadores que, a partir de los mapas existentes de 1:10.560, delimitaron diferentes parcelas de cubierta forestal/uso de la tierra, las numeraron y registraron una serie de informaciones respecto a cada parcela. Después se digitalizaron los mapas y se calculó el área de cada parcela a partir de los datos

digitales. Cuando volvió a visitarse una parcela, años más tarde, los mapas digitalizados, con los límites de la parcela anterior, se convirtieron en el punto de partida para registrar los cambios en las parcelas. Por lo tanto, no sólo se establecieron los datos de las áreas de las clases de cubierta terrestre/uso de la tierra en cada año de muestreo, sino de las transiciones que tuvieron lugar entre cada clase. Luego se hicieron estimaciones regionales y nacionales de la cubierta terrestre/uso y cambio de la tierra comparando la media ponderada de las muestras con el uso y el cambio en las diferentes zonas ecoclimáticas.

Se elaboraron matrices de CUT para Inglaterra, Escocia y Gales entre 1984 y 1990 para una serie simplificada de categorías de uso de la tierra (agrícola, natural, urbana, madera, otras) que se han utilizado en la estimación de emisiones y absorciones para la categoría 5D (emisiones de CO_2 y absorciones por los suelos de CUT y gestión) del inventario de gases de efecto invernadero del Reino Unido. En el Cuadro 2A.1.2 figura un ejemplo.

CUADRO 2A.1.2
MATRIZ DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA PARA ESCOCIA ENTRE 1984 Y 1990

1984 \ 1990	Agrícola	Natural	Urbana	Madera	Otras	Total 1990
Agrícola	1 967	81	6	6	0	2 060
Natural	113	4 779	5	32	0	4 929
Urbana	14	4	276	1	0	2 95
Madera	9	77	1	981	0	1 068
Otras	0	0	0	0	141	141
Total 1984	2 103	4 941	288	1 020	141	8 493

Nota: las superficies están expresadas en miles de hectáreas.

Barr *et al.* (1993) han descrito la incertidumbre en la estimación del uso de la tierra y del cambio de uso de la tierra para regiones en que se utiliza este método de muestreo. Cuando se conoce la variación en el uso o cambio de uso de la tierra en una región, o puede estimarse mediante un valor aproximado, también se puede estimar a partir de la teoría estadística el número de muestras necesarias para determinado nivel de confianza en el área regional total para ese uso o cambio de uso de la tierra (Cochran, 1977).

2A.1.5 Ejemplo de Nueva Zelandia de aplicación de la base de datos de teledetección sobre uso de la tierra/cubierta terrestre (procedimiento 3)

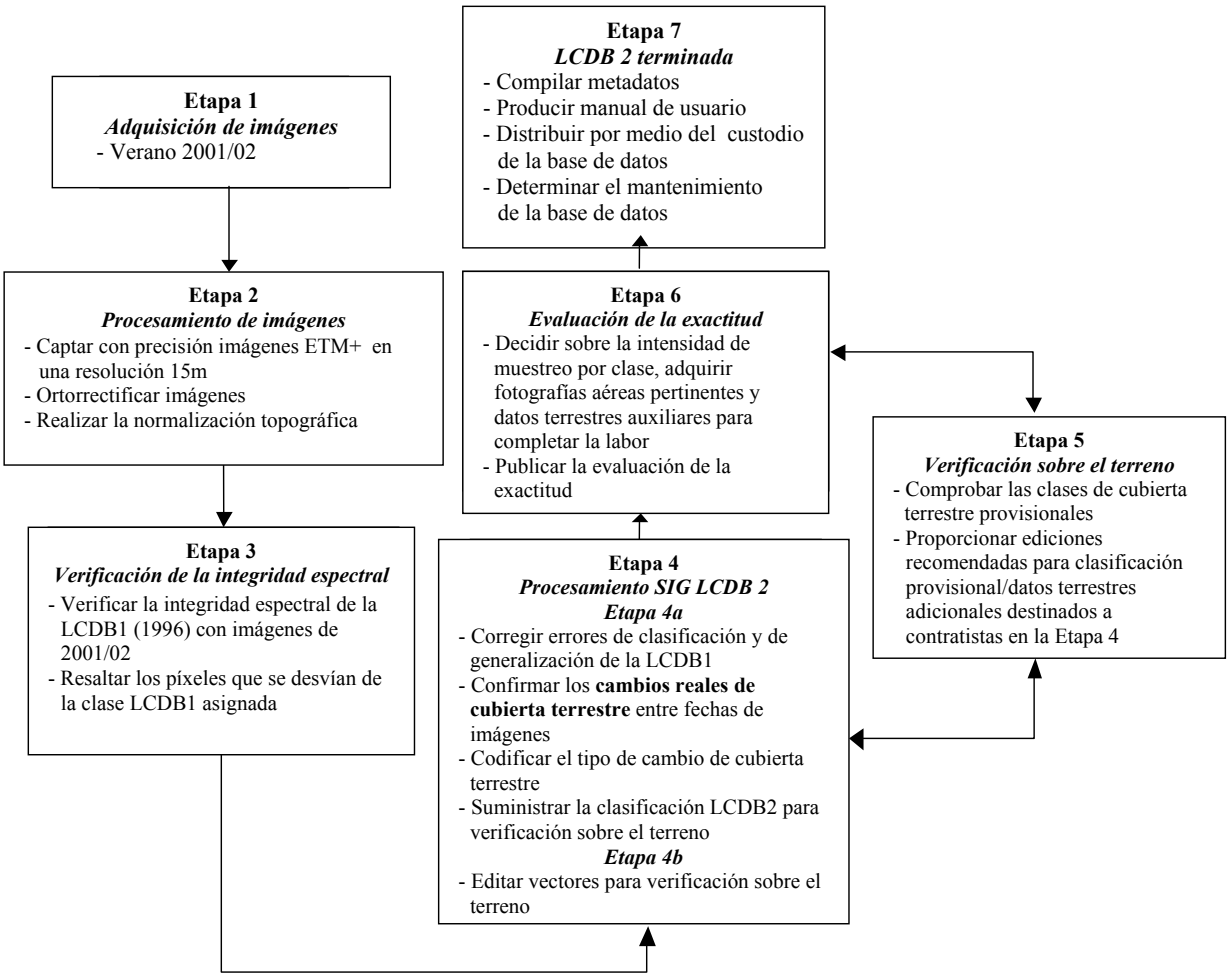
La primera base de datos de Nueva Zelandia sobre uso de la tierra/cubierta terrestre (NZLCDB) quedó terminada en junio de 2000 con imágenes obtenidas por satélite, principalmente durante el verano de 1996/97. Para Nueva Zelandia se considera que un período de tiempo apropiado para detectar cambios importantes en la cobertura terrestre es de cinco años. El trazador temático mejorado más de Landsat (7 ETM+) es el sensor preferido con los elementos necesarios del *Système Probatoire d'Observation de la Terre* (SPOT). Los trabajos iniciados en 2001/02 sobre la adquisición y análisis de imágenes continuarán hasta 2003/04 para producir la NZLCDB2, siguiendo las etapas descritas a continuación.

El coste de la base de datos de cobertura terrestre 2 (NZLCDB2) es del orden de 1.500.000 dólares EE.UU. para 270.000 km^2, es decir, 5,60 dólares por km^2, y proporcionará:

- un conjunto completo de imágenes de satélite multiespectrales y ortocorregidas que abarcan Nueva Zelandia con una resolución espacial de 15 m;
- un mapa de SIG digital NZLCDB1 revisado de clases de cubierta terrestre con errores identificados de clasificación y generalización corregidos;
- un nuevo mapa de SIG digital NZLCDB2 compatible con clases similares de cubierta terrestre con clases similares de NZLCDB1;
- un mapa de SIG digital en el que se registran cambios detectados en la cubierta terrestre de Nueva Zelandia en la unidad cartográfica mínima de 1 ha, y
- una evaluación de precisión de NZLCDB2, que comprende una matriz de errores para estimar la calidad de los datos, espacialmente y por clases.

Se puede obtener una descripción más completa del proyecto de base de datos sobre cubierta terrestre de Nueva Zelandia que se actualizará a medida que avance el proyecto, en http://www.mfe.govt.nz/issues/land-cover-dbase/index.html. En la figura 2A.1.1 se muestran las etapas de terminación de la base de datos.

Figura 2A.1.1 Etapas en la preparación de bases de datos sobre cobertura terrestre de Nueva Zelandia



2A.1.6 Base de datos Landsat multitemporal australiana para la contabilización de carbono (procedimiento 3)

La Oficina de Gases de Efecto Invernadero de Australia, mediante su sistema nacional de contabilización del carbono, ha elaborado un programa nacional de teledetección multitemporal que es un ejemplo de procedimiento 3, aunque su principal finalidad sea identificar áreas de tierra que han sufrido los efectos del cambio de la cubierta forestal en lugar de una cartografía completa de uso de la tierra. Mediante datos del satélite Landsat correspondientes a 12 pasadas nacionales entre 1972 y 2002, se comprueba de vez en cuando el estado de la cubierta forestal de unidades terrestres, con una resolución mejor que una hectárea. Inicialmente se construyó un mosaico de escenas del año 2000 para todo el continente (369 escenas), como conjunto de datos de referencia al que se agregaron otras series temporales.

La resolución geográfica coherente y la calibración espectral de datos satelitales permite los análisis estadísticos objetivos en una sola unidad de tierra (píxel) a lo largo del tiempo. Los expertos en teledetección especializados en la interpretación de la vegetación australiana elaboraron los métodos estadísticos (Furby, 2002), que se perfeccionaron en otras dos series de pruebas experimentales (Furby y Woodgate, 2002). Las pruebas experimentales se utilizaron también para formar a proveedores del sector privado, que presentaron luego licitaciones para realizar el trabajo.

Además de las normas de metodología y rendimiento, sumamente prescriptivas, se ha aplicado un programa independiente de garantía de la calidad para garantizar una norma coherente del producto. Mediante un programa de mejoramiento y verificación continuos se vigila también la calidad de los resultados y se ofrecen orientaciones para futuras mejoras. Como en la metodología se utiliza un método de probabilidad condicional, en las series temporales completas se puede incorporar fácilmente cualquier mejora que se conozca.

La eficiencia en los métodos de procesamiento desarrollados para el programa ha permitido agregar nuevas pasadas nacionales a las series temporales con un costo aproximado de medio millón de dólares EE.UU..

Los datos del cambio de la cubierta forestal se incorporan en un modelo de proceso del ciclo de carbono/nitrógeno operado desde el espacio mediante un Sistema de Información Geográfica. De esta forma se realiza fácilmente la contabilización de carbono de este sector.

Puede obtenerse más información en los diversos informes técnicos del sistema nacional de contabilización del carbono disponible en el sitio web de la Oficina de Gases de Efecto Invernadero de Australia: http://www.greenhouse.gov.au/ncas.

ANEXO 2A.2 Ejemplos de conjuntos de datos internacionales sobre la cubierta terrestre

EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS INTERNACIONALES SOBRE LA CUBIERTA TERRESTRE				
Nombre del conjunto de datos	AARS Global 4-Minute Land Cover	IGBP-DIS Global 1km Land Cover Data Set	Global Land Cover Dataset	Global Land Cover Dataset
Autor	Center for Environmental Remote Sensing, Universidad de Chiba	PIGB/SID	USGS, Estados Unidos	GLCF (Global Land Cover Facility)
Breve descripción de contenidos	Las clases de cubierta terrestre se identifican agrupando datos mensuales del AVHRR de la NOAA.	Esta clasificación se deriva de los datos de 1km y datos auxiliares del radiómetro perfeccionado de muy alta resolución (AVHRR).	El conjunto de datos se deriva de una estructura de base de datos flexible y conceptos estacionales de regiones de cubierta terrestre.	Se aplicaron normas en que se describe la dinámica temporal de la vegetación a los datos PAL de 1984 con una resolución de 8 km para obtener un producto de clasificación de cubierta terrestre mundial utilizando un clasificador de árbol de decisiones.
Sistema de clasificación	Se aplica el sistema de clasificación original. Compatible con el sistema de clasificación PIGB/SID.	Consta de 17 clases.	Se utiliza un procedimiento de convergencia de prueba a fin de determinar el tipo de cubierta terrestre para cada clase de cubierta terrestre estacional.	La clasificación se obtuvo mediante la prueba de varias normas que describen la dinámica temporal de la vegetación en un ciclo anual.
Formato de datos (vector/rejilla)	Rejilla	Rejilla	Rejilla	Rejilla
Cobertura espacial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial
Años de adquisición de los datos	1990	1992-1993	Abril de 1992-Marzo 1993	1987
Resolución espacial o tamaño de la retícula	4min x 4min.	1km x 1km	1km x 1km	8km x 8km
Intervalo de revisión (para conjunto de datos de series temporales)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
Descripción de calidad	Los datos verificados en tierra se comparan con el conjunto de datos.	Se utilizan imágenes de satélite de gran resolución para validar estadísticamente el conjunto de datos.	Exactitud del punto muestral: 59,4% Exactitud ponderada del área: 66,9% (Sepan, 1999).	Sin descripción
Dirección de contacto y URL de referencia	tateishi@rsirc.cr.chiba-u.ac.jp http://ceres.cr.chibau.ac.jp:8080/usr-dir/you/ICHP/index.html	alan.belward@jrc.it http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/igbp-dis/frame/coreprojects/index.html	icac@usgs.govhttp://edcdaac.usgs.gov/glcc/globe_int.html.	http://glcf.umiacs.umd.edu/data.html

Ejemplos de conjuntos de datos internacionales de cubierta terrestre (continuación)				
Nombre del conjunto de datos	1º Land Cover Map from AVHRR	CORINE land cover (CLC) database	Digital Chart of the World	Global Map
Autor	Dr. Ruth DeFries, Universidad de Maryland, en College Park, (Estados Unidos)	Agencia Europea del Medio Ambiente	Productos del ESRI	Producido por organizaciones nacionales de cartografía y compilado por el ISCGM.
Breve descripción del contenido	El conjunto de datos describe las distribuciones geográficas de 11 principales tipo de cubierta basados en variaciones interanuales en el NDVI.	Proporciona un inventario paneuropeo de cubierta terrestre biofísica. La cubierta terrestre CORINE es una base de datos esencial para la evaluación integrada del medio ambiente.	Es un mapa básico mundial de litorales, fronteras, cubierta terrestre, etc. Contiene más de 200 atributos dispuestos en 17 capas temáticas con anotaciones de texto de las características.	Información geográfica digital con una resolución de 1 km que abarca toda la tierra, con especificaciones normalizadas y a disposición de todos a un costo marginal.
Sistema de clasificación	Consta del mapa digital de clase 13	Utiliza una nomenclatura de clase 44.	8 características de agricultura/extracción y 7 características de cubierta de superficie.	Véase http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf
Formato de datos (vector/rejilla)	Rejilla	Rejilla	Vector Polígonos	Rejilla y vector
Cobertura espacial	Mundial	Austria, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, España, Reino Unido, partes de Marruecos y Túnez.	Cobertura mundial	Países participantes (90)
Año de adquisición de los datos	1987	Depende del país (el período global es aproximadamente de 1985 a 1995).	Basada en CNO de la Defense Mapping Agency de Estados Unidos. Período 1970-80. Véase la capa de fecha de compilación.	Depende de las naciones participantes.
Resolución espacial o tamaño de la retícula	1 x 1 grados	Base de datos de la retícula 250m por 250m, agregada de los datos del vector original a la escala de 1:100.000.	1:1.000.000	Retícula de 1km x 1km
Intervalo de revisión (para conjuntos de datos de series temporales)	No se aplica	Proyecto de actualización del CTC de 2000 a partir de los datos del decenio de 1990.	No se aplica	Aproximadamente intervalos de cinco años
Descripción de la calidad	Ninguna	No se dispone de información concreta.Véase http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/other/land_cover/lcsource.asp para la información.	Existe información sobre la calidad de los datos a tres niveles en la base de datos: característica, capa y fuente.	Véase http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf.
Dirección de contacto y URL de referencia	landcov@geog.umd.edu http://www.geog.umd.edu/landcover/1d-map.html	dataservice@eea.eu.int http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/metadetails.asp?table=landcover and i=1	http://www.esri.com/data/index.html	sec@iscgm.org http://www.iscgm.org/

Referencias

Barr C.J., Bunce R.G.H., Clarke R.T., Furse M.T., Gillespie M.K., Groom G.G., Hallam C.J., Hornung M., Howard D.C. y Ness M.J. (1993). Countryside Survey 1990, Main Report. Department of the Environment, Londres.

Bernardos J.N., Viglizzo E.F., Jouvet V., Lértora F.A., Pordomingo S.J., y Aid F.D. (2001). The use of EPIC model to study the agroecological change during 93 years of farming transformation in the Argentine pampas. *Agricultural Systems*, 69: págs. 215-234.

Cochran W.G. (1977). Sampling Techniques. J. Wiley and Sons, Nueva York, 428 págs.

Congalton R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 37: Nº 1, págs. 35-46.

Cressie N.A.C. (1993). Statistics for Spatial Data. John Wiley and Sons, Nueva York.

Darby H.C. (1970). Doomsday Book – The first land utilization survey. *The Geographical Magazine*, Vol. 42: Nº 6, págs. 416-423.

FAO (1986). Programa del Censo agropecuario mundial de 1990. Colección FAO: Desarrollo estadístico, Nº 2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Italia, 90 págs.

FAO (1995). Planning for Sustainable use of Land Resources: Towards a New Approach. Land and Water Bulletin 2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Italia, 60 págs.

FAO (2002) Proceedings of Expert Meeting on Harmonizing forest-related definitions for use by various stakeholders. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Italia. Disponible en http://www.fao.org/forestry/fop/fopw/Climate/doc/Y3431E.pdf.

Fuller W.A. (1999). Estimation procedures for the United States National Resources Inventory, 1999. Proceedings of the Survey Methods Section, Statistical Society of Canada. Disponible en http://www.nhq.nrcs.usda.gov/NRI/1997/stat_estimate.htm.

Furby S. (2002). Land Cover Change: Specification for Remote Sensing Analysis. National Carbon Accounting System Technical Report Nº 9, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia (402 págs.).

Furby S. y Woodgate P. (2002). Remote Sensing Analysis of Land Cover Change – Pilot Testing of Techniques (Furby and Woodgate ed.) National Carbon Accounting System Technical Report Nº 16, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia (354 págs.).

Haines-Young R.H. y 23 más (2000). Accounting for nature: assessing habitats in the UK countryside. Department of the Environment, Transport and the Regions, Londres. ISBN 1 85112 460 8.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) Land use, Land-use Change, and Forestry: A Special Report. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Lillesand T.M. y Kiefer R. W., (1999). Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, Nueva York.

Nusser S. M., y Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory: A Long-Term Multi-Resource Monitoring Programme. Environmental and Ecological Statistics. Vol. 4, págs. 181-204.

Singh A., (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int. J. Remote Sensing*, 10 Nº 6: 989 – 1003.

Swanson B.E., R.P. Bentz y A.J., Sofranco (Eds.). (1997). *Improving agricultural extension. A reference manual.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

USGS (2001) http://edcdaac.usgs.gov/glcc/globe_int.html

Viglizzo E.F., Lértora F., Pordomingo S.J., BernardosJ.N., Roberto Z.E. y Del Valle H. (2001). Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83: págs. 65-81.

3

ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS EN EL SECTOR DE CUTS

AUTORES Y REVISORES

Autores principales coordinadores

Gert-Jan Nabuurs (Países Bajos), N.H. Ravindranath (India), y Keith Paustian (Estados Unidos) Annette Freibauer (Alemania), William Hohenstein (Estados Unidos), y Willy Makundi (Tanzanía)

Autores principales

Harald Aalde (Noruega), Abdelazim Yassin Abdelgadir (Sudán), Anwar Sheikhaddin Abdu Khalil (Bahrein), James Barton (Nueva Zelandia), Kathryn Bickel (Estados Unidos), Samsudin Bin-Musa (Malasia), Dominique Blain (Canadá), Rizaldi Boer (Indonesia), Kenneth Byrne (Irlanda), Carlos Cerri (Brasil), Lorenzo Ciccarese (Italia), David-Cruz Choque (Bolivia), Eric Duchemin (Canadá), Lucien Dja (Côte d'Ivoire), Justin Ford-Robertson (Nueva Zelandia), Wojciech Galinski (Polonia), Jean-Claude Germon (Francia), Héctor Ginzo (Argentina), Michael Gytarsky (Federación de Rusia), Linda Heath (Estados Unidos), Denis Loustau (Francia), Tijani Mandouri (Marruecos), Josef Mindas (Eslovaquia), Kim Pingoud (Finlandia), John Raison (Australia), Vladimir Savchenko (Belarús), Dieter Schöne (Naciones Unidas-FAO), Risto Sievanen (Finlandia), Kenneth Skog (Estados Unidos), Keith Smith (Reino Unido), y Deying Xu (China)

Autores colaboradores

Mark Bakker (Francia), Martial Bernoux (Francia/Brasil), Jagtar Bhatti (Canadá), Rich Conant (Estados Unidos), Mark Harmon (Estados Unidos), Yasuhiko Hirakawa (Japón), Toshiro Iehara (Japón), Moriyoshi Ishizuka (Japón), Esteban Jobbagy (Argentina), Jukka Laine (Finlandia), Marna van der Merwe (Sudáfrica), Indu K. Murthy (India), David Nowak (Estados Unidos), Steve Ogle (Estados Unidos), P. Sudha (India), Bob Scholes (Sudáfrica), y Xiaoquan Zhang (China)

Editores revisores

Sergio González-Martineaux (Chile), Anke Herold (Alemania), y Audun Rosland (Noruega)

Índice

3.1 INTRODUCCIÓN 3.11

3.1.1 Etapas del inventario y de la presentación de informes ... 3.11

3.1.2 Relaciones entre el presente capítulo y las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* ... 3.11

3.1.2.1 Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa ... 3.13

3.1.2.2 Conversión de bosques y praderas ... 3.13

3.1.2.3 Abandono de tierras agrícolas, pastos u otras tierras gestionadas ... 3.13

3.1.2.4 Emisiones y absorciones de CO_2 de los suelos ... 3.14

3.1.2.5 Otras categorías de notificación y casos específicos ... 3.14

3.1.3 Definiciones de depósitos de carbono ... 3.14

3.1.4 Métodos generales ... 3.15

3.1.5 Niveles metodológicos ... 3.17

3.1.6 Elección del método ... 3.17

3.1.7 Notificación ... 3.21

3.1.8 Zonas climáticas genéricas ... 3.21

3.2 TIERRAS FORESTALES 3.23

3.2.1 Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales ... 3.23

3.2.1.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva ... 3.24

3.2.1.2 Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta ... 3.33

3.2.1.3 Variación de las reservas de carbono en el suelo ... 3.39

3.2.1.4 Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 3.47

3.2.2 Tierras convertidas en tierras forestales ... 3.53

3.2.2.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva ... 3.54

3.2.2.2 Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta ... 3.59

3.2.2.3 Variación de las reservas de carbono en el suelo ... 3.63

3.2.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 3.69

3.2.3 Exhaustividad ... 3.70

3.2.4 Elaboración de una serie temporal coherente ... 3.70

3.2.5 Presentación de informes y documentación ... 3.71

3.2.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios ... 3.72

3.3 TIERRAS AGRÍCOLAS 3.74

3.3.1 Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas ... 3.74

3.3.1.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva ... 3.75

3.3.1.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo ... 3.79

3.3.1.3 Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 3.89

3.3.2 Tierras convertidas en tierras agrícolas ... 3.89
3.3.2.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva ... 3.90
3.3.2.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo ... 3.97
3.3.2.3 Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 3.101
3.3.3 Exhaustividad ... 3.103
3.3.4 Elaboración de una serie temporal coherente ... 3.103
3.3.5 Presentación de informes y documentación ... 3.104
3.3.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios ... 3.104
3.3.7 Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales, en tierras agrícolas (véase el Cuadro 3.3.4) ... 3.105

3.4 PRADERAS 3.112
3.4.1 Praderas que siguen siendo praderas ... 3.112
3.4.1.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva ... 3.113
3.4.1.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo ... 3.119
3.4.1.3 Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 3.129
3.4.2 Tierras convertidas en praderas ... 3.129
3.4.2.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa ... 3.130
3.4.2.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo ... 3.136
3.4.2.3 Gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 3.140
3.4.3 Exhaustividad ... 3.141
3.4.4 Elaboración de una serie temporal coherente ... 3.142
3.4.5 Presentación de informes y documentación ... 3.142
3.4.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) del inventario ... 3.142
3.4.7 Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP sobre la gestión de praderas ... 3.143

3.5 HUMEDALES 3.146
3.5.1 Humedales que siguen siendo humedales ... 3.146
3.5.2 Tierras convertidas en humedales ... 3.146
3.5.2.1 Variación de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba ... 3.147
3.5.2.2 Variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras anegadas (embalses) ... 3.151
3.5.3 Exhaustividad ... 3.152
3.5.4 Elaboración de una serie temporal coherente ... 3.152
3.5.5 Presentación de informes y documentación ... 3.152
3.5.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios ... 3.153

3.6 ASENTAMIENTOS 3.154
3.6.1 Asentamientos que siguen siendo asentamientos ... 3.154
3.6.2 Tierras convertidas en asentamientos ... 3.154

3.7 OTRAS TIERRAS 3.156

3.7.1 Otras tierras que siguen siendo otras tierras 3.156

3.7.2 Tierras convertidas en otras tierras 3.156

3.7.2.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva 3.156

3.7.2.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo 3.159

3.7.3 Exhaustividad 3.160

3.7.4 Elaboración de una serie temporal coherente 3.160

3.7.5 Presentación de informes y documentación 3.161

3.7.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) 3.161

Anexo 3A.1 Cuadros de valores por defecto de la biomasa para la Sección 3.2, Tierras forestales **3.162**

Anexo 3A.2 Cuadros de notificación y hojas de trabajo **3.197**

Apéndice 3a.1 Productos de madera recolectada: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro **3.266**

Apéndice 3a.2 Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes del drenaje y de la rehumidificación de los suelos forestales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro **3.284**

Apéndice 3a.3 Humedales que siguen siendo humedales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro **3.288**

Apéndice 3a.4 Asentamientos: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro **3.308**

Referencias 3.314

Ecuaciones

Ecuación 3.1.1 Variación anual de las reservas de carbono en un depósito dado, en función de las ganancias y de las pérdidas 3.16

Ecuación 3.1.2 Variación anual de las reservas de carbono en un depósito dado 3.16

Ecuación 3.2.1 Emisiones o absorciones anuales en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales 3.23

Ecuación 3.2.2 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (método por defecto) 3.24

Ecuación 3.2.3 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (método de variación de reservas) 3.24

Ecuación 3.2.4 Incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales 3.26

Ecuación 3.2.5 Incremento anual medio de biomasa 3.26

Ecuación 3.2.6 Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales 3.27

Ecuación 3.2.7 Pérdida anual de carbono debida a talas comerciales 3.27

Ecuación 3.2.8 Pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña 3.27

Ecuación 3.2.9 Otras pérdidas anuales de carbono 3.28

Ecuación 3.2.10 Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales 3.33

Ecuación 3.2.11 Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (Opción 1) 3.34

Ecuación 3.2.12 Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (Opción 2) 3.35

Ecuación 3.2.13 Variación anual de las reservas de carbono en detritus en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales 3.36

Ecuación 3.2.14 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales 3.42

Ecuación 3.2.15 Emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales orgánicos drenados 3.43

Ecuación 3.2.16 Contenido de carbono orgánico del suelo 3.45

Ecuación 3.2.17 Emisiones directas de N_2O procedentes de bosques gestionados 3.48

Ecuación 3.2.18 Emisiones directas de N_2O procedentes de la fertilización de bosques 3.48

Ecuación 3.2.19 Estimación de las emisiones de gases distintos del CO_2 a partir del C liberado 3.52

Ecuación 3.2.20 Estimación de los GEI liberados directamente en incendios 3.52

Ecuación 3.2.21 Variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras forestales 3.53

Ecuación 3.2.22 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales (Nivel 1) 3.54

Ecuación 3.2.23 Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en tierras convertidas en tierras forestales 3.54

Ecuación 3.2.24 Disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas en tierras convertidas en tierras forestales 3.55

Ecuación 3.2.25 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales (Nivel 2) 3.55

Ecuación 3.2.26 Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas anualmente en tierras forestales 3.56

Ecuación 3.2.27 Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales 3.60

Ecuación 3.2.28 Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta, en tierras convertidas en tierras forestales 3.60

Ecuación 3.2.29 Variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales 3.61

Ecuación 3.2.30 Variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales 3.61

Ecuación 3.2.31 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en tierras convertidas en tierras forestales 3.66

Ecuación 3.2.32 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales durante una forestación 3.67

Ecuación 3.2.33 Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales 3.67

Ecuación 3.3.1 Variación anual de las reservas de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas 3.75

Ecuación 3.3.2 Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas 3.80

Ecuación 3.3.3 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para un solo sistema de tierras agrícolas 3.80

Ecuación 3.3.4 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas 3.84

Ecuación 3.3.5 Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas 3.85

Ecuación 3.3.6 Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas 3.86

Ecuación 3.3.7 Variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas 3.90

Ecuación 3.3.8 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas 3.92

Ecuación 3.3.9 Variación de las reservas de carbono por eliminación de la biomasa en una conversión de uso de la tierra 3.93

Ecuación 3.3.10 Pérdidas de carbono por quema de biomasa, en el lugar y fuera del lugar 3.93

Ecuación 3.3.11 Pérdidas de carbono procedentes de la descomposición de la biomasa 3.94

Ecuación 3.3.12 Variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras agrícolas 3.97

Ecuación 3.3.13 Emisiones anuales totales de N_2O procedentes de suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas 3.101

Ecuación 3.3.14 Emisiones de N_2O resultantes de la alteración asociada a la conversión de tierras forestales, praderas u otro tipo de tierras en tierras agrícolas 3.102

Ecuación 3.3.15 Nitrógeno anual liberado por mineralización neta de la materia orgánica del suelo como consecuencia de la alteración (basado en el C mineralizado del suelo) 3.102

Ecuación 3.4.1 Variación anual de las reservas de carbono en praderas que siguen siendo praderas 3.113

Ecuación 3.4.2 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas 3.114

Ecuación 3.4.3 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas 3.114

Ecuación 3.4.4 Variación anual en la biomasa viva (metodología basada en las tasas) 3.115

Ecuación 3.4.5 Variación anual en la biomasa viva (metodología basada en las diferencias) 3.115

Ecuación 3.4.6 Biomasa total 3.116

Ecuación 3.4.7 Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en praderas que siguen siendo praderas 3.119

Ecuación 3.4.8 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para un solo sistema de pradera 3.120

Ecuación 3.4.9 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en la totalidad de praderas que siguen siendo praderas..... 3.121

Ecuación 3.4.10 Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados en praderas que siguen siendo praderas..... 3.122

Ecuación 3.4.11 Emisiones de carbono anuales procedentes del encalado con fines agrícolas 3.123

Ecuación 3.4.12 Variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas 3.130

Ecuación 3.4.13 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas 3.132

Ecuación 3.4.14 Variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de biomasa durante la conversión del uso de la tierra 3.133

Ecuación 3.4.15 Pérdidas de carbono por quema de biomasa, en el lugar y fuera del lugar 3.133

Ecuación 3.4.16 Pérdidas de carbono por descomposición de la biomasa 3.133

Ecuación 3.4.17 Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas (TP) 3.136

Ecuación 3.5.1 Variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en humedales..... 3.147

Ecuación 3.5.2 Variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba 3.148

Ecuación 3.5.3 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba..... 3.148

Ecuación 3.5.4 Variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas para la extracción de turba..... 3.149

Ecuación 3.5.5 Variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto del drenaje de suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba 3.149

Ecuación 3.5.6 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras anegadas 3.151

Ecuación 3.6.1 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras forestales convertidas en asentamientos 3.154

Ecuación 3.7.1 Variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en “Otras tierras”..... 3.156

Ecuación 3.7.2 Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en tierras convertidas en “Otras tierras”..... 3.157

Ecuación 3.7.3 Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en tierras convertidas en “Otras tierras”..... 3.159

Figuras

Figura 3.1.1 Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se mantienen en la misma categoría de uso (en el ejemplo, tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, TFTF) 3.19

Figura 3.1.2 Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se convierten en otra categoría de uso (ejemplo: tierras convertidas en tierras forestales, TFTF) 3.20

Figura 3.1.3 Delimitación de las principales zonas climáticas, actualizadas con respecto a las *Directrices del IPCC* 3.22

Figura 3.2.1 Dos valores de carbono orgánico del suelo promediados en el tiempo correspondientes a diferentes combinaciones de suelos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración.. ..... 3.41

Cuadros

Cuadro 3.1.1 Correspondencias entre las secciones del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC* de 1996 y las secciones del Capítulo 3 de la presente orientación 3.12

Cuadro 3.1.2 Definiciones de depósitos terrestres utilizadas en el Capítulo 3 ..... 3.15

Cuadro 3.1.3 Subcategorías de una sección de uso de la tierra dada 3.21

Cuadro 3.2.1 Valores por defecto actualizados de las reservas de carbono en detritus (en toneladas de C ha^{-1}) y de los períodos de transición (en años) 3.37

Cuadro 3.2.2 Valores por defecto actualizados de las tasas de mortalidad natural, de las reservas de madera muerta, y de la relación unidades vivas/unidades muertas 3.38

Cuadro 3.2.3 Valores por defecto del factor de emisión de carbono en forma de CO_2 para suelos orgánicos drenados en bosques gestionados 3.44

Cuadro 3.2.4 Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{Ref}) 3.45

Cuadro 3.2.5 Fuentes de incertidumbre en la estimación de las emisiones/absorciones de CO_2 en suelos forestales y en depósitos de materia orgánica muerta 3.65

Cuadro 3.3.1 Descripción por niveles de las subcategorías de tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas 3.75

Cuadro 3.3.2 Coeficientes por defecto para la biomasa boscosa sobre el suelo y los ciclos de recolección en sistemas de cultivo que contienen especies perennes 3.76

Cuadro 3.3.3 Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{Ref}) 3.82

Cuadro 3.3.4 Factores relativos de variación de reservas (F_{UT}, F_{RG} y F_E) (más de 20 años) para diferentes actividades de gestión en tierras agrícolas 3.83

Cuadro 3.3.5 Factores de emisión (FE) anuales para suelos orgánicos cultivados 3.85

Cuadro 3.3.6 Descripción por niveles de las subcategorías de tierras convertidas en tierras agrícolas (TTA) 3.91

Cuadro 3.3.7 Valores por defecto de las reservas de carbono en la biomasa eliminadas por conversión de tierras en tierras agrícolas 3.95

Cuadro 3.3.8 Valores por defecto de las reservas de carbono presentes en la biomasa de tierras convertidas en tierras agrícolas en el año siguiente a la conversión 3.95

Cuadro 3.3.9 Factores de variación relativa de las reservas en el suelo (F_{UT}, F_{RG} y F_E) para tierras convertidas en tierras agrícolas 3.100

Cuadro 3.4.1 Descripción por niveles de las subcategorías de praderas que siguen siendo praderas 3.113

Cuadro 3.4.2 Estimaciones por defecto de la biomasa en pie en praderas (en forma de materia seca) y de la producción primaria neta sobre el suelo, clasificadas por zonas climáticas del IPCC 3.117

Cuadro 3.4.3 Factores de expansión por defecto (relaciones raíz-vástago [R:V]) para los principales ecosistemas de sabana/pastizales del mundo 3.118

Cuadro 3.4.4 Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm) 3.126

Cuadro 3.4.5 Factores de variación relativa de las reservas para la gestión de las praderas [véanse en la Sección 3.4.7 los métodos utilizados para estimar los factores de variación de las reservas] 3.127

Cuadro 3.4.6 Factores de emisión (FE) anuales para los suelos orgánicos en praderas gestionadas 3.127

Cuadro 3.4.7 Descripción por niveles de las subcategorías de tierras convertidas en praderas 3.131

Cuadro 3.4.8 Valores por defecto de las reservas de carbono de la biomasa absorbidas por efecto de la conversión de tierras en praderas 3.134

Cuadro 3.4.9 Valores por defecto de las reservas de carbono en la biomasa presentes en tierras convertidas en praderas 3.135

Cuadro 3.4.10 Factores relativos de variación de las reservas en el suelo para la conversión de tierras en praderas 3.139

Cuadro 3.5.1 Secciones y apéndices
Referencias sobre las principales emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de humedales gestionados 3.146

Cuadro 3.5.2 Factores de emisión e incertidumbre asociada en suelos orgánicos después del drenaje 3.150

Recuadros

Recuadro 3.1.1 Estructura de niveles metodológicos en la Orientación sobre las buenas prácticas 3.17

Recuadro 3.2.1 Suelos orgánicos, turberas y humedales 3.40

Recuadro 3.3.1 *Buena práctica* para la obtención de factores de emisión específicos del país 3.103

3.1 INTRODUCCIÓN

El Capítulo 3 contiene orientaciones para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 y de gases distintos del CO_2 en el sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), que abarcan el Capítulo 5 de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (*Directrices del IPCC*).

El presente capítulo aporta dos importantes mejoras:

i) introduce tres niveles metodológicos jerárquicos, que abarcan desde la utilización de datos por defecto y de ecuaciones simples hasta la utilización de datos y modelos específicos del país para adaptarse a las circunstancias nacionales. Si se aplica adecuadamente, esta estructura de niveles metodológicos reduce sucesivamente la incertidumbre y mejora la exactitud;

ii) utiliza las categorías de uso de la tierra (del Capítulo 2) para organizar las metodologías y para facilitar: a) la transparencia en los informes; b) la asociación de los depósitos de carbono sobre el suelo y bajo el suelo (en los niveles superiores) permitiendo, al mismo tiempo, establecer comparaciones con los informes relativos a las *Directrices del IPCC*.

Las metodologías expuestas en la presente orientación están organizadas por categorías de uso de la tierra (seis secciones), por depósitos aproximados de carbono y de gases distintos del CO_2 y por niveles metodológicos, y son coherentes con los restantes capítulos.

3.1.1 Etapas del inventario y de la presentación de informes

Se indica a continuación la secuencia general de etapas a seguir para inventariar y notificar las emisiones y absorciones. Sería una *buena práctica* que los países se atuvieran a esas etapas y a las indicadas en cada sección del presente capítulo para estimar las emisiones y absorciones:

i) basándose en los tres procedimientos de representación de zonas del Capítulo 2, hacer una estimación de las superficies de tierra para cada categoría de uso de la tierra en el período de tiempo deseado;

ii) realizar una evaluación por categorías esenciales en relación con el sector de UTCUTS ateniéndose a las orientaciones de los Capítulos 3 y 5. Para cada categoría esencial, determinar los depósitos de carbono y de gases distintos del CO_2 que se consideran importantes, y asignarles prioridades en términos de metodologías preferibles;

iii) asegurarse de que los factores de emisión y de absorción y los datos de actividad necesarios corresponden al nivel apropiado;

iv) cuantificar las emisiones y absorciones, y estimar la incertidumbre de cada estimación, con arreglo al Capítulo 5 y a los datos específicos del sector indicados en dicho capítulo;

v) mediante los cuadros de notificación, comunicar los valores estimados de emisión y de absorción. Cuando proceda, se utilizarán las hojas de trabajo (véase el Anexo 3A.2);

vi) documentar y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones de las emisiones y absorciones a nivel nacional, con arreglo a instrucciones específicas para cada categoría de uso de la tierra, depósito de carbono, fuente de gases distintos del CO_2, y cambio de uso de la tierra;

vii) efectuar comprobaciones de control de la calidad, y verificar y revisar por otros expertos las estimaciones de las emisiones, con arreglo a orientaciones específicas para cada categoría de uso de la tierra, depósito, o gas distinto del CO_2 (véase también el Capítulo 5, que contiene orientaciones generales).

3.1.2 Relaciones entre el presente capítulo y las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC*

El Capítulo 3 está dividido en seis secciones, que corresponden a las distintas categorías de uso de la tierra; cada sección se divide a su vez en dos subsecciones, en función de la situación y del historial reciente de cada uso de las tierras.

- La primera subsección se refiere a las tierras que, desde el comienzo hasta el final de un período de inventario, están destinadas a un mismo uso.
- La segunda subsección se refiere a las conversiones de tierras para destinarlas al uso contemplado en la sección.

En el Cuadro 3.1.1 se indican las secciones y subsecciones del presente capítulo y sus relaciones con las *Directrices del IPCC*. Se sientan con ello las bases para una comparación que se describirá en detalle más adelante.

CUADRO 3.1.1
CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS SECCIONES DEL CAPÍTULO 5 DE LAS *DIRECTRICES DEL IPCC* DE 1996 Y LAS SECCIONES DEL CAPÍTULO 3 DE LA PRESENTE ORIENTACIÓN

Uso de la tierra en el período inicial	Uso de la tierra en el año de notificación (año en curso)	Subsección del Capítulo 3[1]	*Directrices del IPCC* [2]
Tierras forestales	Tierras forestales	3.2.1	5 A
Tierras agrícolas	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Praderas	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Humedales	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Asentamientos	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Otras tierras	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	3.3.1	5 A, 5 D
Tierras forestales	Tierras agrícolas	**3.3.2**	5 B, 5 D
Praderas	Tierras agrícolas	**3.3.2**	5 B, 5 D
Humedales	Tierras agrícolas	3.3.2	5 D
Asentamientos	Tierras agrícolas	3.3.2.	5 D
Otras tierras	Tierras agrícolas	3.3.2.	5 D
Praderas	Praderas	3.4.1	5 A, 5 D
Tierras forestales	Praderas	**3.4.2**	5 B, 5 D
Tierras agrícolas	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Humedales	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Asentamientos	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Otras tierras	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Humedales	Humedales	3.5.1	5 A, 5 E
Tierras forestales	Humedales	**3.5.2**	5 B
Tierras agrícolas	Humedales	3.5.2	5 E
Praderas	Humedales	**3.5.2**	5 B
Asentamientos	Humedales	3.5.2	5 E
Otras tierras	Humedales	3.5.2	5 E
Asentamientos	Asentamientos	3.6.1	5 A
Tierras forestales	Asentamientos	**3.6.2**	5 B
Tierras agrícolas	Asentamientos	3.6.2	5 E
Praderas	Asentamientos	**3.6.2**	5 B
Humedales	Asentamientos	3.6.2	5 E
Otras tierras	Asentamientos	3.6.2	5 E
Otras tierras	Otras tierras	3.7.1	5 A
Tierras forestales	Otras tierras	**3.7.2**	5 B
Tierras agrícolas	Otras tierras	3.7.2	5 E
Praderas	Otras tierras	**3.7.2**	5 B
Humedales	Otras tierras	3.7.2	5 E
Asentamientos	Otras tierras	3.7.2	5 E

[1] Incluye suelos y biomasa; los datos en negritas representan la "conversión de bosques y de praderas" de las *Directrices del IPCC*.

[2] Las *Directrices del IPCC* abarcan las categorías siguientes: 5 A Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa; 5 B Conversión de bosques y praderas; 5 C Abandono de tierras gestionadas; 5 D Emisiones y absorciones en el suelo; y 5 E Otras (Reporting Instructions, págs. 1.14 a 1.16)

3.1.2.1 VARIACIONES DE LAS RESERVAS EN LOS BOSQUES Y EN OTRA BIOMASA BOSCOSA

Al igual que en las *Directrices del IPCC*, en la *Orientación sobre las buenas prácticas* se aborda el tema de los bosques gestionados, que pueden definirse como sigue:

> *La gestión forestal es el proceso de planificación y aplicación de prácticas de cuidado y uso de los bosques para la realización de funciones ecológicas, económicas y sociales de orden forestal... Un bosque gestionado es un bosque sometido a gestión forestal*[1]

Esta definición implica que los bosques gestionados están sujetos a intervenciones humanas periódicas o continuas, y a todo tipo de prácticas de gestión, desde la producción comercial de madera hasta la protección para fines no comerciales. En la Sección 3.2.1 se examina el tema de las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. La gestión y conversión de bosques se aborda en la Sección 3.2.2, Tierras convertidas en tierras forestales.

En la sección sobre tierras forestales se ofrecen orientaciones con respecto a todos los depósitos de carbono y gases distintos del CO_2, a excepción de los productos de madera recolectada (PMR). Las *Directrices del IPCC* contienen referencias al tratamiento de los PMR, y los países que deseen estimar las variaciones del carbono almacenado en el depósito de productos de madera recolectada encontrarán sugerencias metodológicas en el Apéndice 3a.1. En las *Directrices del IPCC* se examina sucintamente el tema "Otras reservas de biomasa boscosa", referente por ejemplo a la biomasa perenne de las tierras de cultivo y de pastoreo, así como a los árboles de las zonas urbanas. En la *Orientación sobre las buenas prácticas*, esto se explica en las secciones sobre "Variaciones de los depósitos de carbono en la biomasa". Las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa boscosa perenne se aborda en las correspondientes secciones sobre biomasa para cada categoría de uso de la tierra. Los árboles urbanos son el tema de la Sección 3.6 y del Apéndice 3a.4.

3.1.2.2 CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

En las *Directrices del IPCC*, la sección sobre conversión de bosques y praderas versa sobre la conversión de los bosques y praderas naturales para destinarlos a otros usos de la tierra, como el cultivo. Mediante la tala de los bosques, las tierras que éstos ocupan pueden convertirse para muchos otros usos, aunque una de las finalidades más habituales es su conversión en pastos y tierras de cultivo, que constituía el tema principal de las *Directrices del IPCC*, con especial atención a la variación del carbono en los depósitos de biomasa. En la presente Orientación se examina de manera sistemática la conversión del uso de las tierras, clasificada por usos finales. En cada sección se ofrecen orientaciones bajo el epígrafe "Tierras convertidas en otras categorías de uso de la tierra", y por separado para la variación de todos los depósitos de carbono.

Puede obtenerse una estimación resumida de la conversión de bosques o praderas para destinarlos a otros usos sumando las distintas conversiones de esas categorías en usos pertenecientes a otra categoría. Para las emisiones y absorciones de CO_2 vinculadas a la conversión de bosques, ese total puede obtenerse sumando las Ecuaciones 3.3.7, 3.4.12, 3.5.1, 3.6.1, y 3.7.1, correspondientes a la conversión de tierras forestales en cada una de las categorías. De modo semejante, para la conversión de praderas el total puede obtenerse sumando esas mismas ecuaciones respecto de la conversión de praderas. Es una *buena práctica* estimar y notificar por separado la suma de todas las conversiones de tierras forestales (deforestación) y de las conversiones de praderas para otros usos finales de la tierra. Con tal fin, en el Anexo 3A.2 se incluye un cuadro de notificación (Cuadro 3A.2.1B).

3.1.2.3 ABANDONO DE TIERRAS AGRÍCOLAS, PASTOS U OTRAS TIERRAS GESTIONADAS

Las *Directrices del IPCC* se ocupan principalmente de las tierras que reacumulan carbono en la biomasa a medida que retornan a un estado cuasinatural tras su abandono o reforestación activa. Sin embargo, las tierras pueden también mantenerse constantes o seguir degradándose en términos de reacumulación de carbono.

Las tierras agrícolas y las praderas pueden ser abandonadas o convertidos activamente para diversos usos de la tierra, afectando con ello a la variación neta del carbono de la biomasa. Por ello, las orientaciones para estimar las variaciones en la biomasa están referidas a diversos lugares, en función del tipo de uso a que se destinen las tierras. Las diversos tipos de transición de uso de la tierra pueden agregarse para obtener una evaluación totalizada de la variación del carbono como consecuencia del abandono de tierras de cultivo, pastos u otras tierras gestionadas, como se indica en el Cuadro 3.1.1.

---

[1] Actas de la reunión de expertos sobre la armonización de definiciones relacionadas con los bosques, Roma, septiembre de 2002 (FAO, 2003).

3.1.2.4 EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 DE LOS SUELOS

En las *Directrices del IPCC* este tema se subdivide en: a) Cultivo de suelos minerales; b) Cultivo de suelos orgánicos; y c) Encalado de suelos agrícolas. En este capítulo, cada sección sobre los usos de la tierra está dedicada, por lo general, a las variaciones del carbono del suelo para un uso de la tierra cuando éste no ha cambiado o cuando las tierras han sido recientemente convertidas.

Las orientaciones para estimar la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto de las prácticas de gestión se examinan en los apartados "Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas" y "Praderas que siguen siendo praderas", ambos en la subsección titulada "Variación de las reservas de carbono en el suelo", y se ofrecen por separado para los suelos minerales y orgánicos. En las subsecciones dedicadas a la conversión se examina asimismo la variación de las reservas de carbono en el suelo como consecuencia de la conversión de tierras en tierras agrícolas o praderas. Puede obtenerse una evaluación total de las variaciones de las reservas de carbono en el suelo por efecto del cultivo de suelos minerales sumando las variaciones de las reservas de carbono a lo largo de un período finito después de los cambios de gestión que afecten al carbono de los suelos.

El drenaje de los suelos de turbera para la creación de bosques se examina en la sección sobre "Suelos de tierras forestales". Todas las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de humedales que siguen siendo humedales figuran en el Apéndice 3a.3. El cultivo de suelos orgánicos para la extracción de turba se examina a propósito de las tierras convertidas para la extracción de turba, en la Sección 3.5.

Las orientaciones metodológicas sobre el encalado de suelos agrícolas se examinan del mismo modo que en las *Directrices del IPCC.*

3.1.2.5 OTRAS CATEGORÍAS DE NOTIFICACIÓN Y CASOS ESPECÍFICOS

En las *Directrices del IPCC* se exponen sucintamente cuestiones generales y modalidades metodológicas en relación con otras categorías. Las cuestiones suelen ser complejas, y cuando se prepararon las *Directrices del IPCC* no se disponía de metodologías comúnmente acordadas. En este capítulo se examinan con mayor detalle algunas de esas categorías. En el epígrafe "Otras categorías posibles" se incluyen explícitamente en las *Directrices del IPCC* la biomasa bajo el suelo, las perturbaciones naturales (incluidos los incendios), los cambios de cultivo, y el anegamiento y drenado de humedales. La información para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 y las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de humedales gestionados (incluidas las turberas y las tierras anegadas), así como de asentamientos que lo siguen siendo, se incluye en los Apéndices 3a.3 y 3a.4, respectivamente, ya que los métodos y los datos disponibles acerca de esos tipos de uso de la tierra son preliminares. En la sección sobre las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa forestal (Secciones 3.2.1.1 y 3.2.2.1) se indican explícitamente métodos para estimar la biomasa bajo el suelo, y en otras secciones se indican también posibles maneras de incluir la biomasa bajo el suelo en los usos de tierras no forestales. Las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes del drenado y la rehumidificación de suelos forestales se examinan en el Apéndice 3a.2.

La *Orientación sobre las buenas prácticas* no altera los supuestos básicos por defecto en virtud de los cuales los cambios de uso de la tierra producen un efecto lineal en la materia orgánica del suelo durante 20 años antes de alcanzar un nuevo equilibrio (Nivel 1), con posibles sucesiones de períodos de 20 años para tener en cuenta las constantes de tiempo más prolongadas en las zonas templada y boreal. Ello significa que, cuando cambie el uso de una extensión de tierra, se examinará su evolución en ese nuevo estado durante 20 años, notificando cada año 1/20 de sus efectos sobre el CO_2 y sobre los gases distintos del CO_2. Los modelos del Nivel 3 pueden basarse en supuestos diferentes. Las tierras se notificarán como adscritas a cierta categoría de conversión durante 20 años, para posteriormente trasladarlas a una "categoría de estado constante", a menos que haya un nuevo cambio.

Las perturbaciones naturales (por ejemplo, tormentas, incendios, insectos, aunque sólo en tierras gestionadas) se incluyen en la medida en que afecten al CO_2 y a los gases distintos del CO_2. Cuando una perturbación natural en tierras no gestionadas vaya seguida de un cambio de uso de la tierra, habrá que notificar los efectos de tal perturbación sobre el CO_2 y sobre los gases distintos de CO_2.

3.1.3 Definiciones de depósitos de carbono

Las metodologías indicadas en el presente informe están organizadas en primer lugar por categorías de uso de la tierra, tal como se ha indicado, y en segundo lugar por depósitos aproximados. En el Cuadro 3.1.2 se ofrece una representación genérica de tales depósitos para un ecosistema terrestre. Cada uno de esos depósitos se examina en las *Directrices del IPCC*, aunque en algunos casos las orientaciones ofrecidas son mínimas.

CUADRO 3.1.2 DEFINICIONES DE DEPÓSITOS TERRESTRES UTILIZADAS EN EL CAPÍTULO 3		
Depósito[2]		**Descripción (véanse también las notas en cursiva al final del cuadro)**
Biomasa viva	Biomasa sobre el suelo	Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, con inclusión de tallos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje. Nota: Cuando el sotobosque es un componente relativamente pequeño del depósito de carbono de biomasa sobre el suelo se puede excluir de las metodologías y datos asociados utilizados en algunos niveles, siempre y cuando los niveles se utilicen de manera coherente en todas las series cronológicas de inventarios, según se específica en el Capítulo 5.
	Biomasa bajo el suelo	Toda la biomasa viva de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de (sugerido) 2mm de diámetro porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo.
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Comprende toda la biomasa boscosa no viva no contenida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en el suelo. La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones de 10 cm de diámetro o más o de cualquier otro diámetro utilizado por el país.
	Mantillo	Comprende toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo elegido por el país (por ejemplo, 10 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de detritus, fúmica y húmica. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen en el mantillo cuando no se pueden distinguir empíricamente de él.
Suelos	Madera orgánica del suelo	Comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad especificada elegida por el país y aplicada coherentemente mediante las series cronológicas. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella.
Nota: Las circunstancias de cada país pueden obligar a modificar ligeramente las definiciones de depósito aquí utilizadas. Cuando se utilicen definiciones modificadas, es una buena práctica notificarlas claramente, para asegurarse de que las definiciones modificadas se utilizan de manera coherente a lo largo del tiempo, y para demostrar que los depósitos no son omitidos ni objeto de doble cómputo.		

3.1.4 Métodos generales

El Capítulo 3 utiliza las mismas líneas metodológicas básicas que las *Directrices del IPCC*. Como se indica en las *Directrices del IPCC*:

> *La metodología está fundamentada en dos ideas mutuamente vinculadas: i) se presupone que el flujo de CO_2 hacia la atmósfera o desde ella es igual a la variación de las reservas de carbono en la biomasa y el suelo existentes, y ii) es posible estimar la variación de las reservas de carbono estableciendo en primer lugar las tasas de cambio de uso de la tierra y la práctica utilizada para llevar a efecto ese cambio (por ejemplo, quema, corta, tala selectiva, etc.). En segundo lugar, se utilizan supuestos o datos simples sobre su efecto en las reservas de carbono y la respuesta biológica a un uso de la tierra dado.*

La variante de primer orden precedentemente descrita constituye el fundamento de las metodologías básicas expuestas en el presente capítulo para calcular la variación de los depósitos de carbono. El método puede generalizarse y aplicarse a todos los depósitos de carbono (es decir, a la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, a la madera muerta, a los detritus y a los suelos), convenientemente subdivididos para reflejar las diferencias entre ecosistemas, zonas climáticas y prácticas de gestión. La Ecuación 3.1.1 ilustra la línea metodológica general para estimar la variación de las reservas de carbono, basándose en las tasas de pérdida y de ganancia de carbono por superficie de uso.

[2] El supuesto utilizado por defecto en las *Directrices del IPCC* consiste en que el carbono absorbido de la biomasa de madera y de otros tipos de biomasa forestal se oxida en el año de la absorción. Los países pueden informar sobre sus depósitos de PMR si son capaces de documentar que las reservas de productos forestales están, de hecho, aumentando. En el Apéndice 3a.1 se ofrecen orientaciones para los países e información que podría ser de utilidad en el desarrollo futuro de metodologías, a reserva de las decisiones que adopte la CMCC.

En la mayoría de las aproximaciones de primer orden, los "datos de actividad" están expresados en términos de superficie de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra. La orientación genérica consiste en multiplicar los datos de actividad por un coeficiente de reservas de carbono o "factor de emisión", para obtener las estimaciones de la fuente o del sumidero. Se ofrecen orientaciones respecto de todos los depósitos de carbono útiles y respecto de los distintos cambios de uso de la tierra. Se abordan sistemáticamente todos y cada uno de los posibles cambios de uso de la tierra, y se indican los períodos de transición aplicables por defecto.

ECUACIÓN 3.1.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO, EN FUNCIÓN DE LAS GANANCIAS Y DE LAS PÉRDIDAS

$$\Delta C = \sum_{ijk} [S_{ijk} \bullet (C_G - C_P)_{ijk}]$$

Donde:

ΔC = variación de las reservas de carbono en el depósito, en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de tierra, en ha

ijk = corresponde al tipo de clima *i*, al tipo de bosque *j*, a la práctica de gestión *k*, etc...

C_G = tasa de ganancia de carbono, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

C_P = tasa de pérdida de carbono, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

En las *Directrices del IPCC* se ofrece un método alternativo, según el cual las reservas de carbono se miden en dos momentos diferentes para evaluar la variación de las reservas de carbono. La Ecuación 3.1.2 ilustra el planteamiento genérico utilizado para estimar la variación de las reservas de carbono por ese método. Este planteamiento se ofrece como opción en algunos casos, en el presente capítulo.

ECUACIÓN 3.1.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO

$$\Delta C = \sum_{ijk} (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)_{ijk}$$

Donde:

C_{t_1} = reservas de carbono en el depósito en el momento t_1, en toneladas de C

C_{t_2} = reservas de carbono en el depósito en el momento t_2, en toneladas de C

Aunque a nivel nacional la notificación de las fuentes y sumideros debe hacerse anualmente, ello no significa que haya que realizar todos los años un inventario de todos los depósitos a nivel nacional, ya que los inventarios pueden hacerse por ciclos de cinco a diez años y posteriormente interpolar datos. En el Capítulo 5 se ofrecen sugerencias sobre la manera de refundir fuentes de datos mediante interpolación y extrapolación.

En el capítulo sobre agricultura (Capítulo 4) de las *Directrices del IPCC* y de las partes correspondientes de la *OBP2000* se examinan varias fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO_2 procedentes del uso de la tierra. En el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* se examinan las emisiones de CH_4 y de N_2O procedentes de la quema de sabanas y de residuos agrícolas, las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de suelos agrícolas, y las emisiones de CH_4 provenientes de la producción de arroz. En el Capítulo sobre desechos de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000* se ofrecen orientaciones sobre las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la fracción de biomasa de los desechos evacuados en instalaciones de evacuación de desechos sólidos o incinerados.

En la presente *orientación sobre las buenas prácticas* se ofrece información adicional sobre la manera de aplicar y ampliar el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000* a las siguientes categorías adicionales de uso de la tierra y de cambio de uso de la tierra:

- gases distintos de CO_2 (N_2O y CH_4) procedentes de incendios forestales (Sección 3.2.1.4);
- N_2O procedente de bosques gestionados (fertilizados) (Sección 3.2.1.4);
- N_2O procedente del drenaje de suelos forestales (Apéndice 3a.2);
- N_2O y CH_4 procedentes de humedales gestionados (Apéndice 3a.3); y
- emisiones de N_2O del suelo tras una conversión de uso de la tierra (Secciones 3.3.2.3 y 3.4.2.3).

3.1.5 Niveles metodológicos

En este capítulo se ofrecen a los usuarios tres niveles metodológicos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para cada fuente. Los niveles corresponden a una progresión que va desde la

utilización de ecuaciones simples con datos por defecto hasta la utilización de datos específicos de países[3] en sistemas nacionales más complejos. En el Recuadro 3.1.1 se describen sucintamente tres niveles generales. Los niveles conllevan implícitamente una progresión de menor a mayor nivel de certidumbre en las estimaciones, en función de la complejidad metodológica, de la especificidad regional de los parámetros de los modelos, y de la resolución espacial y amplitud de los datos de actividad. Se ofrecen orientaciones completas para aplicar el Nivel 1. Con independencia del nivel que se utilice, los países deberían documentar los niveles utilizados para diversas categorías y depósitos, así como los factores de emisión y los datos de actividad utilizados para preparar la estimación. En niveles superiores podría ser necesario que los organismos encargados de los inventarios proporcionen documentación adicional en apoyo de las decisiones de utilizar metodologías más sofisticadas o parámetros definidos por los países. Por lo general, para pasar de un nivel a otro superior será necesario aumentar los recursos y dotarse de capacidad institucional y técnica.

RECUADRO 3.1.1
ESTRUCTURA DE NIVELES METODOLÓGICOS EN LA ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS

El **Nivel 1** se fundamenta en la utilización del método básico expuesto en las *Directrices del IPCC* (Libro de trabajo) y de los factores de emisión por defecto que figuran en las *Directrices del IPCC* (Libro de trabajo y Manual de referencia), actualizados en el presente capítulo. Para algunos usos de la tierra y depósitos solamente mencionados en las *Directrices del IPCC* (es decir, a los que se atribuyó por defecto un valor cero para las emisiones o absorciones), el presente informe contiene información actualizada en aquellos casos en que se dispone de nueva información científica. Las metodologías del Nivel 1 suelen utilizar datos de actividad a escala espacial gruesa, por ejemplo, estimaciones de tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, o mapas de la cubierta terrestre mundial, disponibles a nivel nacional o mundial.

El **Nivel 2** puede aplicar el mismo enfoque metodológico que el Nivel 1, pero utiliza factores de emisión y datos de actividad definidos por el país para los usos de la tierra/actividades más importantes. En el Nivel 2 es posible también aplicar metodologías de variación de reservas basadas en datos específicos del país. Los factores de emisión/datos de actividad definidos por el país son más apropiados para las regiones climáticas y sistemas de uso de la tierra de ese país. En el Nivel 2 es habitual utilizar datos de actividad de resolución superior que se correspondan con los coeficientes definidos por el país para regiones específicas y categorías de uso de la tierra especializadas.

En el **Nivel 3** se utilizan métodos de orden superior, y en particular modelos y sistemas de medición de inventario adaptados a las circunstancias de cada país, repetidos a lo largo del tiempo, basados en datos de actividad de alta resolución y desglosados a escalas entre subnacional y de retícula fina. Estos métodos de orden superior proporcionan estimaciones de mayor certidumbre que los niveles inferiores, y vinculan más estrechamente la biomasa y la dinámica del suelo. Tales sistemas pueden consistir en combinaciones, basadas en el GIS (Sistema de Información Geográfica), de datos de edad y clase/producción relacionados con los módulos de suelos, que integrarían varios tipos de vigilancia. Cuando se produce un cambio de uso de una tierra, es posible seguir la evolución de esa tierra lo largo del tiempo. En la mayoría de los casos, estos sistemas son dependientes del clima y dan lugar a estimaciones de fuente con variabilidad interanual. Los modelos deberían someterse a controles de la calidad, auditorías y validaciones.

3.1.6 Elección del método

Es una *buena práctica* utilizar métodos que proporcionen los máximos niveles de certidumbre, utilizando los recursos disponibles de la manera más eficaz posible. Para poder decidir el nivel metodológico que se desea utilizar y el sector en el que se ampliarán recursos para mejorar el inventario, se debe tener en cuenta si el uso de la tierra está conceptuado como categoría esencial, con arreglo a las indicaciones del Capítulo 5 (Sección 5.4). Las orientaciones sobre la elección de metodología están estructuradas en forma de árbol de decisiones para poder evaluar si una categoría de fuentes/sumideros es una categoría esencial y cuáles son los depósitos de esa categoría esencial que se consideran importantes. Los árboles de decisiones se aplican a un nivel de subcategoría que corresponde aproximadamente a los depósitos de carbono y a las fuentes de gases distintos de CO_2 (véase en el Cuadro 3.1.3 una lista de subcategorías). Es importante señalar que el análisis por categorías esenciales es un proceso iterativo, y que para poder realizarlo se necesitan estimaciones iniciales para cada subcategoría. En la Figura 3.1.1 se representa un árbol de decisiones genérico que permite determinar el nivel

[3] Puede ser necesario subdividir los datos específicos de países para reflejar las diferencias entre ecosistemas y calidades de los lugares, zonas climáticas y prácticas de gestión dentro de una misma categoría de tierra.

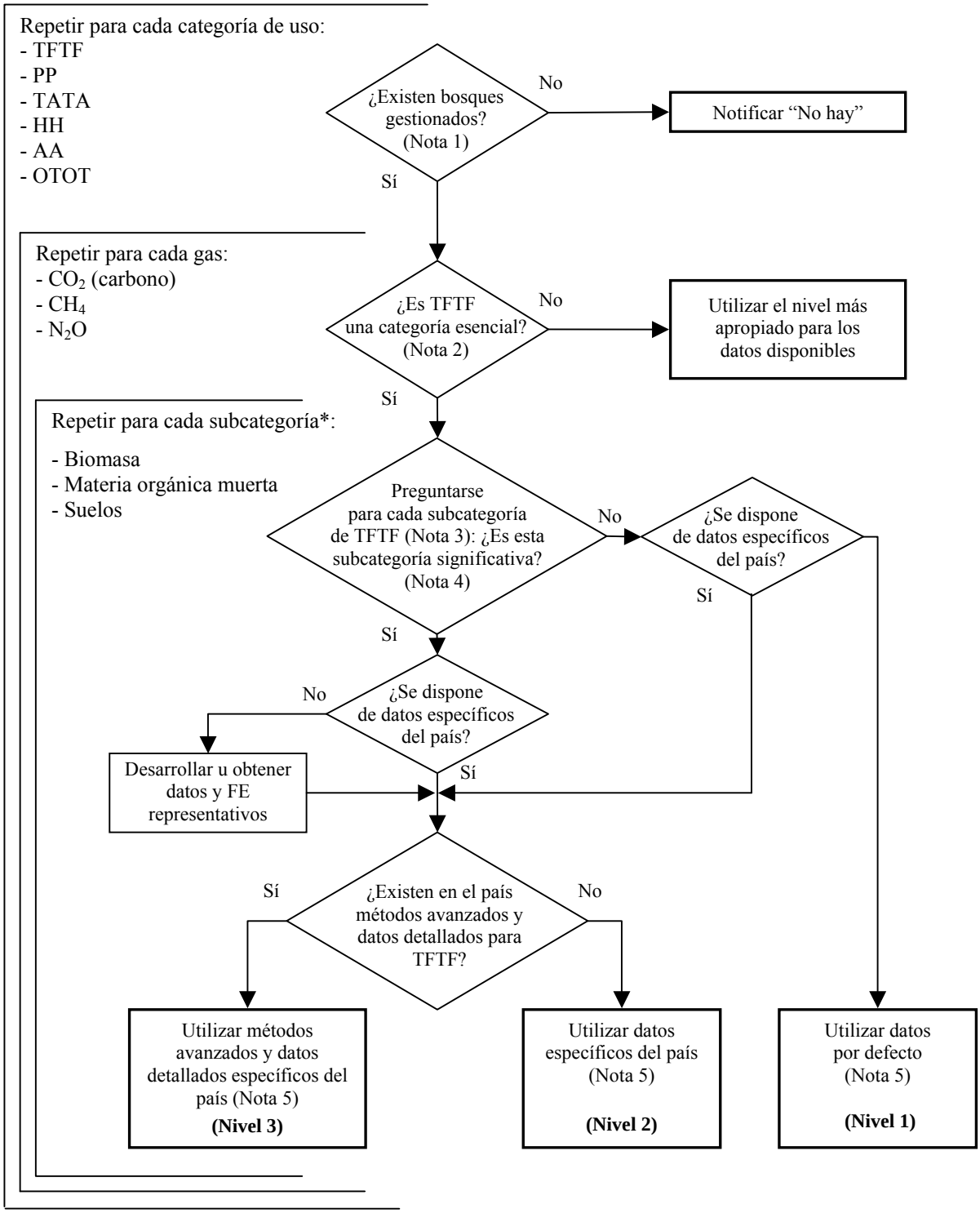
metodológico apropiado para tierras sometidas a un mismo uso desde el comienzo hasta el final de un período de inventario. Ese árbol de decisiones debe aplicarse a las subcategorías descritas en las Secciones 3.2.1, 3.3.1, 3.4.1, 3.5.1, 3.6.1, y 3.7.1. En la figura se utiliza, como ejemplo, la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. La Figura 3.1.2 es un árbol de decisiones genérico que permite determinar el nivel metodológico apropiado para tierras cuyo uso cambie durante el período de inventario, basándose en la Sección 3.2.2, Tierras convertidas en tierras forestales, a título de ejemplo. El árbol de decisiones debe aplicarse a las subcategorías descritas en las Secciones 3.2.2, 3.3.2, 3.4.2, 3.5.2, 3.6.2 y 3.7.2.

Las abreviaturas TFTF, PP, TATA, HH, AA, OTOT utilizadas en la Figura 3.1.1 denotan categorías de uso de la tierra que no experimentan ninguna conversión, mientras que las abreviaturas TFTF, TP, TTA, TH, TA, TOT de la Figura 3.1.2 denotan conversiones de tierra a las siguientes categorías de uso:

TFTF	=	tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	TTF	=	tierras convertidas en tierras forestales
PP	=	praderas que siguen siendo praderas	TP	=	tierras convertidas en praderas
TATA	=	tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	TTA	=	tierras convertidas en tierras agrícolas
HH	=	humedales que siguen siendo humedales	TH	=	tierras convertidas en humedales
AA	=	asentamientos que siguen siendo asentamientos	TA	=	tierras convertidas en asentamientos
OTOT	=	otras tierras que siguen siendo otras tierras	TOT	=	tierras convertidas en otras tierras

Estas abreviaturas se utilizan en el Capítulo 3 como subíndices de los símbolos de las ecuaciones.

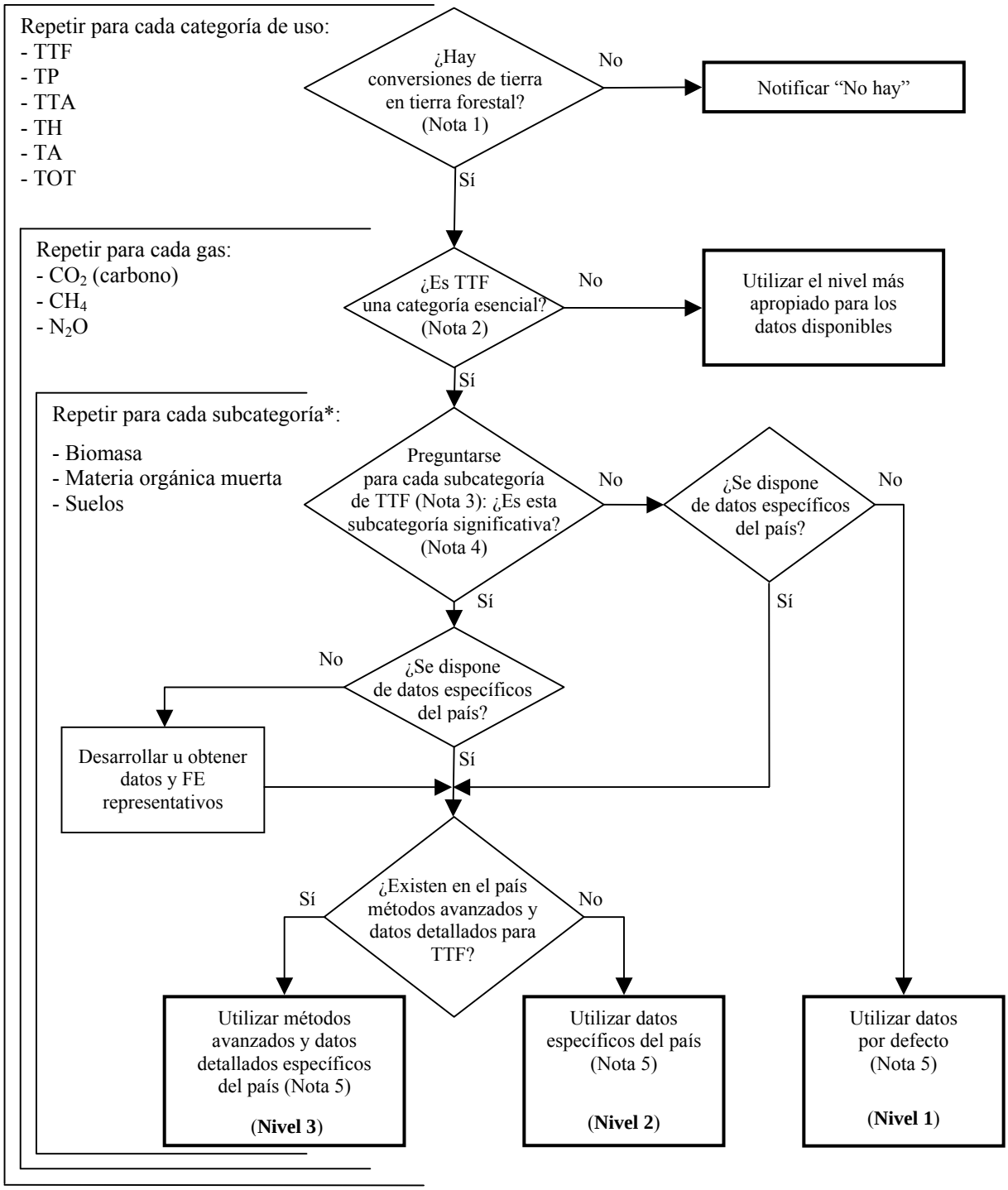
Figura 3.1.1 Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se mantienen en la misma categoría de uso (en el ejemplo, tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, TFTF)



Nota 1: La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices del IPCC*. Los países pueden utilizar períodos diferentes, atendiendo a las circunstancias nacionales.
Nota 2: El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 (Elección de la metodología: Identificación de las categorías esenciales).
Nota 3: Véase en el Cuadro 3.1.2 una caracterización de las subcategorías.
Nota 4: Una subcategoría es significativa cuando representa entre el 25% y el 30% de las emisiones/absorciones para el conjunto de la categoría.
Nota 5: Véase en el Recuadro 3.1.1 la definición de niveles metodológicos.

* Cuando un país notifique productos de madera recolectada (PMR) como depósito separado, se deben considerar como una subcategoría.

Figura 3.1.2 Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se convierten en otra categoría de uso (ejemplo: tierras convertidas en tierras forestales, TFTF)



Nota 1: La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices del IPCC*. Los países pueden utilizar períodos diferentes, atendiendo a las circunstancias nacionales.
Nota 2: El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, subsección 5.4 (Elección de metodología: Identificación de categorías esenciales).
Nota 3: Véase en el Cuadro 3.1.2 una caracterización de las subcategorías.
Nota 4: Una subcategoría es significativa cuando representa entre el 25% y el 30% de las emisiones/absorciones para el conjunto de la categoría.
Nota 5: Véase en el Recuadro 3.1.1 la definición de niveles metodológicos.

* Cuando un país notifique productos de madera recolectada (PMR) como depósito separado, se deben considerar como una subcategoría.

CUADRO 3.1.3 SUBCATEGORÍAS DE UNA SECCIÓN DE USO DE LA TIERRA DADA	
Gas	**Subcategoría**
CO_2	Biomasa viva
	Materia orgánica muerta
	Suelos
N_2O	Incendios
	Mineralización de la materia orgánica del suelo
	Aportes de nitrógeno
	Cultivo de suelos orgánicos
CH_4	Incendios

3.1.7 Notificación

Es una *buena práctica* realizar evaluaciones por categorías esenciales para cada categoría de uso de la tierra utilizando las orientaciones proporcionadas en este capítulo y en la Sección 5.4 del Capítulo 5:

- para cada categoría de uso de la tierra considerada esencial, evaluar cuáles de sus subcategorías son significativas; y
- utilizar los resultados de este análisis para determinar las categorías y subcategorías que se deben considerar prioritarias en términos de elección metodológica.

Las categorías de notificación se clasifican en gases de efecto invernadero y usos de la tierra, es decir, tierras que siguen recibiendo el mismo uso y tierras convertidas a ese uso. Las estimaciones correspondientes a una categoría vienen a ser una compilación de las distintas subcategorías. En el Cuadro 3.1.3 se indican las subcategorías de las distintas categorías de notificación. Los cuadros de notificación figuran en el Anexo 3A.2. Al compilar las estimaciones de emisiones y sumideros vinculadas al sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura con otros elementos de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, los signos (+/-) deberán utilizarse de manera coherente. En los cuadros de notificación finales, las emisiones (disminución de las reservas de carbono, emisiones de gases distintos del CO_2) son siempre positivas (+), y las absorciones (aumento de las reservas de carbono), negativas (-). Para calcular las estimaciones iniciales se utilizan en este capítulo las convenciones del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*, según las cuales los aumentos netos de las reservas de carbono son positivos (+), y las disminuciones netas son negativas (-). Al igual que en las *Directrices del IPCC*, los signos de estos valores han de ser convertidos en los cuadros de notificación finales, con objeto de mantener la coherencia con otras secciones de los informes de los inventarios nacionales.

Unidades

Las unidades de las emisiones/absorciones de CO_2 y de las emisiones de gases distintos del CO_2 se notifican en gigagramos (Gg). Para convertir toneladas de C en Gg de CO_2, se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10^{-3}. Para convertir kg de N_2O-N en Gg de N_2O, se multiplicará el valor por 44/28 y por 10^{-6}.

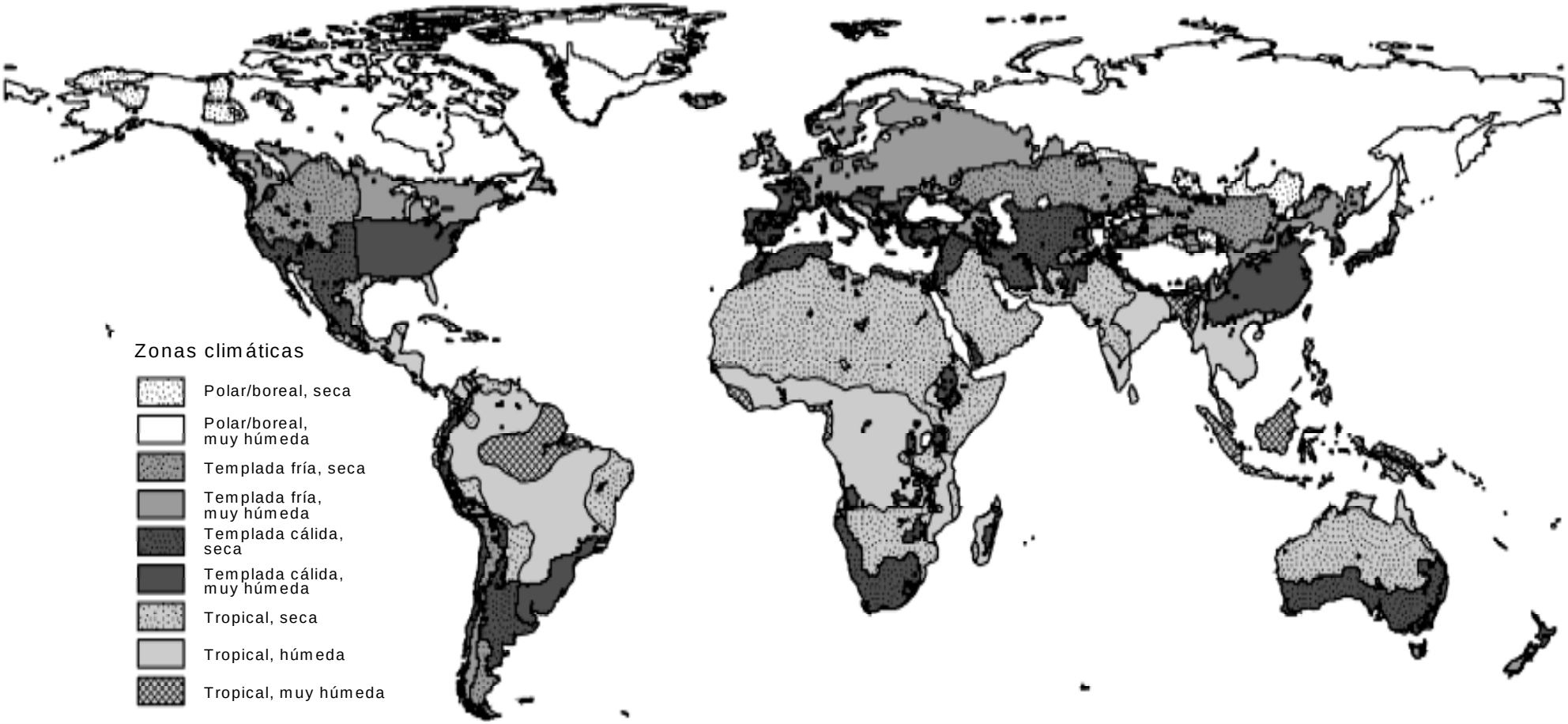
Convención

A efectos de notificación, y por coherencia con las *Directrices del IPCC*, las absorciones tendrán siempre signo negativo (-), y las emisiones, positivo (+).

3.1.8 Zonas climáticas genéricas

Algunos de los valores por defecto de este capítulo se indican por zonas climáticas. En la Figura 3.1.3 se ofrece una delimitación mundial de esas zonas. En comparación con las *Directrices del IPCC*, la figura contiene sólo la clase adicional polar/boreal.

Figura 3.1.3 Delimitación de las principales zonas climáticas, actualizadas con respecto a las *Directrices del IPCC*. Las zonas de temperatura están definidas en función de la temperatura media anual (TMA): Polar/boreal (TMA < 0 ºC), Templada fría (TMA: 0-10 ºC), Templada cálida (TMA: 10-20 ºC) y Tropical (TMA > 20 ºC). Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen mediante el cociente entre la precipitación media anual (PMA) y la evapotranspiración potencial (EP): Seca (PMA/EP < 1) y Muy húmeda (PMA/EP > 1); y, para las zonas tropicales, mediante la precipitación únicamente: Seco (PMA < 1000 mm), Húmedo (PMA: 1000-2000 mm) y muy húmedo (PMA > 2000 mm). Los datos de precipitación y temperatura han sido obtenidos de PNUMA-GRID.



http://www.grid.unep.ch/data/grid/climate.php

3.2 TIERRAS FORESTALES

Esta sección de la *Orientación* contiene métodos para estimar las variaciones de las reservas de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero asociadas a las variaciones del carbono orgánico en la biomasa y en el suelo, en tierras forestales y en tierras convertidas en tierras forestales. Está en concordancia con el enfoque adoptado en las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996* (*Directrices del IPCC*), en virtud de las cuales la variación anual de la biomasa se calcula como la diferencia entre los términos de aumento y de disminución de la biomasa. En la *Orientación*:

- se consideran los cinco depósitos de carbono identificados en la Sección 3.1;
- se vinculan los depósitos de biomasa y de carbono del suelo para una misma área de tierra en niveles metodológicos superiores;
- se incluyen las emisiones de carbono en tierras gestionadas por efecto de las pérdidas naturales causadas por incendios, vendavales, plagas y brotes de enfermedades;
- se ofrecen métodos para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

La *Orientación* debería utilizarse junto con las metodologías adoptadas para obtener datos de área coherentes, como se describe en el Capítulo 2.

La Sección 3.2 está estructurada en dos partes. En la Sección 3.2.1 se examina la metodología aplicable para estimar las variaciones de las reservas de carbono en cinco depósitos, en áreas forestales que lo han sido durante los últimos 20 años al menos[1]. En la Sección 3.2.2 se examina la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas más recientemente en bosques. En la Sección 3.2.1 se explica la utilización del árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1.6) para facilitar la elección del nivel metodológico con respecto a los depósitos de carbono y a los gases distintos del CO_2.

Como se indica en las *Directrices del IPCC*, los bosques naturales e inalterados no deberían considerarse fuentes ni sumideros antropógenos, y quedarán excluidos de la estimación del inventario nacional. Así pues, en el presente capítulo se ofrecen orientaciones para estimar y notificar las fuentes y sumideros antropógenos de gases de efecto invernadero en bosques gestionados únicamente. La definición de bosque gestionado se aborda en la Sección 3.1.2.1. A nivel nacional, las definiciones deberían aplicarse de manera coherente a lo largo del tiempo, y deberían abarcar todos los bosques sujetos a intervención humana periódica o constante, incluidas todas y cada una de las prácticas de gestión, desde las orientadas a la producción de madera comercial hasta las que persiguen fines no comerciales.

Las *Directrices del IPCC* utilizan, por defecto, el supuesto de que todo el carbono de la biomasa cosechada se oxida durante el año de absorción, pero son flexibles en cuanto a incluir el almacenamiento de carbono en los productos de madera recolectada (PMR) si se demuestra que aumentan las reservas. La posible inclusión de los PMR está siendo también estudiada por el OSACT. En espera del resultado de las negociaciones, los métodos de estimación de los PMR se abordarán en otra sección (Apéndice 3a.1). Ello refleja simplemente el estado de desarrollo de las metodologías, y no afecta al contenido de las *Directrices del IPCC*, ni prejuzga el resultado de esas negociaciones.

3.2.1 Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

El inventario de gases de efecto invernadero para la categoría de uso de la tierra 'Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (TFTF)' conlleva una estimación de la variación de las reservas de carbono en cinco depósitos de carbono (biomasa sobre el suelo, biomasa bajo el suelo, madera muerta, detritus, y materia orgánica del suelo), y de las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de esos depósitos. La ecuación resumida que permite estimar las emisiones o absorciones anuales en TFTF con respecto a la variación de los depósitos de carbono es la siguiente (Ecuación 3.2.1).

ECUACIÓN 3.2.1
EMISIONES O ABSORCIONES ANUALES EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTF} = (\Delta C_{TFTF_{BV}} + \Delta C_{TFTF_{MOM}} + \Delta C_{TFTF_{Suelos}})$$

[1] Debería seguirse, con arreglo a las secciones apropiadas, la evolución de las tierras que han sido convertidas para otros usos durante el tiempo en que la dinámica del carbono esté influida por la dinámica de conversión y de seguimiento. Aunque un valor de 20 años es coherente con las *Directrices del IPCC*, en los métodos del Nivel 3 pueden utilizarse períodos más largos cuando así lo aconsejen las circunstancias nacionales.

Donde:

ΔC_{TFTF} = variación anual de las reservas de carbono en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TFTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales; en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TFTF_{MOM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye la madera muerta y los detritus) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales; en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TFTF_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

Para convertir toneladas de C en Gg de CO_2, se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10^{-3}. Las convenciones utilizadas (signos), se indican en la Sección 3.1.7 o en el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo).

3.2.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

La variación de las reservas de carbono se calcula multiplicando la diferencia en peso secado al horno entre el aumento y la disminución de la biomasa por la fracción de carbono apropiada. En esta sección se ofrecen métodos para estimar los incrementos y pérdidas de biomasa. Entre los incrementos se incluye el crecimiento de la biomasa. Entre las pérdidas se incluyen las talas, la recogida de leña, y las pérdidas naturales.

3.2.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

3.2.1.1.1.1 Elección del método

Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa pueden aplicarse dos métodos:

El **Método 1** (denominado también **método por defecto**) consiste en restar la pérdida de carbono de la biomasa del incremento de carbono de la biomasa durante el año de notificación (Ecuación 3.2.2).

ECUACIÓN 3.2.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (MÉTODO POR DEFECTO)

$$\Delta C_{TFTF_{BV}} = (\Delta C_{TFTF_C} - \Delta C_{TFTF_P})$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

ΔC_{TFTF_C} = aumento anual de las reservas de carbono debido al crecimiento de la biomasa, en toneladas de C año^{-1}

ΔC_{TFTF_P} = disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa, en toneladas de C año^{-1}

Para aplicar el **Método 2** (denominado también **método de variación de reservas**) es necesario el inventario de las reservas de carbono en la biomasa para una superficie forestal dada en dos momentos diferentes. La variación de la biomasa es la diferencia entre la biomasa en los momentos t_2 y t_1, dividida por el número de años transcurridos entre los inventarios (Ecuación 3.2.3).

ECUACIÓN 3.2.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (MÉTODO DE VARIACIÓN DE RESERVAS)

$$\Delta C_{TFTF_{BV}} = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

y

$$C = [V \bullet D \bullet FEB_2] \bullet (1 + R) \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

C_{t_2} = carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_2, en toneladas de C

C_{t_1} = carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_1, en toneladas de C

V = volumen comercializable, en m^3 ha^{-1}

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m^{-3} de volumen comercializable

FEB_2 = factor de expansión de biomasa para convertir el volumen comercializable en biomasa arbórea sobre el suelo, sin dimensiones.

R = relación raíz-vástago, sin dimensiones

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

El método por defecto es aplicable en todos los niveles, mientras que en los datos necesarios para el método de variación de reservas se excluye esta opción en el Nivel 1. Por lo general, el método de variación de las reservas dará buenos resultados cuando los aumentos o disminuciones de la biomasa sean relativamente grandes, o cuando se realicen inventarios de bosques muy exactos. Sin embargo, en áreas forestales con poblaciones mixtas, y/o en los casos en que la variación de la biomasa sea muy pequeña comparada con la cantidad de biomasa total, el método de variación de las reservas entraña el riesgo de que el error del inventario sea mayor que la variación esperada. En tales condiciones, unos datos escalonados podrían arrojar mejores resultados. La decisión de utilizar el método por defecto o el de variación de reservas en el nivel apropiado se dejará, por consiguiente, a los expertos, que tomarán en cuenta los sistemas de inventario y las propiedades de los bosques a nivel nacional.

El método por defecto para estimar las variaciones de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo está basado en una serie de ecuaciones. Éstas incluyen datos de actividad en áreas de diferentes categorías de uso de la tierra, en función de diferentes tipos de bosque o de sistemas de gestión, de los correspondientes factores de emisión y de absorción, y de los factores para estimar la pérdida de biomasa. La exactitud de la estimación dependerá del nivel escogido para estimar la biomasa, y de los datos disponibles.

Es una *buena práctica* utilizar, para la elección del nivel, el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1. Con ello se fomenta una utilización eficiente de los recursos disponibles, teniendo en cuenta la pertenencia o no de la biomasa a una categoría esencial, con arreglo a lo expuesto en el Capítulo 5, Sección 5.4. En términos generales:

Nivel 1: El Nivel 1 es aplicable en los países en que o bien la subcategoría (tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, o depósito de carbono en la biomasa) no es una categoría esencial, o bien existen pocos datos de actividad o ninguno ni factores de emisión/absorción específicos del país, sin que sea posible obtenerlos.

Nivel 2: El Nivel 2 es aplicable cuando las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales o el carbono de la biomasa constituyen una categoría esencial. El Nivel 2 se utilizará en los países en que se dispone de estimaciones de datos de actividad y de factores de emisión/absorción específicos del país, o en que sea posible obtener éstos con un coste más favorable que para otras categorías de uso de la tierra.

Nivel 3: El Nivel 3 es aplicable cuando las tierras forestales que lo siguen siendo o el carbono de la biomasa constituyen una categoría esencial. Su elección implica la utilización de datos detallados de inventario de los bosques nacionales, suplementados con modelos dinámicos o ecuaciones alométricas calibradas con arreglo a las circunstancias nacionales que permitan un cálculo directo del incremento de la biomasa. El planteamiento del Nivel 3 respecto de la variación de las reservas de carbono permite utilizar diferentes métodos, y su aplicación podría diferir de un país a otro, debido a las diferencias en cuanto a métodos de inventario y condiciones de los bosques. Así pues, en el Nivel 3 es esencial documentar adecuadamente la validez y la exhaustividad de los datos, de los supuestos y de las ecuaciones y modelos.

ECUACIONES PARA ESTIMAR LA VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA ($\Delta C_{TFTF_{BV}}$) UTILIZANDO EL MÉTODO POR DEFECTO

Aumento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (ΔC_{TFTF_C})

Para estimar el aumento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales se necesita estimar el incremento superficial y anual de la biomasa total para cada tipo de bosque y zona climática del país (Ecuación 3.2.4). La fracción de carbono de la biomasa tiene un valor por defecto de 0,5, aunque en niveles metodológicos superiores hay un margen de variación en función de las especies, de los componentes de un árbol o de un rodal (tallo, raíces y hojas) y de la edad del rodal.

ECUACIÓN 3.2.4
INCREMENTO ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEBIDO AL INCREMENTO DE BIOMASA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTF_C} = \sum_{ij} (S_{ij} \bullet C_{TOTALij}) \bullet FC$$

Donde:

ΔC_{TFTFC} = incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de la biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales por tipos de bosque y zonas climáticas, en toneladas de C año^{-1}

S_{ij} = superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, por tipos de bosque (*i* = desde 1 hasta n) y zonas climáticas (*j* = desde 1 hasta m), en ha

$C_{TOTALij}$ = tasa media de incremento anual de la biomasa total, en unidades de materia seca, por tipos de bosque (*i* = desde 1 hasta n) y zonas climáticas (*j* = desde 1 hasta m), en toneladas m.s ha^{-1} año^{-1}.

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Incremento anual medio de la biomasa (C_{TOTAL})

C_{TOTAL} es el valor ampliado de la tasa de incremento anual de la biomasa sobre el suelo (C_W), que incorpora la parte bajo el suelo, y que se obtiene multiplicando por el cociente entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa sobre el suelo (denominado también "relación raíz - vástago" (R)), que se aplica a los incrementos. El mismo resultado puede conseguirse directamente cuando se dispone del valor de C_W, como en el caso de los bosques regenerados naturalmente o de las categorías de plantación generales. Si no se dispone del valor de C_W, puede utilizarse el incremento de volumen (I_V) con el factor de expansión de biomasa para convertir el incremento neto anual en el incremento de biomasa sobre el suelo. Esta relación puede verse en la Ecuación 3.2.5:

ECUACIÓN 3.2.5
INCREMENTO ANUAL MEDIO DE BIOMASA

$C_{TOTAL} = C_W \bullet (1 + R)$	**A)**	En caso de que el incremento de biomasa sobre el suelo (materia seca) se utilice directamente. En caso contrario, C_W se estimará utilizando la ecuación B o su equivalente
$C_W = I_V \bullet D \bullet FEB_1$	**B)**	En caso de que se utilice el incremento neto de volumen para estimar C_W.

Donde:

C_{TOTAL} = incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}

C_W = incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo, en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}; Cuadros 3A.1.5 y 3A.1.6

R = relación raíz-vástago apropiada para los incrementos, sin dimensiones; Cuadro 3A.1.8

I_V = incremento de volumen neto anual medio adecuado para el procesamiento industrial, en m^3 ha^{-1} año^{-1}; Cuadro 3A.1.7

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m^3; Cuadro 3A.1.9

FEB_1 = factor de expansión de biomasa para convertir el incremento neto anual (incluida la corteza) en incremento de biomasa arbórea sobre el suelo, sin dimensiones; Cuadro 3A.1.10

La densidad de madera básica (D) y los factores de expansión de biomasa (FEB) varían en función del tipo de bosque, de la edad, de las condiciones de crecimiento, de la densidad de rodal y del clima (Kramer, 1982; Brown, 1997; Lowe *et al*., 2000; Koehl, 2000). En el Cuadro 3A.1.10 se ofrecen valores por defecto para los FEB por tipos de bosque y zonas climáticas, para utilizarlos con los diámetros mínimos indicados. Los FEB sirven como sustituto de los cocientes de expansión de las *Directrices del IPCC*, que se utilizan para calcular la biomasa no comercializable (ramas, árboles pequeños, etc.) cortada durante la tala y que se descompone.

Para los países que utilizan los métodos del Nivel 2, sería una buena práctica utilizar valores de la densidad de madera básica y de los FEB específicos del país y de la especie, si se dispone de ellos en el ámbito nacional.

La estimación de los valores de D y de FEB se realizará a nivel de especie en los países que adopten el Nivel 3. Los valores de FEB correspondientes al incremento de biomasa, a la madera en pie y a la recolección difieren para una especie o masa forestal dada. Para los Niveles 2 y 3, se sugiere a los expertos en inventarios que desarrollen por separado valores de D y de FEB específicos del país para la madera en pie, el incremento de biomasa y las recolecciones. Cuando se utilicen factores y metodologías específicos del país, se verificarán y documentarán debidamente, con arreglo a los requisitos generales estipulados en el Capítulo 5.

En función de las condiciones de cada país (véase, por ejemplo, Lehtonen *et al*., 2003; Smith *et al*., 2003), FEB y D podrán combinarse en un solo valor. En tales casos, las directrices relativas a FEB y a D se aplicarán a los valores combinados, conforme proceda.

Disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (ΔC_{TFTF_P})

La pérdida de biomasa anual es la suma de las pérdidas resultantes de las talas comerciales de rollizos, de la recogida de leña y de otras pérdidas (Ecuación 3.2.6):

ECUACIÓN 3.2.6
DISMINUCIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEBIDA A LA PÉRDIDA DE BIOMASA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTF_P} = P_{talas} + P_{leña} + P_{otras\ pérdidas}$$

Donde:

ΔC_{TFTF_P} = disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

P_{talas} = pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales, en toneladas de C año^{-1} (véase la Ecuación 3.2.7)

$P_{leña}$ = pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña, en toneladas de C año^{-1} (véase la Ecuación 3.2.8)

$P_{otras\ pérdidas}$ = otras pérdidas anuales de carbono, en toneladas de C año^{-1} (véase la Ecuación 3.2.9)

La estimación de la pérdida anual de carbono debida a talas comerciales se realiza mediante la Ecuación 3.2.7:

ECUACIÓN 3.2.7
PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DEBIDA A TALAS COMERCIALES

$$P_{talas} = R \bullet D \bullet FEB_2 \bullet (1 - f_{BD}) \bullet FC$$

Donde:

P_{talas} = pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales, en toneladas de C año^{-1}

R = volumen extraído anualmente, rollizos, en m^3 año^{-1}

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m^{-3}; Cuadro 3A.1.9

FEB_2 = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida la corteza), sin dimensiones; Cuadro 3A.1.10

f_{BD} = fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone (transferida a materia orgánica muerta)

FC= fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Al aplicar esta ecuación existen dos posibilidades:

i) la biomasa total asociada al volumen de rollizos extraído se considera una emisión inmediata. Éste es el supuesto aplicado por defecto, e implica que f_{BD} debería ser fijado en 0. Este supuesto debería aplicarse a menos que se tengan en cuenta explícitamente los cambios de la materia orgánica muerta, lo cual implicaría la utilización de niveles superiores con arreglo a la Sección 3.2.1.2 *infra*;

ii) una parte de la biomasa es transferida a las reservas de madera muerta. En tales casos, f_{BD} se obtendría conforme al dictamen de expertos, o basándose en datos empíricos (Niveles 2 ó 3). En el Anexo 3.A.11 se ofrecen datos por defecto de f_{BD} para utilizarlos en el Nivel 2.

Para estimar la pérdida de carbono debida a la recogida de leña se utilizará la Ecuación 3.2.8:

ECUACIÓN 3.2.8
PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DEBIDA A LA RECOGIDA DE LEÑA

$$P_{leña} = LR \bullet D \bullet FEB_2 \bullet FC$$

Donde:

$P_{leña}$ = pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña, en toneladas de C año^{-1}

LR = volumen anual de leña recogida, m^3 año^{-1}

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m^{-3}; Cuadro 3A.1.9

FEB_2 = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de rollizos extraídos en biomasa aérea total sobre el suelo (incluida la corteza), sin dimensiones; Cuadro 3A.1.10

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Otras pérdidas de carbono en tierras forestales gestionadas son las causadas por perturbaciones tales como vendavales, plagas o incendios. Se expone a continuación una metodología genérica para estimar la cantidad de carbono perdida por efecto de esas perturbaciones. En el caso específico de las pérdidas derivadas de incendios en tierras forestales gestionadas, incluidos los incendios incontrolados y controlados, se utilizará este método para proveer de datos a la metodología de la Sección 3.2.1.4 (Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2), con objeto de estimar las emisiones de CO_2 y de gases distintos del CO_2 provenientes de incendios.

Es una *buena práctica* informar de todas las áreas afectadas por perturbaciones tales como incendios, plagas o vendavales que se produzcan en las tierras forestales gestionadas, con independencia de que sean o no consecuencia de actividades humanas. No se incluirán las perturbaciones naturales que se produzcan en bosques no gestionados y que no sean consecuencia de un cambio de uso de la tierra. Las pérdidas de biomasa contabilizadas como recolección comercial o leña no se conceptuarán como pérdidas debidas a otras perturbaciones.

El impacto de las perturbaciones sobre un ecosistema forestal varía en función del tipo y de la gravedad de la alteración, de las condiciones en que se produce (por ejemplo, el tiempo) y de las características del ecosistema. El método genérico propuesto, que se ilustra en la Ecuación 3.2.9, presupone la destrucción completa de la biomasa forestal en caso de alteración, razón por la cual la metodología por defecto se ocupa únicamente de las perturbaciones que implican "sustitución de masa forestal". Los países que presenten informes ateniéndose al Nivel 3 deberán considerar tanto las perturbaciones que implican la sustitución de masa forestal como las que no la implican.

ECUACIÓN 3.2.9
OTRAS PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO

$$P_{otras\ pérdidas} = S_{alteración} \bullet B_W \bullet (1 - f_{BD}) \bullet FC$$

Donde:

$P_{otras\ pérdidas}$ = otras pérdidas anuales de carbono, en toneladas de C año^{-1}

$S_{alteración}$ = superficies forestales afectadas por perturbaciones, en ha año^{-1}

B_W = valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales, en toneladas m.s. ha^{-1}; Cuadros 3A.1.2, 3A.1.3, y 3A.1.4

f_{BD} = fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone (transferida a materia orgánica muerta); Cuadro 3A.1.11

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Nivel 1: En el Nivel 1 se supone que las perturbaciones afectan únicamente a la biomasa sobre el suelo; se supone también que todo el carbono de la biomasa sobre el suelo se pierde con la alteración. Así pues, f_{BD} es igual a 0.

Nivel 2: Los países que informen con arreglo a niveles superiores, que incluyen las emisiones/absorciones respecto de todos los depósitos forestales, deben distinguir entre la proporción de biomasa previa a la alteración, que es destruida y origina emisiones de gases de efecto invernadero, y la que es transferida a los depósitos de materia orgánica muerta y posteriormente se descompone.

Nivel 3: Los países que notifiquen con arreglo al Nivel 3 deberían considerar todas las perturbaciones significativas, con sustitución de la población arbórea o sin ella. Para incorporar el impacto de las perturbaciones sin sustitución de la población, los países podrán agregar a la Ecuación 3.2.9 un término de ajuste que refleje la proporción de biomasa previa a la alteración que no resulta afectada por ésta.

RESUMEN DE LAS ETAPAS A SEGUIR PARA ESTIMAR LA VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA (ΔC_{TFTFBV}) UTILIZANDO EL MÉTODO POR DEFECTO

Etapa 1: Basándose en las orientaciones del Capítulo 2 (Procedimientos para representar las áreas de tierra), categorizar la superficie (S) de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales por tipos de bosque de diferentes zonas climáticas, conforme al sistema adoptado en el país. Como elemento de referencia, el Cuadro 3A.1.1 ofrece, a efectos de verificación, datos de ámbito nacional sobre superficies forestales y variación anual de las superficies forestales, por regiones y por países;

Etapa 2: Estimar el incremento anual medio de biomasa (C_{TOTAL}) utilizando la Ecuación 3.2.5. Si se dispone de datos sobre el incremento anual medio de la biomasa aérea (C_W), se utilizará la Ecuación 3.2.5A. En caso contrario, el valor de C_W se estimará mediante la Ecuación 3.2.5B;

Etapa 3: Estimar el incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa (ΔC_{TFTF_C}) utilizando la Ecuación 3.2.4;

Etapa 4: Estimar la pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales ($P_{W\ talas}$) utilizando la Ecuación 3.2.7;

Etapa 5: Estimar la pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña ($P_{W\ leña}$) utilizando la Ecuación 3.2.8;

Etapa 6: Estimar la pérdida anual de carbono debida a otras pérdidas ($P_{otras\ pérdidas}$) utilizando la Ecuación 3.2.9;

Etapa 7: Basándose en las pérdidas estimadas en las Etapas 4 a 6, estimar la disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa (ΔC_{TFTF_P}) utilizando la Ecuación 3.2.6;

Etapa 8: Estimar la variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva ($\Delta C_{TFTF_{BV}}$) utilizando la Ecuación 3.2.2.

3.2.1.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Para utilizar el Método 1 se necesita conocer el incremento anual de la biomasa para cada tipo de bosque y zona climática del país, más los factores de emisión vinculados a la pérdida de biomasa, incluidas las pérdidas resultantes de las talas, de la recogida de leña y de las pérdidas naturales.

INCREMENTO ANUAL DE BIOMASA

Incremento anual de la biomasa sobre el suelo, C_W

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan los valores por defecto del incremento anual medio de biomasa sobre el suelo (C_W) indicados en los Cuadros 3A.1.5 y 3A.1.6.

Nivel 2: En el método del Nivel 2 se usan datos específicos del país para calcular el incremento anual medio bruto de biomasa C_W. Los datos específicos del país suelen estar vinculados a los volúmenes comercializables (I_V). El factor de expansión de la biomasa (FEB_1) y la densidad de madera básica (D) son necesarios para convertir los datos disponibles en C_W. En el Cuadro 3A.1.7 se ofrecen los valores por defecto de I_V, y en los Cuadros 3A.1.10 y 3A.1.9 se ofrecen valores por defecto para FEB_1 y D, respectivamente.

Nivel 3: En el Nivel 3 se dispondrá de un inventario detallado o sistema de seguimiento de los bosques que contenga, como mínimo, datos sobre la madera en pie y, si fuera posible, sobre el incremento anual. Si se dispusiera de funciones de biomasa alométricas adecuadas, es una *buena práctica* utilizar directamente tales ecuaciones. A éstas podrían incorporarse también la fracción de carbono y la densidad de madera básica.

El inventario detallado de los bosques se utilizará para proporcionar las condiciones iniciales de las reservas de carbono en los bosques en el año de inventario de éstos. Cuando el año de inventario no corresponda al período de compromiso, se utilizará el incremento anual medio o el incremento estimado por los modelos (que sean capaces de simular la dinámica de los bosques).

Los inventarios periódicos de los bosques podrán combinarse con los datos sobre plantaciones y talas anuales para obtener interpolaciones no lineales del incremento entre años de inventario.

Incremento de la biomasa bajo el suelo

Nivel 1: El incremento de la biomasa bajo el suelo, utilizado como supuesto por defecto en consonancia con las *Directrices del IPCC*, puede ser igual a 0. Los valores por defecto de las relaciones raíz-vástago (R), que pueden utilizarse para estimar la biomasa bajo el suelo, se indican en el Cuadro 3A.1.8.

Nivel 2: Para estimar la biomasa bajo el suelo se utilizarán las relaciones raíz-vástago específicas del país.

Nivel 3: Se utilizarán las relaciones raíz-vástago determinadas a nivel nacional o regional, o modelos incrementales. A ser posible, se incorporará a los modelos la biomasa bajo el suelo para calcular el incremento total de biomasa.

PÉRDIDA ANUAL DE BIOMASA

Las *Directrices del IPCC* se refieren a la extracción de biomasa (es decir, a las talas comerciales, a las remociones para la obtención de leña y otros usos de la madera, y a las pérdidas naturales) como el consumo total de biomasa de las reservas que libera carbono. Esos tres componentes se estipulan con mayor precisión en la Ecuación 3.2.6.

Además de las talas comerciales de madera industrial, de troncos para aserrar y de leña, específicamente mencionados, puede haber también otros tipos de tala no comerciales, como la destinada al consumo propio. Puede ocurrir que esta última cantidad no esté incluida en las estadísticas oficiales, y podría ser necesario un estudio para estimarla.

Talas

Para calcular la pérdida de carbono debida a las talas comerciales se necesitan los factores de emisión/absorción siguientes: volumen extraído de rollizos (R), densidad de madera básica (D), y fracción de biomasa abandonada que se descompone en el bosque (f_{BD}).

Cuando sean separables, los datos sobre las talas no se incluirán en el apartado de tierras forestales que están siendo convertidas en otras tierras, para evitar el doble cómputo. Es improbable que las estadísticas sobre talas permitan diferenciar las tierras en que se realizan las talas, por lo que habrá que sustraer, del total de las talas, una cantidad de biomasa similar a la pérdida de biomasa en las tierras convertidas en bosques.

La extracción de rollizos aparece publicada en el Boletín de la madera de CEPE/FAO y en el Anuario de Productos Forestales de la FAO. Este último está basado principalmente en datos proporcionados por los países. En ausencia de datos oficiales, la FAO proporciona una estimación basada en la mejor información disponible. Por lo general, el Anuario se publica con una periodicidad de dos años.

Nivel 1: Los datos de la FAO pueden utilizarse, en el Nivel 1, como valores por defecto de R en la Ecuación 3.2.7. Los datos sobre rollizos incluyen toda la madera retirada de los bosques, expresada en metros cúbicos sin corteza. Los datos sin corteza han de convertirse en datos con corteza para utilizarlos con FEB_2. En la mayoría de las especies de árboles, la corteza representa entre un 10% y un 20% del volumen de tallo con corteza. A menos que se disponga de datos específicos del país, se utilizará un valor por defecto de 15%, y el volumen con corteza según la FAO podrá estimarse dividiendo la estimación sin corteza por 0,85 antes de utilizar los valores de la Ecuación 3.2.7. Es una *buena práctica* verificar, suplementar, actualizar y comprobar la calidad de los datos mediante datos adicionales procedentes de encuestas nacionales o regionales.

Nivel 2: Se utilizarán datos específicos del país.

Nivel 3: Al nivel de resolución del modelo de bosque del Nivel 3, se utilizan datos de absorción específicos del país para diferentes categorías de bosque. Cuando sea posible, se utilizará información específica del país sobre la dinámica de la descomposición de la madera muerta para describir la evolución en el tiempo de la biomasa no recolectada.

Recogida de leña

Para estimar las pérdidas de carbono debidas a la recogida de leña se necesitan datos sobre el volumen anual de leña recogida (LR), la densidad de madera básica (D), y el factor de expansión de biomasa (FEB_2), a fin de convertir los volúmenes de rollizos recolectados en biomasa total sobre el suelo.

Según el país, la extracción de leña se efectúa de diversas maneras, desde las talas ordinarias hasta la recogida de madera muerta (esta última expresada, frecuentemente, como una fracción de f_{BD} en la Ecuación 3.2.7.). Habrá, pues, diferentes modos de calcular LR, ya que la tala de árboles para leña debería ser tratada como una pérdida de carbono debida a las talas. En comparación con la ecuación para las talas comerciales, la ecuación correspondiente a la recogida de leña no contiene ninguna variable que exprese la "fracción abandonada que se descompone", ya que se ha supuesto que la mayor parte de los árboles probablemente se retiren del bosque. Por otra parte, la recogida de leña del suelo de los bosques es un término que no debería expandirse, ya que representa una reducción de las reservas de madera muerta igual a la cantidad extraída. En niveles inferiores, se supondrá que esta circunstancia no afecta a las reservas de madera muerta (véase la Sección 3.2.1.2).

En la presente sección se examina únicamente la recogida de leña en tierras forestales que lo siguen siendo. En las secciones sobre "Tierras convertidas en tierras agrícolas, praderas, etc." se explica el tratamiento que se dará a la leña utilizada a distancia del punto de recogida, por efecto de la conversión del uso de la tierra, y la manera de compensarla en las estadísticas sobre leña.

Nivel 1: La FAO proporciona estadísticas de todos los países sobre el consumo de leña y de carbón vegetal. Así, en el marco del Nivel 1 las estadísticas de la FAO pueden utilizarse directamente, aunque convendría verificar su exhaustividad, ya que en algunos casos los datos de la FAO pueden hacer referencia a actividades específicas realizadas en determinados bosques, y no a la totalidad de la leña. Cuando se disponga de información más completa a nivel nacional, convendrá utilizarla. Es una *buena práctica* identificar la fuente de datos nacionales de la FAO, por ejemplo el Ministerio de Silvicultura o de Agricultura, o alguna organización estadística. Es también una *buena práctica* separar la leña recogida en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales de la que provenga de la conversión de tierras forestales para otros usos.

Nivel 2: Siempre que sea posible, convendría utilizar datos específicos del país. Es una *buena práctica* verificar y suplementar los datos de la FAO mediante cierto número de encuestas y estudios nacionales. También es una *buena práctica* realizar encuestas regionales sobre el consumo de leña para validar la fuente de datos nacionales o de la FAO. A nivel nacional, puede obtenerse una estimación del consumo total de leña mediante encuestas de nivel regional entre hogares rurales y urbanos de diferentes niveles de ingresos, y entre industrias y establecimientos.

Nivel 3: Los datos sobre la tala de madera para leña obtenidos de estudios de nivel nacional se utilizan al nivel de resolución requerido para el modelo del Nivel 3, incluidas las talas no comerciales.

Mediante encuestas de nivel regional o desglosadas, deberían obtenerse datos sobre la recogida tradicional de leña y sobre la tala comercial de leña en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. El consumo de leña depende de los ingresos de los hogares. Por ello, existe la posibilidad de desarrollar modelos que permitan estimar el consumo de leña. Deberían investigarse claramente las fuentes de leña para asegurarse de que no hay doble cómputo como tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y como tierras forestales convertidas a otros usos.

Los países que adopten el Nivel 3 deberían realizar una estimación sistemática del consumo de leña y de sus fuentes, mediante encuestas en los hogares, industrias y establecimientos. Las encuestas podrían realizarse en diferentes condiciones climáticas y socioeconómicas homogéneas mediante un procedimiento estadístico (véase el Capítulo 5, Sección 5.3, en relación con la toma de muestras). El consumo de leña será probablemente diferente en las áreas rurales y urbanas y en las distintas estaciones del año. Por ello, el estudio debería realizarse por separado en las áreas rurales y urbanas y en diferentes estaciones. Podrían desarrollarse también modelos del consumo de leña basados en los ingresos, en el nivel de urbanización, etc.

Si los datos sobre el consumo de leña están conceptuados sólo como madera comercial, deberán convertirse íntegramente a la biomasa total de la masa forestal.

Otras pérdidas

Para estimar otras pérdidas de carbono serán necesarios datos sobre las zonas afectadas por las perturbaciones ($S_{alteración}$), el promedio de las reservas de biomasa en áreas forestales (B_W), y la fracción de biomasa abandonada que se descompone en el bosque (f_{BD}).

Es una *buena práctica* notificar todas las zonas afectadas por perturbaciones tales como incendios, plagas, brotes de enfermedades o vendavales que se produzcan en tierras forestales gestionadas con independencia de que sean o no consecuencia de actividades humanas. No se incluirán, en cambio, las perturbaciones naturales que acaezcan en bosques no gestionados y que no sean consecuencia de un cambio de uso de la tierra. En función de su intensidad, los incendios, vendavales y plagas afectan a una proporción variable de los árboles de un rodal. Es una *buena práctica* clasificar el área afectada, en la medida de lo posible, con arreglo a la naturaleza e intensidad de las perturbaciones. Las pérdidas de biomasa contabilizadas como cosechas comerciales o como leña no se contabilizarán como pérdidas debidas a otras perturbaciones.

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 consisten en obtener la superficie alterada en el año en curso. Existen algunos datos internacionales disponibles sobre las alteraciones (véase *infra*) pero, en general, la información por defecto es limitada, y para establecer la superficie afectada será necesaria una evaluación nacional que utilice datos disponibles a nivel local sobre el período posterior a la alteración. Existe también la posibilidad de utilizar datos de aerofotogrametrías.

En el caso de los incendios, tanto las emisiones de CO_2 como las de gases distintos del CO_2 proceden de combustibles quemados (biomasa en pie, incluidos sotobosque, restos de tala, madera muerta y detritus). El incendio puede consumir una gran proporción de la vegetación de la fronda. La Sección 3.2.1.4 contiene una metodología para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios, y la Ecuación 3.2.9, para calcular las emisiones de CO_2 procedentes de incendios.

En el Anexo 3A.1 hay varios cuadros que es posible utilizar en relación con la Ecuación 3.2.9.

- El Cuadro 3A.1.12 contiene valores por defecto del factor de combustión que pueden utilizarse como ($1-f_{BD}$) en caso de que el país disponga de datos de calidad sobre la biomasa de la madera en pie; en tales casos se utilizará el valor de la pérdida común.
- El Cuadro 3A.1.13 contiene valores por defecto para el consumo de biomasa, que pueden utilizarse como [$B_W \bullet (1- f_{BD})$] en caso de que los datos sobre la biomasa de madera en pie no sean tan buenos.
- El Cuadro 3A.1.14 contiene valores por defecto para la eficiencia de combustión en aquellos casos en que el incendio se utilice como medio para el cambio de uso de la tierra.

Nivel 2: En el marco del Nivel 2, la variación de la biomasa de madera en pie debida a perturbaciones importantes será tenida en cuenta por categorías de bosque, por tipos de perturbaciones y por intensidades. Los valores medios de las reservas de biomasa se obtienen de los datos nacionales.

Nivel 3: Incluye la estimación de la tasa de crecimiento obtenida mediante dos inventarios, más la pérdida de biomasa procedente de alteraciones que hayan acaecido entre uno y otro inventario. Si no se conoce el año de las alteraciones, el resultado será una reducción de la tasa de crecimiento medio en ese período. Si las alteraciones tienen lugar después del último inventario, las pérdidas tendrán que calcularse como en el Nivel 2.

Una base de datos que puede consultarse sobre la tasa e impacto de las alteraciones naturales por tipos, para todos los países europeos (Schelhaas *et al*., 2001) es: http://www.efi.fi/projects/dfde

Puede consultarse también una base de datos del PNUMA sobre la superficie del planeta quemada, en: http://www.grid.unep.ch/activities/earlywarning/preview/ims/gba/

Con todo, hay que señalar que la base de datos del PNUMA sólo es válida para el año 2000. En muchos países, la variabilidad interanual en las áreas quemadas es elevada, por lo que esas cifras no constituirán un promedio representativo.

3.2.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

ÁREAS DE TIERRAS FORESTALES GESTIONADAS

En todos los niveles son necesarios datos sobre el área de tierra forestal gestionada.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan datos de áreas forestales que pueden obtenerse de las estadísticas nacionales, de los servicios forestales (que pueden tener información sobre las zonas en que se realizan diferentes prácticas de gestión), de los organismos de conservación (especialmente respecto de las áreas gestionadas para su regeneración natural), y de municipios, encuestas y organismos cartográficos. Convendría cotejar los datos y asegurarse de que la representación es completa y coherente, para evitar las omisiones o el doble cómputo, como se indica en el Capítulo 2. Si no se dispone de datos nacionales, puede obtenerse información totalizada de fuentes de datos internacionales (FAO, 1995; FAO, 2001; TBFRA, 2000). Es una *buena práctica* verificar, validar y actualizar los datos de la FAO utilizando fuentes nacionales.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan conjuntos de datos nacionales definidos para el país con una resolución suficiente para conseguir una representación apropiada de las áreas de tierra concordante con lo dispuesto en el Capítulo 2.

Nivel 3: En el Nivel 3 se utilizan datos nacionales sobre tierras forestales gestionadas que proceden de diversas fuentes, en particular inventarios forestales nacionales, registros de uso de la tierra y de cambios de uso de la tierra, o teledetección. Esos datos deberían reflejar íntegramente todas las transiciones de uso de una tierra para convertirla en tierra forestal, desglosadas en función del clima, del suelo y de los tipos de vegetación.

3.2.1.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

En la presente sección se examinan las incertidumbres específicas de ciertas fuentes que afectan a las estimaciones de inventarios efectuadas en tierras forestales que lo siguen siendo. La estimación de valores específicos del país y/o desglosados obliga a obtener una información sobre las incertidumbres más exacta que la indicada a continuación. En la Sección 5.3, relativa al muestreo (Capítulo 5), se ofrece información sobre las incertidumbres asociadas a los estudios basados en muestreos.

FACTORES DE EMISIÓN Y DE ABSORCIÓN

En estudios realizados por Hakkila, en Finlandia (1968, 1979), la incertidumbre asociada a la densidad básica de maderas de pino, abeto y abedul (en su mayor parte, tallos) es inferior al 20%. La variabilidad entre poblaciones de bosques debería ser inferior o, como máximo, idéntica a la variabilidad entre árboles. Se concluye que la incertidumbre total de los valores de la densidad de madera básica específicos del país debería situarse en torno al 30%.

Lehtonen *et al*. (2003) analizaron los factores de expansión de biomasa a nivel de rodal en los bosques de Finlandia en que abundan sobre todo el pino, el abeto y el abedul. La incertidumbre de las estimaciones fue de aproximadamente 10%. El estudio se realizó en bosques predominantemente gestionados, por lo que subestimaba en un factor de 2 la variación entre bosques en la zona boreal. Sobre la base de lo que antecede, según las estimaciones de expertos, la incertidumbre total de los FEB debería ser de 30%. La incertidumbre de la relación raíz-vástago será probablemente de ese mismo orden.

La fuente principal de incertidumbre en las estimaciones, cuando se utiliza la densidad de madera por defecto y los FEB, esta relacionada con la posibilidad de aplicar estos parámetros a diversas estructuras de edad y composiciones de determinadas poblaciones de árboles. A fin de reducir la incertidumbre asociada a este problema, se sugiere a los países que desarrollen FEB específicos del país o que compartan experiencias regionales sobre los valores obtenidos para las poblaciones forestales que más se adecuen a sus condiciones. Cuando no se disponga de valores específicos del país o específicos de la región, se verificarán las fuentes de los factores de emisión y absorción por defecto, así como su correspondencia con determinadas condiciones de un país. Se procurará aplicar los valores por defecto que mejor se correspondan con la estructura de las poblaciones, el clima y las condiciones de crecimiento de un país determinado.

Según Vuokila y Väliaho (1980), el incremento de las poblaciones de pino y abeto regeneradas artificialmente en Finlandia varía en un 50% en torno al valor medio. Las causas de tal variación son, entre otras, el clima, las condiciones de crecimiento del lugar, y la fertilidad del suelo. Dado que los rodales regenerados artificialmente y gestionados son menos variables que los bosques boreales naturales, la variabilidad total de los valores de incremento por defecto en esa zona climática se situará previsiblemente en un factor igual a 2. Tomando como referencia la diversidad de especies biológicas superiores de los bosques templados y tropicales, cabe esperar que sus valores de incremento por defecto varíen en un factor de 3. La principal manera de mejorar la exactitud de las estimaciones consiste en aplicar incrementos específicos del país o de ámbito regional, estratificados por tipos de bosque. Cuando se utilicen los valores de incremento por defecto, se indicará y se documentará claramente la incertidumbre de las estimaciones.

Los datos sobre las talas comerciales son relativamente exactos. Por consiguiente, su incertidumbre es inferior al 30%. Sin embargo, los datos sobre las talas totales pueden ser incompletos, debido a las talas ilegales y (o) a los datos no notificados por razones fiscales. Las maderas que se utilizan directamente, que sólo venden o procesan los mismos que han extraído la madera del bosque, probablemente no figurarán en ninguna estadística. Sin embargo, hay que señalar que las talas ilegales y los informes omitidos constituyen, en la mayoría de los casos, una parte menor de las reservas de carbono retiradas de los bosques, por lo que no deberían afectar en gran medida a las estimaciones totales ni a las correspondientes incertidumbres. La cantidad de madera retirada de los bosques después de una tormenta o de la aparición de una plaga varía considerablemente, tanto en tiempo como en volumen. Para ese tipo de pérdidas no es posible indicar datos por defecto. Las incertidumbres asociadas a esas pérdidas pueden estimarse mediante un dictamen de expertos basándose en la cantidad de madera dañada que retira directamente del bosque (si se dispone de ese dato) o en los datos sobre la madera dañada que se utiliza posteriormente para fines comerciales o de otro tipo.

Si se separa la leña de la madera talada, las incertidumbres concomitantes pueden ser elevadas. Las fuentes de datos internacionales proporcionan estimaciones de incertidumbre que pueden utilizarse junto con los datos apropiados sobre la leña. Las incertidumbres en los datos nacionales sobre la recogida de leña pueden obtenerse del servicio forestal local o de un organismo estadístico, o pueden estimarse recurriendo a un experto.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos actividad deberían obtenerse utilizando los métodos del Capítulo 2. Las incertidumbres se sitúan entre el 1% y el 15% en 16 países europeos (Laitat *et al.*, 2000). La incertidumbre de los métodos de teledetección es de ±10-15%. Las subunidades conllevarán una incertidumbre mayor, a menos que se aumente el número de muestras: para un muestreo uniforme en igualdad de condiciones, una superficie igual a la décima parte del total nacional contendrá una décima parte del número de puntos de muestra y, por consiguiente, la incertidumbre será superior en aproximadamente la raíz cuadrada de 10, es decir, en torno a 3,16. Cuando no se disponga de datos nacionales sobre las áreas de tierras forestales, debería acudirse a las fuentes internacionales de datos para la realización del inventario, y utilizarse el valor de incertidumbre que indiquen.

3.2.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA

En la presente sección se detallan *buenas prácticas* para estimar las variaciones de las reservas de carbono asociadas a los depósitos de materia orgánica muerta. En las *Directrices del IPCC* se presupone, por defecto, que la variación de las reservas de carbono en esos depósitos no es significativa y puede considerarse nula, es decir, que las aportaciones compensan las pérdidas, de manera que las variaciones netas de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta resultan nulas. Sin embargo, según las *Directrices del IPCC* la materia orgánica muerta debería tenerse en cuenta en los métodos de inventario futuros, ya que la cantidad de carbono en la materia orgánica muerta es un reservorio significativo en muchos bosques del mundo. Obsérvese que sólo será necesario estimar los depósitos de materia orgánica muerta si se escogen el Nivel 2 o el Nivel 3.

Se ofrecen aquí orientaciones con respecto a dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta, y 2) detritus. El Cuadro 3.1.2 de la Sección 3.1.3 contiene definiciones detalladas de esos depósitos. La Ecuación 3.2.10 sintetiza el cálculo que permite determinar esa variación de los depósitos de carbono en la materia orgánica muerta.

ECUACIÓN 3.2.10
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTF_{MOM}} = \Delta C_{TFTF_{MM}} + \Delta C_{TFTF_{Dt}}$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{MOM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye la madera muerta de los detritus) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TFTF_{MM}}$ = variación de las reservas de carbono en madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TFTF_{Dt}}$ = variación de las reservas de carbono en detritus, en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

3.2.1.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

MADERA MUERTA

La madera muerta es un depósito diverso que plantea numerosos problemas prácticos de medición *in situ*, además de las correspondientes incertidumbres sobre las tasas de transferencia a detritus, suelos, o emisiones a la atmósfera. El carbono de la madera muerta varía considerablemente de una masa forestal a otra a lo largo del paisaje, tanto en las gestionadas (Duvall y Grigal, 1999; Chojnacky y Heath, 2002) como, incluso, en las no gestionadas (Spies *et al.*, 1988). Las cantidades de madera muerta dependen de la fecha de la última alteración, de la cantidad de material aportado (mortalidad) en la fecha de la alteración (Spies *et al.*, 1988), de las tasas de mortalidad natural, de la tasa de descomposición, y de la gestión. El planteamiento propuesto reconoce la importancia regional del tipo de bosque, del régimen de alteración y del régimen de gestión con respecto a las reservas de carbono en la madera muerta, y permite incorporar conocimientos y datos científicos disponibles.

DETRITUS

La acumulación de detritus está en función de la cantidad anual de detritus depositados en forma de hojas, briznas y ramillas, frutos, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición. La masa de detritus depende también de la fecha de la última alteración y del tipo de alteración. Durante las primeras etapas del desarrollo de las masas forestales, los detritus aumentan rápidamente. Prácticas de gestión tales como la recolección de madera, la quema de maleza o la preparación del lugar alteran enormemente las propiedades de los detritus (Fisher y Binkley, 2000), pero existen pocos estudios que documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono presente en los detritus (Smith y Heath, 2002).

La metodología propuesta tiene presente el importante impacto del tipo de bosque y del régimen de alteración o de las actividades de gestión sobre el carbono de los detritus, y permite la incorporación de datos y conocimientos científicos. Los supuestos en que se basa son:

- el carbono presente en el depósito de detritus termina alcanzando un valor estable, promediado espacialmente, que es específico del tipo de bosque, del régimen de alteración y de la práctica de gestión;
- los cambios conducentes a un nuevo valor estable del carbono en detritus se producen a lo largo de un tiempo de transición. Una de las columnas del Cuadro 3.2.1 contiene factores por defecto actualizados respecto del período de transición. El valor del carbono en detritus suele estabilizarse antes que las reservas de biomasa sobre el suelo; y
- el secuestro de carbono durante la transición a un nuevo estado de equilibrio es lineal.

3.2.1.2.1.1 Elección del método

En función de los datos disponibles, el país puede llegar a un nivel diferente para los depósitos de madera muerta y de detritus.

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en madera muerta

Las *Directrices del IPCC* no señalan como imprescindible la estimación o la notificación de la madera muerta o de los detritus, ya que se supone que el valor de esos depósitos se mantendrá, en promedio, constante a lo largo del tiempo y las entradas en los depósitos de materia muerta quedarán compensados por las salidas. En la OBP se mantiene este supuesto por defecto, pero se ofrecen sugerencias para la notificación de datos en niveles superiores, tanto para los fines de la Convención como para cumplir los requisitos del Capítulo 4.

La variación de las reservas de carbono en madera muerta para una superficie de tierra forestal dada puede calcularse indistintamente mediante la Ecuación 3.2.11 o mediante la Ecuación 3.2.12. Las superficies de tierra forestal se categorizarán por tipos de bosque, por regímenes de alteración, por regímenes de gestión o por otros factores que afecten notablemente a los depósitos de carbono en madera muerta. Las emisiones brutas de CO_2 procedentes de la madera muerta se calcularán como parte integrante de la Ecuación 3.2.11 en el Nivel 2 o en el Nivel 3.

ECUACIÓN 3.2.11
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (OPCIÓN 1)

$$\Delta C_{TFTF_{MM}} = [S \bullet (B_{hacia} - B_{desde})] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{MM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en ha

B_{hacia} = transferencia anual media hacia madera muerta, en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}

B_{desde} = transferencia anual media desde madera muerta, en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}

FC = fracción de carbono en materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

La transferencia anual al depósito de madera muerta, B_{hacia}, incluye la biomasa talada para la recolección pero abandonada en el lugar, la mortalidad natural, y la biomasa procedente de árboles muertos por incendios u otras perturbaciones pero no emitida en la fecha de la alteración. La transferencia anual media proveniente del depósito de madera muerta, B_{desde}, representa las emisiones de carbono del depósito de madera muerta. Para calcular éstas se multiplicará las reservas de carbono en madera muerta por una tasa de descomposición. Las *Directrices del IPCC* se basan en el supuesto de que B_{hacia} y B_{desde} se compensarán entre sí, de modo que $\Delta C_{TFTF_{MM}}$ será igual a 0.

La ecuación escogida dependerá de los datos disponibles. Puede ser difícil medir las transferencias hacia y desde un depósito de madera muerta en el caso de la Ecuación 3.2.11. El método de la variación de reservas descrito en la Ecuación 3.2.12 se utiliza con datos obtenidos de un muestreo, con arreglo a los principios establecidos en la Sección 5.3.

ECUACIÓN 3.2.12
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (OPCIÓN 2)

$$\Delta C_{TFTF_{MM}} = [S \bullet (B_{t_2} - B_{t_1}) / T] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{MM}}$ = variación anual en las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en ha

B_{t_1} = reservas de madera muerta en el momento t_1 para tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de m.s. ha^{-1}

B_{t_2} = reservas de madera muerta en el momento t_2 (momento anterior) para tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en toneladas m.s. ha^{-1}

T (= $t_2 - t_1$) = período comprendido entre el momento de la segunda estimación de reservas y el momento de la primera estimación de reservas, en años

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1.6) es útil para seleccionar el nivel apropiado con objeto de aplicar los procedimientos de estimación. Teóricamente, las Ecuaciones 3.2.11 y 3.2.12 deberían arrojar las mismas estimaciones de carbono. En la práctica, la disponibilidad de datos y la exactitud deseada determinarán la ecuación escogida.

Nivel 1 (por defecto): Las *Directrices del IPCC*, en concordancia con el sistema de notificación del Nivel 1, se basan en el supuesto de que el valor promedio de la tasa de transferencia al depósito de madera muerta es igual a la tasa de transferencia desde el depósito de madera muerta, de tal manera que la variación neta sea nula. Partiendo de ese supuesto, no habrá que cuantificar la magnitud del depósito de carbono en la madera muerta. Se sugiere que aquellos países que experimenten variaciones significativas de los tipos de bosque, o de los regímenes de alteración o gestión de sus bosques, obtengan datos de nivel nacional para cuantificar esas repercusiones y los notifiquen con arreglo a los Niveles 2 ó 3.

Nivel 2: La utilización de la Ecuación 3.2.11 o de la Ecuación 3.2.12 dependerá del tipo de datos disponibles a nivel nacional. Los datos de actividad son definidos por el país en función de los tipos de bosque significativos, de los regímenes de alteración o de gestión, o de otras variables importantes que afecten al depósito de madera muerta. Cuando se utiliza la Ecuación 3.2.11, las tasas de transferencia se determinan para el país en cuestión o se obtienen de fuentes regionales concordantes, por ejemplo de países colindantes. Para estimar las emisiones de carbono procedentes de las reservas de madera muerta se utilizan las tasas de descomposición específicas del país. La Ecuación 3.2.12 se utiliza cuando se conocen los valores por defecto de las reservas de carbono en madera muerta específicos del país.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 se utilizan cuando los países disponen de factores de emisión específicos y de una metodología coherente a nivel nacional. La metodología definida por el país puede estar basada en inventarios detallados de los bosques gestionados del país en parcelas de muestreo permanentes, y/o en modelos. El diseño estadístico del inventario, en concordancia con los principios establecidos en el Capítulo 5, proporcionará información sobre las incertidumbres asociadas al inventario. Los modelos utilizados se ajustarán a los principios estipulados en el Capítulo 5. La utilización de la Ecuación 3.2.11 o de la Ecuación 3.2.12 dependerá de los datos y de la metodología disponibles.

DETRITUS

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en detritus

Para estimar la variación de las reservas de carbono en los detritus se calculará la variación anual neta de las reservas en detritus para un área de tierra forestal que experimente una transición del estado *i* al estado *j*, como en la Ecuación 3.2.13:

ECUACIÓN 3.2.13
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTF_{Dt}} = \sum_{i,j} [(C_j - C_i) \bullet S_{ij}] / T_{ij} ,$$

donde,

$$C_i = Dt_{ref(i)} \bullet f_{intensidad\ gest(i)} \bullet f_{régimen\ alt(i)}$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{Dt}}$ = variación anual de las reservas de carbono en detritus, en toneladas de C año^{-1}

C_i = reservas estables en detritus, en el estado anterior *i*, en toneladas de C ha^{-1}

C_j = reservas estables en detritus, en el estado actual *j*, en toneladas de C ha^{-1}

S_{ij} = superficie forestal que experimenta una transición del estado *i* al estado *j*, en ha

T_{ij} = duración de la transición entre el estado *i* y el estado *j*, en años. El valor por defecto es 20 años

$Dt_{ref(i)}$ = valor de referencia de las reservas en los detritus de bosques nativos, no gestionados, correspondiente al estado *i*, en toneladas de C ha^{-1}

$f_{intensidad\ gest(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad de gestión o de las prácticas de gestión en Dt_{ref} en el estado *i*, sin dimensiones

$f_{régimen\ alt(i)}$= factor de ajuste que refleja un cambio del régimen de alteración con respecto a Dt_{ref} en el estado *i*, sin dimensiones

Los factores de ajuste por defecto que reflejan el efecto de la intensidad de gestión o del régimen de alteración tienen un valor de 1,0. En ocasiones, los datos sobre depósitos de detritus se obtienen en términos de materia seca, y no de carbono. Para convertir en carbono la masa de detritus expresada en materia seca se multiplicará el valor de la masa por un valor por defecto igual a 0,370 (Smith y Heath, 2002), y no la fracción de carbono utilizada para la biomasa.

Se supone que la transición de C_i a C_j tiene lugar durante un período de transición de T años (valor por defecto: 20 años). La variación total del depósito de carbono en detritus en un año cualquiera es igual a la suma de las emisiones/absorciones anuales para todas las tierras forestales que han experimentado cambios en el tipo de bosque, en las prácticas de gestión o en los regímenes de alteración durante un período de tiempo inferior a T años. El Cuadro 3.2.1 contiene valores por defecto actualizados de las reservas de carbono en detritus para tierras forestales maduras que siguen siendo forestales, tasas de acumulación netas para el valor por defecto de 20 años, valores actualizados de la duración del período de transición por defecto, y tasas de acumulación netas para el valor actualizado de los períodos de transición por defecto.

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1.6) puede ayudar a seleccionar el nivel apropiado para aplicar los procedimientos de estimación.

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, según los métodos de notificación del Nivel 1, se supone que la tasa de transferencia media al depósito de detritus es igual a la tasa de transferencia desde el depósito de detritus, de modo que la variación neta sea igual a 0. Según este supuesto, no es necesario cuantificar la magnitud del depósito en detritus. Se sugiere a los países que experimenten cambios importantes en el tipo de bosque o en los regímenes de alteración o de gestión de sus bosques que obtengan datos de ámbito nacional para cuantificar esa repercusión, y que los notifiquen con arreglo a los Niveles 2 ó 3.

Nivel 2: En este nivel se utiliza la Ecuación 3.2.13, o una formulación de la Ecuación 3.2.11, para el carbono en detritus, en función del tipo de datos disponibles a nivel nacional. Los datos de actividad son definidos por el país en función del tipo de bosque, del régimen de alteración o de gestión, o de otras variables importantes que afecten al depósito de la madera muerta. Cuando se hayan determinado las tasas de transferencia para ese país, o se hayan obtenido de fuentes regionales concordantes, por ejemplo de países colindantes, se utilizará la Ecuación 3.2.11, formulada para detritus. Para estimar las emisiones de carbono provenientes de las reservas de madera muerta se utilizarán tasas de disminución específicas del país. La Ecuación 3.2.12 se utiliza cuando los depósitos de carbono en detritus han sido medidos de manera consistente a lo largo del tiempo.

Nivel 3: La metodología para estimar las variaciones del carbono en detritus conlleva el desarrollo, la validación y la aplicación de un plan de inventario nacional o de sistemas de inventario utilizados con los modelos. En este nivel los depósitos están más relacionados, posiblemente por la obtención de mediciones o de muestras de todos los depósitos forestales en un mismo lugar. Dada la variabilidad espacial y temporal y la incertidumbre asociada al carbono en detritus, se sugiere que los países en que la variación del C en detritus procedente de bosques gestionados sea una categoría esencial cuantifiquen esas variaciones mediante inventarios de tipo estadístico o mediante modelos avanzados que hayan probado su capacidad para predecir con exactitud las variaciones específicas del lugar. El formato estadístico del inventario, con arreglo a los principios establecidos en el Capítulo 5, proporcionará información sobre las incertidumbres asociadas al inventario. Los modelos utilizados se ajustarán a los principios estipulados en el Capítulo 5. La utilización de la Ecuación 3.2.13 o de una variante para detritus de la Ecuación 3.2.11 dependerá de los datos y de la metodología disponibles.

CUADRO 3.2.1
VALORES POR DEFECTO ACTUALIZADOS DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS (EN TONELADAS DE C HA^{-1}) Y DE LOS PERÍODOS DE TRANSICIÓN (EN AÑOS)

(La acumulación anual neta del carbono en detritus esta basada principalmente en datos sobre bosques gestionados, y en un período por defecto de 20 años)

Clima	Tipo de bosque							
	Frondoso Caducifolio	**Conífero Perenne**	**Frondoso Caducifolio**	**Conífero Perenne**	**Frondoso Caducifolio**	**Conífero Perenne**	**Frondoso Caducifolio**	**Conífero Perenne**
	Carbono almacenado en detritus en bosques maduros (toneladas de C ha^{-1})		Duración del período de transición (años)		Acumulación anual neta de C en detritus durante el período de transición [bc] (toneladas de C ha^{-1} año^{-1})		Acumulación neta de C en detritus, basada en un período por defecto de 20 años (toneladas de C ha^{-1} año^{-1})	
Boreal, seco	25 (10-58)	31 (6-86)	50	80	0,5	0,4	1,2	1,6
Boreal, húmedo	39 (11-117)	55 (7-123)	50	80	0,8	0,7	2,0	2,8
Templado frío, seco	28 (23-33)[a]	27 (17-42) [a]	50	80	0,6	0,4	1,4	1,4
Templado frío, húmedo	16 (5-31) [a]	26 (10-48) [a]	50	50	0,3	0,5	0,8	1,3
Templado cálido, seco	28,2 (23,4-33,0)[a]	20,3 (17,3-21,1)[a]	75	75	0,4	0,3	1,4	1,0
Templado cálido, húmedo	13 (2-31) [a]	22 (6-42)[a]	50	30	0,3	0,7	0,6	1,1
Subtropical	2,8 (2-3)	4,1	20	20	0,1	0,2	0,1	0,2
Tropical	2,1 (1-3)	5,2	20	20	0,1	0,3	0,1	0,3

Fuente: Siltanen *et al.*, 1997; y Smith y Heath, 2002; Tremblay *et al.*, 2002; y Vogt *et al.*,1996, convertidos de unidades de masa en unidades de carbono multiplicando por el factor de conversión 0,37 (Smith y Heath, 2002).

Nota: Edades tomadas de Smith y Heath (2002).

[a] Los valores entre paréntesis que llevan "a" son los percentiles 5º y 95º obtenidos en simulaciones de parcelas de inventario, y los valores sin "a" representan el intervalo de valores completo.

[b] Estas columnas indican el aumento anual del carbono en detritus partiendo de un suelo desnudo en tierras convertidas en tierras forestales

[c] Obsérvese que las tasas de acumulación representan carbono que está siendo absorbido de la atmósfera. Sin embargo, en ciertas metodologías pueden consistir en transferencias de otros depósitos.

3.2.1.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

MADERA MUERTA

Nivel 1: Por defecto, se supondrá que las reservas de carbono en la madera muerta son estables en el conjunto de los bosques gestionados que siguen siendo bosques.

Nivel 2: Los valores específicos del país respecto de la transferencia de carbono en árboles vivos recolectados para obtener residuos pueden derivarse de los valores nacionales de los factores de expansión, teniendo presente el tipo de bosque (conífero/frondoso/mixto), la tasa de utilización de biomasa, las prácticas de recolección, y la cantidad de árboles dañados durante las operaciones de recolección. Los valores específicos del país respecto de los regímenes de alteración pueden obtenerse mediante estudios científicos. Si se obtienen factores de aporte específicos del país, los correspondientes factores de pérdida de los regímenes de recolección y de alteración se obtendrán también como datos específicos del país.

Nivel 3: En el Nivel 3, los países desarrollarán sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones en la madera muerta. Estos modos de trabajo se adoptarán en el marco del inventario nacional de bosques, realizando un muestreo periódico conforme a los principios establecidos en la Sección 5.3, que pueden utilizarse con estudios de modelización para emular la dinámica de todos los depósitos de tipo forestal. Los métodos del Nivel 3 proporcionan estimaciones con un grado de certidumbre mayor que los niveles inferiores, y en ellos los depósitos forestales están más vinculados. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que proporcionan, para cada tipo de perturbación, un esquema de reasignación de carbono entre diferentes depósitos (Kurz y Apps, 1992). Otros parámetros importantes para elaborar un modelo del balance del carbono en la madera muerta son las tasas de descomposición, que pueden variar en función del tipo de madera, de las condiciones microclimáticas, y de los procedimientos de preparación del lugar (p. ej, quemas controladas, o

quemas en pira). La Ecuación 3.2.12 puede utilizarse con datos de muestra obtenidos con arreglo a los principios establecidos en la Sección 5.3. En el Cuadro 3.2.2 se ofrecen datos que pueden ser útiles para establecer intercomparaciones entre modelos, pero que no son adecuados como valores por defecto.

CUADRO 3.2.2
VALORES POR DEFECTO ACTUALIZADOS DE LAS TASAS DE MORTALIDAD NATURAL, DE LAS RESERVAS DE MADERA MUERTA, Y DE LA RELACIÓN UNIDADES VIVAS/UNIDADES MUERTAS
(Obsérvese que estos valores están basados principalmente en bosques seminaturales y casi naturales)

Bioma[a]	**Tasa de mortalidad media (fracción anual de biomasa en pie)**	**Coeficiente de variación/Número de rodales**
Bosque tropical	0,0177	0,616/61
Bosque perenne	0,0116	1,059/49
Bosque caducifolio	0,0117	0,682/29
	Promedio (mediana) de las reservas en madera muerta	**Coeficiente de variación/Número de rodales**
Bosque tropical	18,2	2,12/37
Bosque perenne	43,4	1,12/64
Bosque caducifolio	34,7	1,00/62
	Promedio (mediana) del cociente material muerta/material viva	**Coeficiente de variación/Número de rodales**
Bosque tropical	0,11	0,75/10
Bosque perenne	0,20	1,33/18
Bosque caducifolio	0,14	0,77/19

Fuentes: Harmon, M. E., O. N. Krankina, M. Yatskov, y E. Matthews. 2001. Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data. Pp. 533-552 En: Lal, R., J. Kimble, B. A. Stewart, Assessment Methods for Soil Carbon, CRC Press, Nueva York

[a] Para la delimitación de los biomas, véase la Figura 3.1.3.

DETRITUS

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, y en concordancia con la notificación según el Nivel 1, se ha supuesto que las entradas y las salidas de detritus se compensan mutuamente, por lo que los depósitos se suponen estables. Se sugiere a los países que experimenten cambios importantes del tipo de bosque o de los regímenes de alteración o de gestión de sus bosques que obtengan datos de ámbito nacional para cuantificar ese impacto y que lo notifiquen en el marco de los Niveles 2 ó 3. Los valores por defecto figuran en el Cuadro 3.2.1. Estos valores podrán utilizarse como cálculo aproximado para determinar si el carbono en detritus es una categoría esencial, o para comprobar los valores específicos del país.

Nivel 2: Es una *buena práctica* utilizar los datos nacionales sobre los detritus para diferentes categorías de bosque, en combinación con valores por defecto si no se dispone de valores nacionales o regionales para algunas categorías de bosque. En el Cuadro 3.2.1 se ofrecen datos por defecto actualizados sobre las reservas en detritus, que no serán, sin embargo, sustitutivos de los datos nacionales cuando se disponga de éstos.

Nivel 3: Se dispone de estimaciones nacionales del carbono en detritus desglosadas para diferentes tipos de bosque y regímenes de alteración y de gestión, basándose en las mediciones obtenidas de los inventarios forestales nacionales o de un Programa especializado en inventarios de gases de efecto invernadero (GEI).

3.2.1.2.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad consisten en superficies forestales que lo siguen siendo, resumidas por principales tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. La superficie forestal total será coherente con las notificadas en virtud de otras secciones del presente capítulo, y en particular de la Sección 3.2.1.1. Las variaciones en la materia orgánica muerta podrían evaluarse mucho más fácilmente si esa información pudiera utilizarse con datos de ámbito nacional sobre el clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos. Los resúmenes por áreas del depósito en desperdicios pueden ser diferentes de los del depósito en madera muerta cuando los factores de emisión no varían para ciertos datos de actividad, por ejemplo, los clasificados por prácticas de gestión.

Las fuentes de datos variarán según el sistema de gestión forestal de un país, desde la realizada por contratistas o por empresas individuales hasta la que depende de órganos de reglamentación y organismos estatales responsables del inventario y gestión de los bosques, o de instituciones de investigación. El formato de los datos variará considerablemente, y podrá consistir en informes de actividad presentados regularmente en el marco de programas de incentivo o con arreglo a lo reglamentado, en inventarios de gestión de bosques o en imágenes obtenidas por teledetección.

3.2.1.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre asociada a los métodos del Nivel 3 es tan alta que, simplemente, se supuso que los depósitos de materia orgánica muerta eran estables durante el crecimiento de los bosques gestionados. Se supuso que el residuo de tala resultante de la recolección se descomponía instantáneamente en el momento de la recolección, emitiendo la totalidad de su masa en forma de dióxido de carbono. Se ignoraron las emisiones procedentes de la materia orgánica muerta causadas por perturbaciones tales como incendios, plagas de insectos o enfermedades. Se ignoró asimismo la dinámica del depósito de carbono en los detritus. Cuando se presupone un valor de emisiones nulo, la descripción de la incertidumbre en términos de porcentaje de las emisiones arroja un resultado indeterminado. Todo porcentaje multiplicado por 0 es igual a 0.

MADERA MUERTA

Puede estimarse que el 25% de la cantidad de C en los depósitos de biomasa viva es una cota máxima para el nivel de carbono contenido en la madera muerta. En términos absolutos, el valor máximo del C en la madera muerta es el 25% de la cantidad de C presente en los depósitos de biomasa viva, dividido por 5. Al dividir por 5, se simula la descomposición de la madera muerta a lo largo de cinco años. La utilización de datos de inventario y de modelos regionales y específicos del país en el marco de los Niveles 2 y 3 permite reducir notablemente las incertidumbres. Es posible preparar una encuesta sobre la madera muerta con un nivel de precisión dado. Para la madera muerta, pueden ser razonables unos valores determinados por el país comprendidos entre ±30%.

DETRITUS

Un análisis de los intervalos de valores del Cuadro 3.2.1 permitirá hacerse una idea de los valores de incertidumbre por defecto en el caso de los detritus. Para los depósitos en detritus, la incertidumbre será un factor aproximadamente igual a 1. Para las tasas de emisión o de secuestro, la incertidumbre es también un factor aproximadamente igual a 1. La utilización de datos y de modelos de inventario regionales y específicos del país en los Niveles 2 y 3 permite reducir notablemente las incertidumbres.

3.2.1.3 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

En la presente sección se examinan diversos procedimientos de estimación y *buenas prácticas* para estimar la variación de las reservas de carbono con origen y destino en suelos forestales. Se ofrecen orientaciones por separado para dos tipos de depósitos de carbono en suelos forestales: 1) la fracción orgánica de suelos forestales minerales, y 2) los suelos orgánicos. La variación de las reservas de carbono en suelos de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales ($\Delta C_{TFTF_{Suelos}}$) es igual a la suma de las variaciones de las reservas de carbono en suelos minerales ($\Delta C_{TFTF_{Minerales}}$) y en suelos orgánicos ($\Delta C_{TFTF_{Orgánicos}}$).

En la presente Orientación no se examinará el depósito de carbono en suelos inorgánicos, aunque se apunta la necesidad de unos procedimientos analíticos para los suelos que disciernan entre las fracciones orgánica e inorgánica cuando esta última sea importante.

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Se designa con este término un complejo de partículas y de moléculas orgánicas amorfas y de gran tamaño resultantes de la humidificación de los detritus sobre el suelo y bajo el suelo, e incorporadas en el suelo como partículas libres, o ligadas a partículas de suelos minerales. Contiene también ácidos orgánicos, microorganismos muertos y vivos, y sustancias sintetizadas a partir de sus productos de descomposición (Johnson *et al*., 1995).

Es una *buena práctica* separar los suelos forestales minerales de los orgánicos, ya que los procedimientos de estimación por defecto son diferentes.

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN SUELOS FORESTALES MINERALES

En términos mundiales, el contenido de carbono orgánico de los suelos forestales minerales (hasta 1 m de profundidad) varía entre menos de 10 y casi 20 kg C m^{-2}, con grandes desviaciones estándar (Jobbagy and Jackson, 2000). Hasta esa profundidad, los suelos forestales minerales contienen aproximadamente 700 Pg de C (Dixon *et al*., 1994). Dado que el aporte de materia orgánica proviene en gran medida de los detritus sobre el suelo, la materia orgánica de los suelos forestales tiende a concentrarse en los horizontes de suelo superiores, de manera que en los 100 cm más externos de un suelo mineral casi la mitad del carbono orgánico del suelo está contenido en los 30 cm superiores. El carbono contenido en el perfil superior suele ser el que más fácilmente se descompone, y el más directamente expuesto a perturbaciones naturales y antropógenas.

Debido a la falta de coherencia en las clasificaciones no existe una estimación a nivel mundial del contenido de carbono en suelos orgánicos forestados. Zoltai y Martikainen (1997) han estimado que las turberas forestadas abarcan entre 70 y 88 Mha (basándose en una profundidad mínima de 30 cm), con un contenido mundial de carbono del orden de 500 Pg.

RECUADRO 3.2.1
SUELOS ORGÁNICOS, TURBERAS Y HUMEDALES

Las expresiones "suelos orgánicos" y "turberas" se utilizan a veces como sinónimos en las publicaciones, aunque el término "turba", más comúnmente utilizado en las publicaciones ecológicas, en realidad hace referencia al origen del material orgánico, principalmente fragmentos de moho formados en condiciones anaeróbicas. La mera presencia de turba no es suficiente para definir un suelo como orgánico. Observése que, aunque los suelos orgánicos pueden estar recubiertos de capas de DFH (detritus, fermentación y humus), tales capas orgánicas no están presentes en un entorno anaeróbico.

Los humedales se identifican y se clasifican en base a sus propiedades hidrológicas, es decir, en función del predominio de las condiciones anaeróbicas. Los cenagales son humedales con un sustrato orgánico.

A los efectos del presente documento, deberían incluirse en la evaluación todos los suelos orgánicos de un bosque gestionado, con independencia del origen de su materia orgánica o del régimen hidrológico del suelo.

3.2.1.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La materia orgánica del suelo se encuentra en un estado de equilibrio dinámico entre entradas y salidas de carbono orgánico. Las entradas están determinadas en gran medida por la productividad del bosque, la descomposición de los detritus y su incorporación al suelo mineral; y, además, por las tasas de descomposición de la materia orgánica y el retorno del carbono a la atmósfera mediante salidas de control de respiración (Pregitzer, 2003). Otras pérdidas de carbono orgánico del suelo se derivan de la erosión o de la disolución del carbono orgánico, aunque estos procesos no producen necesariamente emisiones de carbono inmediatas.

Por lo general, las actividades humanas y otras perturbaciones alteran la dinámica del carbono en los suelos forestales. Los cambios de tipo de bosque, de productividad, de las tasas de descomposición y de las perturbaciones pueden modificar efectivamente el contenido de carbono de los suelos forestales. Diferentes actividades de gestión forestal, como la duración de la rotación, las prácticas de recolección (árbol entero o trozas de sierra; regeneración, tala parcial o aclareo), las actividades de preparación del lugar (incendios prescritos, escarificación del suelo) o la fertilización interfieren en mayor o menor medida con el carbono orgánico del suelo (Harmon y Marks, 2002; Liski *et al*., 2001; Johnson y Curtis, 2001). Es también previsible que la variación de los regímenes de alteración, particularmente en casos de incendio forestal grave, aparición de plagas y otras perturbaciones con sustitución de la masa forestal, alteren el depósito de carbono en suelos forestales (Li y Apps, 2002; de Groot *et al*., 2002).

SUELOS MINERALES

Pese al creciente volumen de publicaciones sobre los efectos del tipo de bosque, de las prácticas de gestión y de otras perturbaciones sobre el carbono orgánico de los suelos, la evidencia disponible sigue siendo, en gran medida, específica de determinados lugares o estudios, y está en buena parte influenciada por las condiciones climáticas, las propiedades del suelo, la escala temporal, la profundidad de suelo contemplada y la intensidad del muestreo (Johnson y Curtis, 2001; Hoover, 2003; Page-Dumroese *et al*., 2003). Los conocimientos actuales siguen siendo inconcluyentes con respecto a la magnitud y dirección de la variación de las reservas de carbono en suelos forestales minerales asociadas a un tipo de bosque o gestión y a otras perturbaciones, y no permiten extraer conclusiones generales.

La metodología propuesta reconoce el impacto, importante a escala regional, del tipo de bosque, de las actividades de gestión o de los regímenes de alteración sobre el balance de carbono de los suelos forestales minerales, y permite incorporar los datos y conocimientos científicos disponibles. Sin embargo, debido al carácter incompleto de los fundamentos científicos y a la incertidumbre que ello entraña, se asume el supuesto, adoptado en las *Directrices del IPCC*, de que las reservas de carbono en suelos forestales permanecen constantes, razón por la cual no se proporcionarán datos por defecto en el Nivel 1.

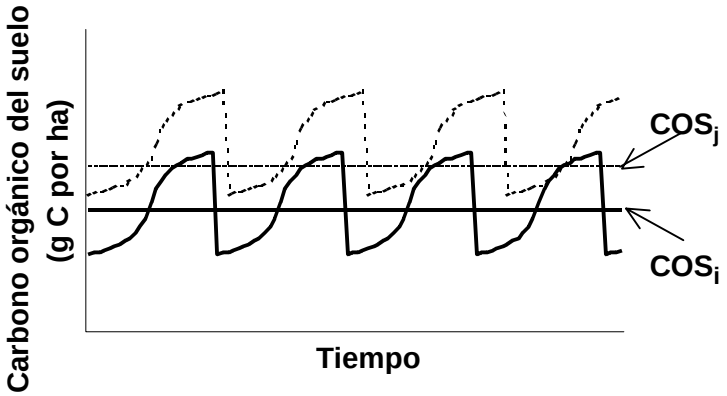
Conceptualmente, la metodología de los valores por defecto presupone para los suelos forestales un contenido de carbono estable y promediado espacialmente en los suelos minerales con arreglo a determinados tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. Este valor de equilibrio resulta alterado cuando tales estados o condiciones varían. Se adoptan los supuestos siguientes:

i) el carbono orgánico del suelo (COS) en los bosques alcanza a lo largo del tiempo un valor estable, promediado espacialmente, que es específico del suelo, del tipo de bosque y de las prácticas de gestión (por ejemplo, en plantaciones de coníferas tropicales en suelos de baja actividad). Este valor es un COS promediado en el tiempo cuyo valor de estimación óptimo se obtiene a lo largo de varias rotaciones o ciclos de alteración (Figura 3.2.1);

ii) los cambios de tipo de bosque o de gestión conducentes a un nuevo valor estable del COS se producen durante un tiempo de transición igual a la duración de una rotación o al intervalo de retorno de las perturbaciones naturales, en años;

iii) el secuestro/liberación de COS durante la transición a un nuevo COS en equilibrio se produce de manera lineal.

Figura 3.2.1 Dos valores de carbono orgánico del suelo promediados en el tiempo correspondientes a diferentes combinaciones de suelos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración.



SUELOS ORGÁNICOS

Al igual que en los suelos minerales, la acumulación o pérdida de carbono en suelos orgánicos se debe a un equilibrio entre entradas y salidas. Cuando las condiciones de lluvia o humedad dificultan en mayor o menor medida la descomposición de la materia orgánica, el aporte de materia orgánica puede ser superior a las pérdidas por descomposición, y la materia orgánica se acumula. El carbono liberado de los suelos orgánicos saturados a la atmósfera reviste casi siempre la forma de CH_4, mientras que en condiciones aeróbicas el flujo de C a la atmósfera se produce mayormente en forma de CO_2. La dinámica del C en los suelos orgánicos está estrechamente vinculada a los regímenes hidrológicos del lugar: la humedad disponible, la profundidad de la capa freática, y las condiciones de reducción-oxidación (Clymo, 1984; Thormann *et al*., 1999); aunque también la composición de la especie y la química de los detritus (Yavitt *et al.*, 1997). Este depósito de C responderá con facilidad a las actividades o sucesos que afecten a las condiciones de aireación y de descomposición.

El drenaje de los suelos orgánicos libera CO_2 por oxidación de la materia orgánica en la capa aeróbica, aunque esta pérdida de carbono puede resultar parcial o totalmente compensada por: 1) un mayor aporte de materia orgánica proveniente de la región superior; o 2) una disminución de los flujos naturales de CH_4. La magnitud de las emisiones de CO_2 está relacionada con la profundidad del drenaje, con la fertilidad y consistencia de la turba, y con la temperatura (Martikainen *et al*., 1995). El abandono del drenaje de los suelos orgánicos reduce estas emisiones de CO_2 y puede incluso restablecer el potencial de secuestro neto de carbono en los suelos orgánicos forestados (véase también la Sección 3a.3.2 (Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba) del Apéndice 3a.3, y la Sección 3.2.1.4 (Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2)). El CO_2 liberado de la oxidación de la materia orgánica tras el drenaje se considera antropógeno. Las emisiones procedentes de turberas forestadas no drenadas y no gestionadas se consideran naturales, por lo que no son tenidas en cuenta.

Otras actividades de gestión forestal alterarán probablemente la dinámica del C en los suelos orgánicos subyacentes. La recolección, por ejemplo, puede causar un aumento de la capa freática debido a una menor intercepción, evaporación y transpiración (Dubé *et al*., 1995).

Aunque hay ciertos indicios del efecto de las actividades antropógenas sobre los suelos orgánicos forestados, los datos y la información siguen siendo en gran medida específicos del lugar, y difícilmente se prestan a generalizaciones. El flujo de carbono neto de los suelos orgánicos suele estimarse directamente a partir de mediciones efectuadas en cámara o en torre de flujo (Lafleur, 2002).

3.2.1.3.1.1 Elección del método

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en el suelo

SUELOS MINERALES

Conceptualmente, las emisiones o absorciones de carbono del depósito de suelos forestales minerales pueden calcularse en forma de variaciones anuales de las reservas de carbono orgánico del suelo para un área de tierras forestales que experimente una transición del estado *i* al estado *j*, donde cada estado corresponde a una combinación dada de tipo de bosque, intensidad de gestión y régimen de alteración. Esta idea queda ilustrada en la Ecuación 3.2.14:

ECUACIÓN 3.2.14
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTF_{Minerales}} = \sum_{ij} [(COS_j - COS_i) \bullet S_{ij}] / T_{ij}$$

donde,

$$COS_i = COS_{ref} \bullet f_{tipo\ bosque(i)} \bullet f_{intensidad\ gest(i)} \bullet f_{régimen\ alt(i)}$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

COS_i = reservas estables de carbono orgánico del suelo en el estado anterior *i*, en toneladas de C ha^{-1}

COS_j = reservas estables de carbono orgánico del suelo en el estado actual *j*, en toneladas de C ha^{-1}

S_{ij} = superficie forestal que experimenta una transición del estado *i* al estado *j*, en ha

T_{ij} = duración de la transición de COS_i a COS_j, en años. El valor por defecto son 20 años

COS_{ref} = reservas de carbono de referencia en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado, en toneladas de C ha^{-1}

$f_{tipo\ bosque(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio de bosque nativo a un tipo de bosque en el estado *i*, sin dimensiones

$f_{intensidad\ gest(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad de gestión o de las prácticas de gestión sobre el bosque en el estado *i*, sin dimensiones

$f_{régimen\ alt(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio del régimen de alteración al estado *i* con respecto al bosque nativo, sin dimensiones

Se supondrá que la transición de COS_i a COS_j tiene una duración de T años (valor por defecto: 20 años). En otras palabras, $\Delta C > 0$ siempre y cuando hayan transcurrido menos de T años desde el comienzo del cambio del tipo de bosque, de las prácticas de gestión o del régimen de alteración. Los cambios de COS totales en un año cualquiera son iguales a la suma de las emisiones/absorciones anuales para todos los tipos de bosque que han experimentado cambios del tipo de bosque, de las prácticas de gestión o de los regímenes de alteración durante un periodo inferior a T años.

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1) puede servir de ayuda para seleccionar el nivel apropiado que permita aplicar los procedimientos de estimación.

Nivel 1: Este nivel es apropiado para los países que utilizan el procedimiento por defecto de las *Directrices del IPCC*, o para los países en que esta subcategoría no es importante y no existen apenas datos específicos del país sobre el COS de los suelos forestales minerales con los tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración dominantes. Las metodologías del Nivel 1 están basadas en el supuesto de que cuando el bosque sigue siendo bosque las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo no varía, con independencia de los cambios de gestión del bosque, del tipo de bosque o del régimen de alteración (es decir, $COS_j = COS_i = \ldots = COS_n$); en otras palabras, las reservas de carbono en los suelos minerales permanecen constantes siempre y cuando las tierras sigan siendo bosques.

Nivel 2: Los países en que esta subcategoría es importante deberían desarrollar o seleccionar unos factores de ajuste $f_{tipo\ bosque}$, $f_{intensidad\ gest}$ y $f_{régimen\ alt}$ representativos que reflejen el impacto de diferentes tipos de bosque, prácticas de gestión o regímenes de alteración sobre el COS mineral, y un valor de COS_{ref} para sus propios ecosistemas forestales nativos no gestionados. Se desarrollarán valores de ámbito nacional para el período de transición T, y podrá modificarse el supuesto de que las tasas de variación del COS son lineales, a fin de reflejar mejor la dinámica temporal real del secuestro o liberación del carbono del suelo.

Nivel 3: El Nivel 3 es apropiado para los países en que las emisiones/absorciones en los suelos minerales de sus bosques gestionados son importantes, mientras que los conocimientos actuales y los datos disponibles permiten desarrollar una metodología de estimación exacta y de alcance completo a nivel nacional. Para ello es necesario desarrollar, validar y aplicar un plan de vigilancia de ámbito nacional y/o una herramienta de modelización,

junto con los parámetros correspondientes. Los elementos básicos de toda metodología específica de un país están adaptados de Webbnet Land Resource Services Pty ltd, 1999:

- estratificación por zonas climáticas, por tipos de bosque principales y por regímenes de gestión, coherente con la utilizada en otras secciones del inventario, especialmente para los demás depósitos de carbono de la presente sección;
- determinación de los tipos de suelo dominantes en cada estrato;
- caracterización de los correspondientes depósitos de carbono del suelo, identificación de los procesos determinantes de las tasas de entrada y salida de COS, y de las condiciones en que se producen estos procesos; y
- determinación y aplicación de métodos adecuados para estimar en la práctica las emisiones/absorciones de carbono para cada estrato de suelos forestales, con procedimientos de validación incluidos; como consideraciones metodológicas, deberían combinarse las actividades de vigilancia (por ejemplo, la realización de sucesivos inventarios del suelo forestal) con los estudios de modelización y con el establecimiento de lugares de referencia. En otras publicaciones científicas (Kimble *et al*., 2003; Lal *et al*., 2001; McKenzie *et al*., 2000), pueden obtenerse más orientaciones sobre unas buenas prácticas de vigilancia del suelo, y en la Sección 5.3 se ofrecen orientaciones genéricas sobre las técnicas de muestreo. Los modelos desarrollados o adoptados para ese fin deberían ser revisados por otros expertos y validados mediante observaciones representativas de los ecosistemas estudiados e independientes de los datos de calibración.

La metodología debería ser completa y abarcar todas las tierras forestales gestionadas y todas la influencias antropógenas sobre la dinámica del COS. En el Nivel 3, algunos de los supuestos en que se basan las estimaciones podrán diferir de los inherentes a la metodología por defecto, siempre y cuando todo nuevo supuesto tenga un fundamento científico claro. En el Nivel 3 podrán tenerse en cuenta también factores que influyan en las emisiones y absorciones de C en suelos forestales aunque no estén contemplados en el planteamiento por defecto. Por último, en el Nivel 3 es de esperar que los cálculos tengan una mayor resolución temporal y espacial. En este nivel es una *buena práctica*, a efectos de contabilización, incluir el COS en una evaluación ecosistémica integrada de todos los depósitos de carbono forestal, con vínculos explícitos entre los depósitos del suelo, de la biomasa y de la materia orgánica muerta.

En la metodología nacional, la verificación debería ser un componente importante que permita recopilar datos independientes para verificar la aplicabilidad de los valores por defecto y de los parámetros nacionales. Las actividades de verificación tendrán lugar a diversas escalas espaciales y temporales, y podrán incorporar datos procedentes de métodos de inventario básicos, de teledetección y de modelos. En el Capítulo 5 se detallan diversas metodologías generales para verificar las estimaciones de inventario.

SUELOS ORGÁNICOS

En la actualidad, las limitaciones de los conocimientos y de los datos dificultan el desarrollo de una metodología por defecto que permita estimar las emisiones de CO_2 hacia suelos forestales orgánicos drenados y desde ellos. Las orientaciones se limitarán a la estimación de las emisiones de carbono asociadas al drenaje de suelos orgánicos en bosques gestionados (Ecuación 3.2.15).

ECUACIÓN 3.2.15
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS FORESTALES ORGÁNICOS DRENADOS

$$\Delta C_{TFTF_{Orgánicos}} = S_{Drenado} \bullet FE_{Drenaje}$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{Orgánicos}}$ = emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales orgánicos drenados, en toneladas de C año^{-1}

$S_{Drenado}$ = superficie de suelo forestal orgánico drenado, en ha

$FE_{Drenaje}$= factor de emisión de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados, en C ha^{-1} año^{-1} (véase el Cuadro 3.2.3)

CUADRO 3.2.3
VALORES POR DEFECTO DEL FACTOR DE EMISIÓN DE CARBONO EN FORMA DE CO_2 PARA SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS EN BOSQUES GESTIONADOS

Biomas	Factores de emisión (toneladas C ha^{-1} $año^{-1}$)	
	Valores	Tramos
Bosques tropicales	1,36	0,82 – 3,82
Bosques de regiones templadas	0,68	0,41 – 1,91
Bosques boreales	0,16	0,08 – 1,09

Se supondrá que las emisiones prosiguen mientras subsista la capa orgánica aeróbica y el suelo esté considerado como suelo orgánico.

Nivel 1: Los procedimientos de cálculo del Nivel 1 conllevan la producción de datos específicos del país sobre el área de suelos forestales orgánicos drenados, y la aplicación del factor de emisión por defecto apropiado. Este nivel es adecuado para los países en que esta subcategoría no es importante, y para aquellos casos en que no se disponga de valores de $FE_{Drenaje}$ representativos.

Nivel 2: El Nivel 2 es apropiado para aquellos países en que esta subcategoría es importante; tales países desarrollarán o seleccionarán valores de $FE_{Drenaje}$ representativos.

Nivel 3: El Nivel 3 conlleva la estimación de las emisiones y absorciones de carbono en forma de CO_2 asociadas al área total de suelos orgánicos forestados, incluida toda actividad antropógena que pueda alterar el régimen hidrológico, la temperatura de la superficie y la composición de la vegetación de los suelos orgánicos forestados, así como la estimación de las perturbaciones importantes, como los incendios. En cuanto a los procedimientos de estimación del Nivel 3, es una *buena práctica* realizar un balance de carbono completo de los suelos orgánicos forestados, incluidos los flujos de CO_2 y de CH_4. Los métodos del Nivel 3 deberían ser también coherentes con los procedimientos de estimación de los GEI distintos del CO_2 indicados en la Sección 3.2.1.4. Los procedimientos de estimación del Nivel 3 serán apropiados si los bosques gestionados de un país abarcan una gran extensión de suelos orgánicos.

En la Figura 3.1.1 (Sección 3.1) se ofrecen orientaciones para la elección del nivel adecuado para estimar las emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales orgánicos drenados.

3.2.1.3.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

SUELOS MINERALES

Los parámetros a estimar son $COS_{i,j}$, T_{ij}, COS_{ref}, $f_{tipo\ bosque}$, $f_{intensidad\ gest}$, y $f_{régimen\ alt}$.

Nivel 1: El nivel de conocimiento actual de los suelos forestales gestionados no permite obtener parámetros por defecto respecto de las reservas de carbono en el suelo ($COS_{i,j}$). En el Cuadro 3.2.4 se ofrecen valores por defecto de COS_{ref}, es decir, del contenido de carbono orgánico en suelos forestales minerales con vegetación nativa, para una profundidad de 0-30 cm.

Nivel 2: En este nivel, los países aportan sus propios valores de COS_{ref}, recopilados a partir de estudios publicados o encuestas representativos de los principales tipos de suelo y de bosque nativo. Esos valores suelen obtenerse desarrollando y/o compilando grandes bases de datos sobre perfiles de suelo (Scott *et al*., 2002; NSSC, 1997; Siltanen *et al*., 1997).

El contenido de carbono por unidad de superficie (o las reservas de carbono) debería notificarse en toneladas de C ha^{-1} para una profundidad o capa del suelo dada (por ejemplo, hasta 100 cm, o para la capa comprendida entre 0 y 30 cm). Como se indica en la Ecuación 3.2.16, el contenido total de COS se obtiene sumando el contenido de COS de los distintos horizontes o capas de suelo integrantes; el contenido de COS de cada horizonte o capa se calcula multiplicando la concentración de carbono orgánico en una muestra de suelo ((g C (kg de suelo)$^{-1}$) por la correspondiente profundidad y densidad aparente (Mg m^{-3}), e introduciendo ajustes para reflejar el volumen de suelo ocupado por fragmentos gruesos:

CUADRO 3.2.4
VALOR DE REFERENCIA POR DEFECTO (CON VEGETACIÓN NATIVA) DE LAS RESERVAS DE C ORGÁNICO EN EL SUELO (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)

Región	Suelos AAA[1]	Suelos ABA[2]	Suelos arenosos[3]	Suelos espódicos[4]	Suelos volcánicos[5]	Suelos de humedal[6]
Boreal	68	NA	10#	117	20#	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20#	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70#	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50#	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70#	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130#	

Nota: Los datos han sido obtenidos de bases de datos sobre suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar, en forma de porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", ya que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

[1] Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcilla silicatada 2:1 (en la clasificación de la Base mundial de referencia para los recursos edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, y regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

[2] Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación de la BMR, se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferralsoles, y durisoles; en la clasificación del USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

[3] Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla, en base a análisis de textura tipificados (en la clasificación de la BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

[4] Suelos muy podzolizados (en la clasificación de la BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación del USDA, los espodosoles)

[5] Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

[6] Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

ECUACIÓN 3.2.16
CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

$$COS = \sum_{horizonte=1}^{horizonte=n} COS_{horizonte} = \sum_{horizonte=1}^{horizonte=n} \left([COS] \bullet Densidad\ aparente \bullet Profundida\ d \bullet (1 - frag) \bullet 10\right)_{horizonte}$$

Donde:

COS = contenido de carbono orgánico del suelo, representativo del tipo de bosque y del suelo en cuestión, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{horizonte}$ = contenido de carbono orgánico del suelo para un horizonte de suelo constituyente, en toneladas de C ha^{-1}

[COS] = concentración de carbono orgánico del suelo para una masa de suelo dada obtenida de análisis de laboratorio, en g C (kg de suelo)$^{-1}$

Densidad aparente = masa de suelo por volumen de muestra, en toneladas de suelo m^{-3} (equivalentes a Mg m^{-3})

Profundidad = profundidad del horizonte o espesor de la capa de suelo, en m

frag = volumen porcentual de fragmentos gruesos/100, sin dimensiones[2]

[2] El valor [COS] suele determinarse para la fracción de tierra fina (por lo general, < 2 mm). La densidad aparente debería corregirse para reflejar la proporción de volumen de suelo ocupada por fragmentos gruesos (es decir, partículas de diámetro < 2 mm).

Deberían elaborarse unos valores estables de COS_i, COS_j específicos del país o de la región, para las principales combinaciones de tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. Se dará prioridad a los factores que produzcan el mayor efecto general, teniendo en cuenta el impacto sobre el COS de los bosques y la extensión de los bosques afectados. Las prácticas de gestión pueden denominarse, a grandes rasgos, intensivas (por ejemplo, plantaciones forestales con preparación y fertilización intensiva del lugar) o extensivas (bosques naturales con intervención mínima); estas categorías pueden redefinirse también con arreglo a las circunstancias nacionales. El desarrollo de factores de ajuste estará basado probablemente en estudios intensivos efectuados en lugares experimentales y en parcelas de muestreo, con comparaciones de lugares emparejados y replicados (Johnson *et al*., 2002; Olsson *et al*., 1996; véanse también las descripciones de Johnson & Curtis, 2001, y Hoover, 2003.). En la práctica, no será posible a veces separar los efectos de diferentes tipos de bosque, de prácticas de gestión intensiva y de regímenes de alteración alterados, en cuyo caso algunos factores de ajuste podrán combinarse en un único modificador. Si un país dispone de datos bien documentados respecto de los diferentes tipos de bosque con arreglo a diferentes regímenes de gestión, tal vez fuera posible obtener directamente el valor de COS_i, sin utilizar las reservas de carbono de referencia ni los factores de ajuste. La estimación del efecto de los regímenes de alteración variables en áreas muy extensas mediante estudios de muestreo puede plantear problemas logísticos insolubles. Los estudios de modelización proporcionan una metodología alternativa para obtener esos factores de ajuste (Bhatti *et al*., 2001).

La duración de los períodos T de transición entre valores de COS_i estables puede estimarse observando durante largos períodos de tiempo las variaciones del COS en los bosques. Es posible también revaluar el supuesto de una tasa lineal de variación de las reservas de carbono durante la transición de un tipo de bosque/régimen de gestión a otro.

Nivel 3: Las metodologías y parámetros específicos del país estarían basados en programas de vigilancia rigurosos, combinados con estudios de modelización empíricos y/o de procesos. El sistema nacional deberá representar todos los tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración significativos. Los modelos deberán ser validados mediante observaciones independientes obtenidas de estudios específicos del país o de la región que abarquen todos los tipos existentes de condiciones climáticas, tipos de suelo y prácticas de gestión. Esos mismos criterios de calidad descritos para el Nivel 2 son también aplicables a los datos sobre el COS. Debería disponerse también de documentación sobre la estructura, la frecuencia de actualización y los procedimientos, y sobre los procedimientos de CC/GC en relación con las bases de datos de COS.

SUELOS ORGÁNICOS

Los parámetros a estimar son el factor o factores de emisión de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados: $FE_{Drenaje}$.

Nivel 1: En el Cuadro 3.2.3 se indican valores por defecto de $FE_{Drenaje}$, obtenidos de los valores correspondientes que figuran en las *Directrices del IPCC* (Manual de Referencia, Sección 5.3.9) para la conversión en pastos/bosques. Esos valores son aplicables en tanto en cuanto haya suelos orgánicos drenados.

Nivel 2: Los países que desarrollen sus propios factores de emisión o que adopten otros diferentes de los valores por defecto proporcionarán evidencias fundamentadas científicamente sobre su fiabilidad y representatividad, documentarán los procedimientos experimentales utilizados para obtenerlas, y proporcionarán estimaciones de incertidumbre.

3.2.1.3.1.3 Elección de datos de actividad

Es una *buena práctica* diferenciar entre los bosques gestionados que tienen suelos minerales y los que tienen suelos orgánicos. Los criterios para definir los suelos orgánicos están indicados en el Glosario. A los efectos de la presente evaluación, la profundidad de la capa orgánica no es tan importante como su presencia; por ello, se sugiere a los países que utilicen sus propios criterios de profundidad para diferenciar entre suelos orgánicos y minerales. Son suelos minerales todos aquellos que no se ajustan a la definición de suelos orgánicos.

Los inventarios de bosques son, cuando incluyen descripciones de suelos, fuentes de datos preferentes. Mediante programas de muestreo estadísticos y estratificados es posible estimar la proporción de bosques gestionados con suelos orgánicos, aunque sin conocer su ubicación. Sin embargo, ese tipo de programas constituye un primer paso aceptable para determinar la importancia de los suelos orgánicos forestados. También puede obtenerse una estimación de la superficie de bosques con suelos orgánicos mediante mapas de suelos superpuestos y mapas de la cubierta terrestre o de uso de las tierras. Sin embargo, la incertidumbre relativa asociada a este tipo de ejercicio SIG es elevada, ya que combina los errores y omisiones de todos los mapas utilizados. Los libros de texto habituales sobre el SIG contienen orientaciones sobre el tratamiento de errores en los ejercicios de superposición.

SUELOS MINERALES

Nivel 2: Los datos de actividad se refieren a los principales tipos de bosque, prácticas de gestión, regímenes de alteración y áreas correspondientes, en consonancia con las orientaciones indicadas en el Capítulo 2. De preferencia, los datos deberían estar vinculados al inventario de bosques nacionales, cuando exista alguno, o a las bases de datos nacionales sobre suelos y climas.

Algunos cambios típicos consisten en: conversión de bosques no gestionados en bosques gestionados; conversión de bosques nativos en nuevos tipos de bosque; intensificación de las actividades de gestión de los bosques, como la preparación del lugar, la plantación de árboles y una mayor frecuencia de rotación; cambio de prácticas de recolección (recolección de troncos en lugar de árboles enteros; cantidad de residuos dejados en el lugar); frecuencia de las perturbaciones (brotes de plagas y enfermedades, crecidas, incendios, etc.). Las fuentes de datos variarán en función del sistema de gestión de bosques del país, aunque podrían ser también entidades contratadas o empresas, autoridades forestales oficiales, instituciones de investigación u organismos responsables de inventarios forestales. El formato de los datos varía ampliamente, y podría consistir en informes de actividad, inventarios de gestión forestal, o imágenes obtenidas por teledetección.

Los registros deberían abarcar períodos suficientemente largos para incluir todos los cambios importantes sucedidos en los T años elegidos como período de transición; en caso contrario, sería necesaria una predicción retrospectiva.

Nivel 3: Es una *buena práctica* adoptar los mismos tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración que los utilizados para estimar las emisiones/absorciones en otros depósitos forestales.

SUELOS ORGÁNICOS

Los datos de actividad consisten en $S_{Drenaje}$, que es la superficie de suelo orgánico drenado (incluidas las turberas) ocupada por los bosques. Las fuentes de datos probables son los registros de gestión forestal de la industria o de las autoridades forestales oficiales. Alternativamente, podrán recabarse conocimientos de expertos de esas organizaciones.

3.2.1.3.1.4 Evaluación de la incertidumbre

SUELOS MINERALES

El mayor nivel de incertidumbre se obtiene en la determinación de los valores de COS (en toneladas de C ha^{-1}) en grandes extensiones (Ecuación 3.2.14). Los valores por defecto contienen una alta incertidumbre intrínseca cuando se aplican a países específicos. El Cuadro 3.2.4 contiene valores de la desviación estándar de las reservas de carbono en suelos de referencia por defecto con vegetación nativa.

Para los países que desarrollan sus propios valores de COS, las dos principales fuentes de incertidumbre son la densidad aparente del suelo y el volumen de suelo ocupado por fragmentos gruesos. Cuando se calculen los valores de COS de un bosque, se supondrá una incertidumbre de 40% para la densidad aparente, y un factor de incertidumbre igual a 2 para el volumen de suelo ocupado por fragmentos gruesos. Se supondrá que los 30 cm superiores de los suelos forestales minerales contienen un 50% del COS total. La incertidumbre asociada a los muestreos someros puede reducirse obteniendo evidencia científica sobre: 1) la proporción de COS total contenida en la profundidad de suelo muestreada; y 2) la profundidad a la que el COS responde a los cambios de tipo de bosque, de prácticas de gestión y de regímenes de alteración. En el Recuadro 5.2.4 del Capítulo 5 se ofrecen directrices genéricas sobre la manera de tratar las incertidumbres cuando se obtienen estimaciones a partir de los resultados de los modelos.

SUELOS ORGÁNICOS

Las incertidumbres más acusadas provienen de los factores de emisión de CO_2 en suelos orgánicos drenados. Se supondrá que $FE_{Drenaje}$ varía en un factor de 2. La medición de las reservas de carbono en suelos orgánicos plantea un problema considerable, debido a la alta variabilidad de la densidad aparente (de 0,05 a 0,2 g cm^3, es decir, una diferencia de 1 a 4), y de la profundidad total de la capa orgánica (una fuente aún mayor de variabilidad). Se añaden a ello las incertidumbres derivadas de la circunstancia de que en las variaciones de las reservas de carbono no se diferencia entre la transferencia de carbono fuera del lugar en forma de materia orgánica disuelta y las emisiones a la atmósfera.

3.2.1.4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

En esta sección se examinan las emisiones de N_2O procedentes de suelos forestales y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 procedentes de la quema de biomasa. El N_2O y el NO_x se producen principalmente en los suelos como subproducto de la nitrificación y de la desnitrificación. Las emisiones son estimuladas directamente por la fertilización nitrogenada de los bosques y por el drenaje de los suelos forestales húmedos (Apéndice 3a.2), e indirectamente por la deposición de N procedente de la atmósfera y de la lixiviación y escorrentía. Las emisiones de N_2O indirectas se examinan en el capítulo sobre agricultura de las *Directrices del IPCC*, por lo que no se abordarán en el presente texto, a fin de evitar el doble cómputo. El encalado de los suelos forestales puede reducir las emisiones de N_2O en algunos entornos, aunque también puede aumentarlas en otros (Klemedtsson *et al*., 1997, Mosier *et al*., 1998, Papen y Butterbach-Bahl, 1999). La gestión de los bosques, por ejemplo cuando consiste en una tala completa o parcial, puede incrementar las emisiones de N_2O. Sin embargo, los datos disponibles son insuficientes y algo contradictorios, por lo que en la presente sección no se examinará el impacto de esas prácticas.

La forestación con especies de árboles que fijan N puede incrementar las emisiones de N_2O durante buena parte de la vida útil del bosque, pero los datos de que se dispone son demasiado limitados para ofrecer una metodología por defecto.

El sumidero de CH_4 en suelos forestales aireados y no perturbados es un proceso natural, y su valor se estima, en promedio, en 2,4 kg de CH_4/ha/año (Smith *et al.*, 2000). La gestión de los bosques, y particularmente la fertilización por N, pueden alterar notablemente ese sumidero de CH_4. Por el momento, no se ofrecen métodos ni datos que permitan estimar las variaciones en la oxidación del metano. A medida que se disponga de más información, tal vez sea posible examinar más en detalle diversas actividades y sus efectos sobre la oxidación del metano en tierras fertilizadas.

ÓXIDO NITROSO

En el Capítulo 4 (Agricultura) de las *Directrices del IPCC* se hace referencia a las emisiones de N_2O provenientes de la fertilización nitrogenada, así como a las provenientes de la deposición de nitrógeno en forma de "emisiones indirectas de N_2O". Se ofrecen a continuación orientaciones específicas en relación con los métodos del Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC* para estimar las emisiones de N_2O en bosques procedentes de fertilizantes. La metodología para estimar las emisiones de N_2O procedentes del drenaje de suelos forestales húmedos figura en el Apéndice 3a.2. Los bosques reciben deposiciones de nitrógeno de la atmósfera, así como de la escorrentía y lixiviación procedente de campos agrícolas adyacentes. En el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* se incluyen ya esas emisiones de N_2O procedentes de la deposición, escorrentía y lixiviación de N como "emisiones indirectas". Tales emisiones no se examinarán en la presente sección, para evitar un doble cómputo. En los bosques en que se aplica fertilizante nitrogenado, se supondrá que la lixiviación y escorrentía hacia áreas no forestales o áreas forestales no fertilizadas es despreciable. La razón para ello es que la lixiviación y la escorrentía son menores en bosques que en tierras agrícolas, y que el factor de emisión utilizado en las *Directrices del IPCC* parece ser demasiado elevado.

3.2.1.4.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

El método utilizado para estimar las emisiones de N_2O procedentes de suelos forestales es idéntico al indicado en las *Directrices del IPCC*, en el apartado sobre agricultura, y descrito en *OBP2000*. La ecuación básica, tomada de *OBP2000*, es la Ecuación 3.2.17.

ECUACIÓN 3.2.17
EMISIONES DIRECTAS DE N_2O PROCEDENTES DE BOSQUES GESTIONADOS

$$N_2O\ \text{directo-}N_{TFTF} = (N_2O\ \text{directo-}N_{fertilizante} + N_2O\ \text{directo-}N_{drenaje})$$

Donde:

N_2O directo-N_{TFTF} = emisiones directas de N_2O procedentes de bosques gestionados, en unidades de nitrógeno, Gg N

N_2O directo-$N_{fertilizante}$ = emisiones directas de N_2O procedentes de la fertilización de bosques, en unidades de nitrógeno, Gg N

N_2O directo-$N_{drenaje}$ = emisiones directas de N_2O procedentes del drenaje de suelos forestales húmedos, en unidades de nitrógeno, Gg N

El método para estimar las emisiones de N_2O procedentes de la aplicación de fertilizantes en bosques se describe en la Ecuación 3.2.18, en las secciones siguientes. El método para estimar las emisiones de N_2O procedentes del drenado de suelos forestales húmedos se describe en el Apéndice 3a.2, y podrá aplicarse opcionalmente cuando se disponga de datos.

3.2.1.4.1.1 Elección del método

En la Figura 3.1.1 se representa el árbol de decisiones que permite seleccionar el nivel correspondiente a las emisiones de N_2O procedentes de tierras forestales. Como se indica en la Ecuación 3.2.17, las emisiones de N_2O abarcan dos fuentes: la fertilización de los bosques, y el drenaje de los suelos forestales húmedos.

Nivel 1: Las tasas de emisión son idénticas para la fertilización por N_2O en áreas forestales y en áreas agrícolas. Así, una *buena práctica* con arreglo a *OBP2000* consistiría en estimar las emisiones de N_2O procedentes de los aportes de nitrógeno como fertilizante mineral u orgánico a los bosques. Las emisiones de N_2O procedentes de estiércol de animales que pastan en áreas forestales se recogen en las *Directrices del IPCC*, en la sección sobre suelos agrícolas del capítulo Agricultura, como emisiones de pastos/praderas/apacentaderos, y no deberían estimarse por separado en la sección sobre bosques.

Las emisiones directas de N_2O provenientes de la fertilización de bosques se calculan como en la Ecuación 3.2.18:

ECUACIÓN 3.2.18
EMISIONES DIRECTAS DE N_2O PROCEDENTES DE LA FERTILIZACIÓN DE BOSQUES

$$N_2O\ \text{directo-}N_{fertilizante} = (F_{NS} + F_{NO}) \bullet FE_1)$$

Donde:

N_2O directo-$N_{fertilizante}$ = emisiones directas de N_2O procedentes de la fertilización de bosques, en unidades de nitrógeno, Gg N

F_{NS} = cantidad anual de nitrógeno fertilizante sintético aplicado a los suelos forestales, ajustado para reflejar la volatilización en forma de NH_3 y NO_x, en Gg N

F_{NO} = cantidad anual de nitrógeno fertilizante orgánico aplicado a los suelos forestales, ajustado para reflejar la volatilización en forma de NH_3 y NO_x, en Gg N

FE_1 = factor de emisión de N_2O por aporte de N, en kg de nitrógeno de N_2O/kg de N aportado

Para calcular las emisiones de N_2O mediante esta ecuación, deberán estimarse las cantidades de aporte de N, F_{NS} y F_{NO}. Es una *buena práctica* introducir un ajuste para reflejar la cantidad volatilizada en forma de NH_3 y NO_x, utilizando los mismos factores de volatilización que en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*. Las emisiones indirectas de N_2O procedentes del N volatilizado se calculan como en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*.

Nivel 2: En el Nivel 2, la información específica del país y las actividades de gestión adicionales pueden incluirse en la estimación de las emisiones de óxido nitroso:

Los países pueden utilizar la Ecuación 3.2.18 con un factor de emisión FE_1 desarrollado para atender las condiciones específicas del país. En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, de la página 4.69 de *OBP2000* se indican específicamente *buenas prácticas* para obtener factores de emisión específicos del país. Además, los países pueden extender la estimación a fin de tener en cuenta el impacto del encalado y de los bosques y de su gestión (aclareo, recolección) sobre las emisiones de N_2O. En algunos entornos, el encalado puede reducir las emisiones de N_2O en los bosques, mientras que en otros entornos puede incrementarlas.

Nivel 3: Existen varios modelos para estimar las emisiones de N_2O (Renault, 1999, Conen *et al*., 2000, Stange y Butterbach-Bahl, 2002). Se aplicarán modelos avanzados que pueden representar los impactos de las prácticas de gestión y otras variables dinámicas pertinentes. Es una *buena práctica* validar los modelos tomando como referencia las mediciones, y documentar detalladamente la parametrización y la calibración del modelo.

La mayoría de los modelos calculan las emisiones totales de N_2O, que incluyen otras emisiones además de las debidas a actividades humanas. Las emisiones directas de origen humano pueden estimarse aplicando el modelo con fertilización y drenaje y sin ellos, y utilizando la diferencia como componente directo de las emisiones de origen humano.

3.2.1.4.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Como se indica en *OBP2000*, el factor de emisión por defecto (FE_1) es el 1,25% del N aplicado; y es el valor que debería utilizarse en el Nivel 1.

Nivel 2: Los países podrán desarrollar factores de emisión específicos más apropiados para sí mismos. En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, de la página 4.69 de *OBP2000*, se ofrecen orientaciones específicas sobre *buenas prácticas* para obtener factores de emisión específicos del país. Si se desean tener en cuenta los efectos del encalado y de la gestión, es esencial disponer de factores específicos del país.

Nivel 3: Cuando las emisiones de N_2O se estimen mediante modelos, será necesario asegurarse de que los modelos diferencian entre el "N_2O indirecto" procedente de la deposición de N (examinado en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*) y el proveniente de la fertilización por N. El modelo PnET-N-DNDC, por ejemplo, es un modelo orientado a procesos que puede utilizarse ya para estimar las emisiones de N_2O procedentes de suelos forestales (Butterbach-Bahl *et al*., 2001; Li *et al*., 2000).

3.2.1.4.1.3 Elección de datos de actividad

Las emisiones de N_2O procedentes de bosques gestionados se calculan sobre la base de los aportes de nitrógeno mineral y orgánico en suelos forestales. Algunos países disponen de datos sobre la fertilización de bosques diferenciados de los datos agrícolas, y estarán en condiciones de efectuar estimaciones. Sin embargo, en otros muchos puede que existan solamente estadísticas nacionales sobre las ventas de fertilizantes. Cuando no se disponga de tales datos, los países podrán atenerse a las orientaciones indicadas a continuación para separar la cantidad aplicada a los suelos agrícolas de la aplicada a los suelos forestales, o podrán notificar todas sus emisiones con arreglo al Nivel 1 en el sector agrícola. En tales casos, esa circunstancia se indicará explícitamente en el inventario.

F_{NS}: Es el mismo término utilizado en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* para referirse al N sintético aplicado a suelos agrícolas, ajustado para reflejar la cantidad que se volatiliza en forma de NH_3 y NO_x, utilizando los mismos factores de volatilización que en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*. Muchos países disponen de estadísticas nacionales de venta de fertilizantes. Los países pueden determinar la

cantidad de fertilizante nitrogenado sintético aplicado en los bosques restando la cantidad de fertilizante utilizado para fines agrícolas de la cantidad total de fertilizante nitrogenado aplicado en todo el país. Es posible también estimar la aplicación de fertilizantes en bosques como el producto de la superficie estimada de bosques fertilizados y la tasa de fertilización media.

Los países que pueden diferenciar entre los fertilizantes aplicados en bosques recientemente plantados y los aplicados en bosques antiguos pueden utilizar un nivel del Nivel 2 para estimar el valor de F_{NS}. Para los fertilizantes aplicados en plantaciones forestales que no han formado todavía dosel completo, el ajuste para reflejar las pérdidas por volatilización debería adecuarse al capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*, es decir, debería tenerse en cuenta la fracción de N aplicado que se pierde por volatilización. Para los fertilizantes aplicados a bosques de dosel cerrado, cabe suponer que el ajuste es igual a 0, es decir, que todo el N volatilizado permanece en el bosque.

F_{NO}: Estimación del nitrógeno orgánico aplicado en bosques y procedente del tonelaje de desechos orgánicos dispersos por el bosque y de su contenido de nitrógeno. El ajuste para reflejar las pérdidas por volatilización es conforme a las orientaciones indicadas respecto de F_{NS}.

3.2.1.4.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La estimación de las emisiones de N_2O procedentes de la fertilización de bosques puede ser muy incierta, a causa de: a) la elevada variabilidad espacial y temporal de las emisiones; b) la escasez de mediciones de larga duración y la limitada representatividad de los datos para regiones amplias, y: c) la incertidumbre en la totalización espacial, y la inherente a los factores de emisión y a los datos de actividad.

Nivel 1: En cuanto a FE_1, F_{NS} y F_{NO}, es una *buena práctica* adoptar el intervalo de incertidumbres utilizado para la categoría de fuentes agropecuarias, a menos que se disponga de análisis más detallados.

Factores de emisión: Son pocos los datos obtenidos de mediciones de los efectos de la fertilización, del encalado y de la gestión de los bosques, sobre todo en las regiones boreal y templada de Europa. Las mediciones de los factores de emisión de N_2O presentan una distribución sesgada, que probablemente será log-normal.

FE_1: Basándose en datos recientes (Smith *et al*., 1999; Mosier y Kroeze, 1999), en *OBP2000* se sugiere que la mejor estimación de las incertidumbres de FE_1 = 1,25% se sitúa entre 0,25% y 6%. Ese mismo intervalo de incertidumbres se utiliza como supuesto para las emisiones de los bosques.

Datos de actividad: Si un país dispone de estadísticas específicas sobre los fertilizantes aplicados a los bosques y a la agricultura, podrá utilizarse el supuesto de que las estadísticas sobre los fertilizantes aplicados en los bosques presentan la misma incertidumbre que para las explotaciones agrícolas. En tales casos, se aplica la misma incertidumbre a ambas categorías de fuentes; por ejemplo, un valor de 10% o menor respecto de la cantidad de fertilizantes minerales, y de 20% o menor respecto de la cantidad de desechos orgánicos (Capítulo 4, Agricultura, de las *Directrices del IPCC*, y *OBP2000*). Si en un país la cantidad de fertilizante aplicada en bosques y en explotaciones agrícolas se obtiene del total nacional, será necesario evaluar por separado la incertidumbre específica inherente a esa separación. La incertidumbre total será específica del país, y probablemente más elevada que en las estadísticas separadas.

Nivel 2: En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, de la página 4.69 de *OBP2000,* se describen varias *buenas prácticas* para la obtención de factores de emisión específicos del país.

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente una estimación más realista, pero será necesario calibrarlos y validarlos tomando como referencia las mediciones. Para realizar una validación se necesitan mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.2, "Identificación y cuantificación de las incertidumbres", se ofrecen orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbres con métodos avanzados. Stange *et al*. (2000) han realizado evaluaciones de incertidumbre con respecto al modelo PnET-N-DNDC. Ese trabajo puede servir de ejemplo sobre la manera de proceder.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE LA QUEMA DE BIOMASA

La quema de biomasa está asociada a numerosos tipos de uso de la tierra causantes de emisiones de CO_2, CH_4, N_2O, CO y NO_x. En esta sección se examinan dos tipos generales de quema de biomasa: la quema en bosques gestionados, y la quema durante una conversión de uso de la tierra. La metodología básica para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de biomasa es siempre la misma, con independencia del tipo de uso de la tierra. Se expone a continuación esa metodología, que servirá de referencia para otras secciones del presente capítulo (por ejemplo, en relación con las tierras convertidas en tierras agrícolas). En la presente sección se ofrecen *orientaciones sobre buenas prácticas* para estimar las emisiones procedentes de la quema de biomasa en:

- Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales;
- Tierras convertidas en tierras forestales;
- Tierras convertidas en tierras agrícolas; y
- Tierras convertidas en praderas.

En las *Directrices del IPCC* se examinan ambos tipos de quema de biomasa en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura (Capítulo 5). Las emisiones procedentes de quemas efectuadas para cambiar un uso de la tierra se examinan en el apartado sobre conversión de bosques y praderas, y las emisiones procedentes de quemas realizadas para la gestión de la tierra se examinan en la sección sobre la quema *in situ* de biomasa forestal. Aunque se exponen por separado en las *Directrices del IPCC*, el método y los factores por defecto son los mismos que los utilizados para estimar las emisiones. En esta Orientación, la metodología aplicable a las emisiones procedentes de quemas destinadas a la conversión de la tierra sigue siendo esencialmente la misma que en las *Directrices del IPCC*, aunque en el caso de las tierras forestales gestionadas se recoge una mayor diversidad de emisiones procedentes de quemas para la gestión de la tierra, que incorpora los efectos de los incendios prescritos y espontáneos sobre las emisiones de CO_2 y de gases distintos del CO_2 en todas las tierras forestales gestionadas.[3]

En *OBP2000* se examina la quema destinada a la gestión de las tierras agrícolas. Se ofrecen orientaciones para estimar las emisiones procedentes de la quema prescrita de sabanas y de la quema *in situ* de residuos agrícolas, conforme se examina en la sección Agricultura. Se supondrá que el CO_2 liberado es extraído por fotosíntesis de la vegetación anual que rebrota durante el año siguiente, por lo que se tienen en cuenta solamente los gases distintos del CO_2.

3.2.1.4.2 CUESTIONES METODOLÓGICAS

En términos generales, los incendios pueden clasificarse en prescritos (o controlados) y espontáneos. Los incendios asociados al desbroce y a las actividades de gestión de ecosistemas suelen ser incendios controlados. Algunos tipos importantes de incendios prescritos son: i) incendios para desbrozar la tierra durante una conversión forestal; ii) métodos de desbroce y quema de maleza; iii) quema de residuos posterior a la tala y recolección; y iv) incendios prescritos de baja intensidad para la gestión de la carga de combustible. La finalidad de estas quemas suele ser la eliminación de biomasa indeseada. La temperatura promedia del fuego está controlada, las condiciones de la quema son más uniformes, y los factores de emisión son menos variables. En cambio, las características de los incendios espontáneos son muy variables: la temperatura del fuego, la cantidad de biomasa disponible, el grado de combustión, y el impacto sobre la población forestal pueden ser muy diversos. En cuanto a los incendios espontáneos, los incendios a nivel del suelo son menos intensivos, y su impacto sobre los árboles es menos grave que en los incendios a nivel de copas. Cuando se quema una tierra gestionada, deberían notificarse las emisiones resultantes tanto de los incendios prescritos como de los espontáneos, de modo que puedan tomarse en cuenta las pérdidas de carbono en tierras gestionadas.[4]

Estimar el impacto de un incendio es más difícil cuando éste es espontáneo, especialmente si su temperatura es elevada. Por lo tanto, se conocen mejor los efectos de los incendios controlados.

En los bosques gestionados es necesario estimar el CO_2 emitido por combustión, ya que hay que tomar en cuenta la absorción de carbono por la vegetación que rebrota (Kirschbaum, 2000) – véanse las Ecuaciones 3.2.2 y 3.2.6. Por ello, es una *buena práctica* estimar las emisiones de CO_2 y de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema de biomasa en tierras forestales gestionadas. El método a emplear se expone en las partes de la Sección 3.2.1.1 relacionadas con la Ecuación 3.2.9. La liberación de CO_2 en un incendio no influye inmediatamente en la tasa de absorción por los bosques que rebrotan, y podrían transcurrir muchos años hasta que se secuestre la cantidad de carbono liberada en un incendio espontáneo o prescrito. Si se aplican métodos que no recojan las absorciones por rebrote después de una alteración natural, no será necesario informar de las emisiones de CO_2 asociadas a perturbaciones naturales. Es una *buena práctica* documentar con claridad tales situaciones.

La metodología que se describe a continuación permite estimar las emisiones de CH_4, N_2O, CO y NO_x procedentes de la quema de biomasa en tierras forestales gestionadas, así como las emisiones de esos gases procedentes de incendios asociados a conversiones de uso de la tierra.

3.2.1.4.2.1 Elección del método

La metodología descrita en las *Directrices del IPCC* permite estimar la liberación de carbono durante un incendio en un 50% (suponiendo que sea éste el contenido de C de la biomasa) de la masa de combustible efectivamente quemado, y utiliza ese valor como base para el cálculo de las emisiones de gases distintos del CO_2 (véase la Ecuación 3.2.6). Parte del combustible parcialmente quemado subsiste en forma de carbón vegetal, que es relativamente estable a lo largo del tiempo (Houghton, 1999).

[3] Estas explicaciones se refieren solamente a las tierras forestales, dado que la quema destinada a la gestión de la tierra en tierras de cultivo y praderas se examina en la sección Agricultura de *OBP2000*.

[4] No se notificará el impacto de los incendios sobre las tierras forestales no gestionadas.

La liberación de carbono procedente de la quema de biomasa durante la conversión de bosques en praderas se calcula utilizando una metodología simple descrita en las *Directrices del IPCC* (Sección 5.3). Dicha metodología se detalla más adelante, para todos los tipos de vegetación.

Las emisiones de gases distintos del CO_2 pueden estimarse sobre la base del carbono total liberado, mediante la Ecuación 3.2.19 (Crutzen y Andreae, 1990; Andreae y Merlet, 2002):

ECUACIÓN 3.2.19
ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 A PARTIR DEL C LIBERADO

Emisiones de CH_4 = (carbono liberado) ● (relación de emisión) ● 16/12
Emisiones de CO = (carbono liberado) ● (relación de emisión) ● 28/12
Emisiones de N_2O = (carbono liberado) ● (relación N/C) ● (relación de emisión) ● 44/28
Emisiones de NO_x = (carbono liberado) ● (relación N/C) ● (relación de emisión) ● 46/14

La metodología ampliada para estimar los GEI (CO_2 y no CO_2) liberados directamente en incendios se resume en la ecuación siguiente:

ECUACIÓN 3.2.20
ESTIMACIÓN DE LOS GEI LIBERADOS DIRECTAMENTE EN INCENDIOS

$$L_{incendio} = S \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$$

Donde:

$L_{incendio}$ = cantidad de GEI liberados por causa de incendios, en toneladas de GEI
S = superficie quemada, en ha
B = masa de combustible "disponible", en kg m.s. ha^{-1}
C = eficiencia de combustión (o fracción de biomasa quemada), sin dimensiones. (Véase el Cuadro 3A.1.12)
D = factor de emisión, en g $(kg\ m.s.)^{-1}$

Los cálculos se efectúan por separado para cada gas de efecto invernadero, utilizando el factor de emisión apropiado.

La exactitud de las estimaciones depende de los datos disponibles. La aplicación del árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 determinará el nivel a utilizar. En el Nivel 1, los dos métodos anteriores pueden aplicarse para estimar las emisiones de cada GEI utilizando datos por efecto. En el Nivel 2 se utilizan datos de actividad o factores de emisión, mientras que en el Nivel 3 se utilizan tanto métodos como datos específicos del país.

3.2.1.4.2.2 Elección de factores de absorción/emisión

Nivel 1: En primer lugar, deberá estimarse la cantidad de combustible quemado. Si no se dispone de datos locales, la estimación podrá obtenerse del Cuadro 3A.1.13, que recoge los resultados de multiplicar B (combustible disponible, o densidad de biomasa en la tierra antes de la combustión) por C (eficiencia de combustión). Si se conocen valores de la densidad del combustible, podrán utilizarse las eficiencias de combustión del Cuadro 3A.1.14. Si se necesitara el valor de la eficiencia de combustión y no se dispusiera de sugerencias más específicas, se utilizará el valor por defecto del IPCC, es decir, 0,5. Si se utiliza la Ecuación 3.2.19 para estimar los gases distintos del CO_2, se necesitará una relación de emisión y una relación N/C. En el caso del combustible quemado, la relación N/C es aproximadamente igual a 0,01 (Crutzen y Andreae, 1990). Aunque esta cifra es un valor por defecto general aplicable a los detritus de hojas, para los combustibles con mayor contenido de madera serían apropiados unos valores inferiores, si se dispone de datos. Los factores de emisión aplicables a las Ecuaciones 3.2.19 y 3.2.20 figuran en los Cuadros 3A.1.15 y 3A.1.16, respectivamente.

Niveles 2 y 3: Se utilizarán datos y métodos específicos del país desarrollados mediante experimentos *in situ*.

3.2.1.4.2.3 Elección de datos de actividad

En la elección de datos de actividad deberían seguirse las orientaciones expuestas en la Sección 3.2.1.1 ("Otras pérdidas de carbono") en el caso de los incendios de bosques gestionados.

Nivel 1: La superficie quemada en un incendio espontáneo varía notablemente según el país afectado, y a lo largo del tiempo. En años de sequía extrema, los incendios espontáneos aumentan considerablemente. Por ello, los datos sobre incendios espontáneos son muy específicos del país y de años determinados, y no pueden generalizarse por regiones. Existe una base de datos mundial sobre la superficie anual afectada por incendios de la vegetación en: http://www.grid.unep.ch/activities/earlywarning/preview/ims/gba.

Niveles 2 y 3: En estos niveles se utilizan las estimaciones nacionales de la superficie quemada. Tales estimaciones estarán basadas generalmente en métodos de teledetección.

3.2.1.4.2.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: Las estimaciones de las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios de bosques pueden ser muy inciertas, a causa de: a) la elevada variabilidad espacial y temporal de las emisiones; b) la escasez de mediciones y la limitada representatividad de los datos en regiones extensas; y c) la incertidumbre respecto de los datos totalizados espacialmente, y la incertidumbre inherente a los factores de emisión y a los datos de actividad.

Factores de emisión: Son escasos los datos obtenidos de mediciones; se sugiere aplicar un intervalo de incertidumbre del 70% a los factores de emisión.

Datos de actividad: Dada la exactitud cada vez mayor y la extensión mundial de las superficies quemadas por incendios, la incertidumbre es relativamente pequeña, del orden de 20-30%.

Nivel 2: Se reducirá considerablemente la incertidumbre si se aplican a los factores de emisión datos específicos del país.

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente una estimación más realista, aunque tendrán que ser calibrados y validados tomando como referencia las mediciones. A efectos de validación se necesitan mediciones suficientemente representativas.

3.2.2 Tierras convertidas en tierras forestales

Las tierras gestionadas son convertidas en tierras forestales mediante forestación y reforestación, y mediante métodos de regeneración natural o artificial (incluidas las plantaciones). Estas actividades se examinan en las categorías 5A, 5C y 5D de las *Directrices del IPCC*. La conversión conlleva un cambio del uso de la tierra. La presente sección no contiene directrices sobre la regeneración en bosques no gestionados. Las áreas convertidas se consideran bosques si responden a la definición de bosque adoptada por el país. El estado de las tierras convertidas en tierras forestales se someterá a observación durante 20 años[5]. Transcurrido ese tiempo, las áreas se contabilizan con arreglo a la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales), aunque podría ser necesario seguir observando la dinámica de la recuperación hasta 100 años después del establecimiento del bosque.

La estimación de las emisiones y absorciones de carbono procedentes de la conversión de tierras para usos forestales se clasifica en cuatro grupos: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (Sección 3.2.2.1), Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (Sección 3.2.2.2), Variación de las reservas de carbono en el suelo (Sección 3.2.2.3), y Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 (Sección 3.2.2.4). Cada una de esas subsecciones contiene información sobre *buenas prácticas* para estimar las emisiones y absorciones según el tipo de depósito. Las emisiones o absorciones de CO_2 en tierras convertidas en bosques se resumen en la Ecuación 3.2.21:

ECUACIÓN 3.2.21
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES [6]

$$\Delta C_{TTF} = \Delta C_{TTF_{BV}} + \Delta C_{TTF_{MOM}} + \Delta C_{TTF_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TTF} = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTF_{MOM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y detritus) en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTF_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año^{-1}

Para convertir toneladas de C en Gg de CO_2, se multiplica el valor por 44/12 y por 10^{-3}. Las convenciones (signos) pueden consultarse en la Sección 3.1.7 o en el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo).

[5] En las *Directrices del IPCC* se especifica un valor por defecto de 20 años pero, en caso necesario, se permiten períodos de cien años para tener en cuenta la dinámica del carbono a largo plazo en los depósitos de biomasa, suelo y detritus.

[6] En las *Directrices del IPCC* se supone por defecto que el carbono no se acumula en los depósitos de productos de madera recolectada (PMR), aunque los países pueden notificar los depósitos de PMR si pueden documentar que las reservas de productos forestales a largo plazo aumentan efectivamente (Recuadro 5 de las *Directrices del IPCC*). El tratamiento de los PMR en el futuro está siendo examinado por el CMCC (la séptima Conferencia de las Partes (CP7) decidió que todo cambio en el tratamiento en los productos de madera estará sujeto a las decisiones que adopte la Conferencia de las Partes [decisión 11/CP.7, párrafo 4]). Con estos antecedentes, el examen de las cuestiones metodológicas sobre los PMR se remite al Apéndice 3a.1.

3.2.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

3.2.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

En la presente sección se ofrece información sobre *buenas prácticas* para calcular las emisiones y absorciones de CO_2 en relación con las variaciones de la biomasa en tierras gestionadas convertidas en tierras forestales. Se examinan asimismo las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* "Cambios en los bosques y otras reservas de biomasa boscosa" y "Abandono de tierras gestionadas", aplicadas a nuevas tierras forestales.

3.2.2.1.1.1 Elección del método

Con arreglo a los datos de actividad y recursos de que se disponga, pueden utilizarse tres posibles metodologías para estimar la variación de las reservas de biomasa a efectos del inventario de gases de efecto invernadero. El árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 ilustra un conjunto de *buenas prácticas* para la elección de un método que permita calcular las absorciones y emisiones de CO_2 en la biomasa de las tierras convertidas en bosques.

Nivel 1: La variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva se estima con arreglo a la metodología por defecto de las *Directrices del IPCC*. La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en bosques mediante regeneración artificial y natural se estima mediante la Ecuación 3.2.22:

ECUACIÓN 3.2.22
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES (NIVEL 1)

$$\Delta C_{TTF_{BV}} = \Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}} - \Delta C_{TTF_{PÉRDIDA}}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTFCRECIMIENTO}$ = aumento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$= disminución anual de las reservas de carbono en biomasa viva por efecto de las pérdidas derivadas de la recolección, de la recogida de leña y de las perturbaciones, en tierras convertidas en bosques, en toneladas de C año^{-1}

El Nivel 1 puede aplicarse aunque no se conozcan los usos de la tierra anteriores, situación que podría darse cuando las superficies se estiman mediante los procedimientos 1 o 2 del Capítulo 2. En tales casos se utilizan parámetros por defecto indicados en el Anexo 3A.1 (Cuadros de biomasa por defecto).

Etapa 1: Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, $\Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}}$. Este método utiliza la Ecuación 3.2.4 de la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales), que hace referencia a la Categoría 5A, "Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa" de las *Directrices del IPCC*. Dado que la tasa de crecimiento de un bosque depende en gran medida del régimen de gestión, se introduce una distinción entre los bosques gestionados intensivamente (por ejemplo, en la silvicultura de plantaciones con preparación y fertilización intensiva del lugar) y los gestionados extensivamente (por ejemplo, bosques regenerados naturalmente con intervención humana mínima). Los cálculos se realizan con arreglo a la Ecuación 3.2.23:

ECUACIÓN 3.2.23
INCREMENTO ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}} = [\sum_k S_{GEST_INT_k} \bullet C_{Total\ GEST_INT_k} + \sum_m S_{GEST_EXT_m} \bullet C_{Total\ GEST_EXT_m}] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}}$= incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$S_{INT_GEST_k}$ = superficie de tierra convertida en bosques gestionados intensivamente en el estado *k* (incluidas las plantaciones), en ha

$C_{Total\ GEST_INT_k}$ = tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados intensivamente en el estado k (incluidas las plantaciones), en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}

$S_{GEST_EXT_m}$ = superficie de tierra convertida en bosques gestionados extensivamente en el estado *m*, en ha

$C_{Total\ GEST_EXT_m}$ = tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados extensivamente en el estado *m*, en toneladas m.s. ha^{-1} $año^{-1}$ (incluye la regeneración natural)

k, *m* = representan las diferentes condiciones en que se desarrollan los bosques gestionados intensiva y extensivamente

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

El aumento anual de biomasa tanto en bosques gestionados intensivamente ($C_{Total\ GEST_INT}$) como extensivamente ($C_{Total\ GEST_EXT}$) se calcula mediante la Ecuación 3.2.5 de la Sección 3.2.1, "Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales", y utilizando los valores por defecto indicados en los Cuadros 3A.1.5, 3A.1.6, 3A.1.7, 3A.1.8, 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1. Los valores de los cuadros deberían elegirse en función de la composición de especies de árboles y de la región climática. Los datos de los bosques gestionados extensivamente se tomarán del Cuadro 3A.1.5, y los de los bosques gestionados intensivamente, de los Cuadros 3A.1.6 o 3A.1.7.

Etapa 2: Disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas, $\Delta C_{TTF_{PÉRDIDA}}$. En los casos en que la recolección, la recogida de leña y las perturbaciones pueden atribuirse a las tierras convertidas en bosques, la pérdida anual de biomasa se estimará con ayuda de la Ecuación 3.2.24, que reproduce las *buenas prácticas* indicadas con respecto a la Ecuación 3.2.6 de la Sección 3.2.1, "Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales":

ECUACIÓN 3.2.24
DISMINUCIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA POR EFECTO DE LAS PÉRDIDAS EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{PÉRDIDA}} = P_{talas} + P_{leña} + P_{otras\ pérdidas}$$

Donde:

$\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$ = disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C $año^{-1}$

P_{talas} = pérdida de biomasa por efecto de la recolección de madera industrial y trozas de madera para aserrar en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C $año^{-1}$

$P_{leña}$ = pérdida de biomasa por efecto de la recogida de leña en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C $año^{-1}$

$P_{otras\ pérdidas}$ = pérdida de biomasa por efecto de incendios y otras perturbaciones en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C $año^{-1}$

Las pérdidas de biomasa por efecto de la recolección (P_{talas}) se estiman utilizando la Ecuación 3.2.7, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, junto con el valor por defecto de la densidad de madera básica y el factor de expansión de biomasa, que se indican en los Cuadros 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1. En la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, se describen también *buenas prácticas* para estimar las pérdidas de biomasa debidas a la recogida de leña ($P_{leña}$), los incendios y otras perturbaciones. Si no se dispone de datos sobre las pérdidas en esta categoría de tierras, todos los términos de pérdida deberían ser fijados en 0, por lo que también $\Delta C_{TTF_{PÉRDIDA}}$ será igual a 0. Es una *buena práctica* asegurarse de la coherencia entre la notificación de las pérdidas de biomasa de esta categoría y las de la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, para evitar el doble cómputo u omitir alguna pérdida de biomasa.

Nivel 2: El Nivel 2 es similar al Nivel 1 aunque con un mayor desglose, que permite una estimación más precisa de la variación de las reservas de carbono en biomasa. La absorción anual neta de CO_2 de la biomasa se calcula sumando las absorciones debidas al crecimiento de la biomasa en las áreas convertidas en bosques, las variaciones de la biomasa debidas a la conversión propiamente dicha (se estima la diferencia entre las reservas de biomasa iniciales en tierras no forestales antes y después de la conversión en bosques, es decir, mediante regeneración artificial), y las pérdidas en áreas convertidas en bosques (Ecuación 3.2.25):

ECUACIÓN 3.2.25
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES (NIVEL 2)

$$\Delta C_{TTF_{BV}} = \Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}} + \Delta C_{TTF_{CONVERSIÓN}} - \Delta C_{TTF_{PÉRDIDA}}$$

Donde:

ΔC_{TTFBV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C $año^{-1}$

$\Delta C_{TTFCRECIMIENTO}$ = incremento anual de las reservas de carbono en biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C $año^{-1}$

$\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión efectiva en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$= disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas debidas a la recolección, a la recogida de leña y a las perturbaciones en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

Además de los valores por defecto, el Nivel 2 está basado en datos nacionales sobre: i) la superficie convertida en bosques; ii) el aumento anual medio, por hectárea, de volumen comercializable en tierras convertidas en bosques, obtenido por ejemplo de inventarios forestales (no es posible indicar valores por defecto); iii) la variación del carbono en la biomasa cuando se convierten tierras no forestales en bosques (por ejemplo, mediante regeneración artificial) y iv) las emisiones debidas a la pérdida de biomasa en tierras convertidas. Para aplicar esta metodología puede ser necesario conocer la matriz de los cambios de uso de la tierra y, por consiguiente, la distribución de los usos de la tierra anteriores.

Etapa 1: Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, $\Delta C_{TTFCRECIMIENTO}$. Este método es similar al del Nivel 1 con la Ecuación 3.2.23. El incremento anual medio de biomasa en bosques gestionados tanto intensiva ($C_{Total\ GEST_INT}$) como extensivamente ($C_{Total\ GEST_EXT}$) se calcula mediante la metodología de *buenas prácticas* del Nivel 2, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, y con el uso de datos específicos del país sobre el incremento anual medio por hectárea de volumen comercializable en tierras convertidas en bosques (obtenidos, por ejemplo, de inventarios forestales), el valor por defecto de la densidad de madera básica, los factores de expansión de la biomasa, y la relación entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa sobre el suelo con arreglo a los Cuadros 3A.1.7, 3A.1.8, 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1.

Etapa 2: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión, $\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$. La transformación de tierras no forestales en tierras forestales (por ejemplo, mediante regeneración artificial, que implica el desbroce de la vegetación en tierras no forestales) puede hacer variar las reservas de biomasa en la conversión. La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del cambio de uso de la tierra se calculan mediante la Ecuación 3.2.26:

ECUACIÓN 3.2.26
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS ANUALMENTE EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{CONVERSIÓN}} = \sum_i [B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}] \bullet \Delta S_{EN\ BOSQUE_i} \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas anualmente en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$B_{ANTES\,i}$ = reservas de biomasa en el tipo de tierra *i* inmediatamente antes de la conversión, en toneladas m.s. ha^{-1}

$B_{DESPUÉS\,i}$ = reservas de biomasa presentes en la tierra inmediatamente después de la conversión del tipo de tierra *i*, en toneladas m.s. ha^{-1} (en otras palabras, las reservas iniciales de biomasa después de una regeneración artificial o natural)

$\Delta S_{EN\ BOSQUE_i}$ = superficie de tierra para el uso *i* convertida anualmente en tierras forestales, en ha año^{-1}

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

i = representa diferentes tipos de tierras convertidas en bosque

Nota: los tipos de tierra se estratificarán junto con las reservas de biomasa antes de su conversión.

El factor $\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$ puede expandirse a fin de tener en cuenta diferentes contenidos de carbono antes de la transición. En el Nivel 2 los cálculos pueden aplicarse a subdivisiones de áreas de tierra (regiones, ecosistemas, tipos de lugar, etc.).

Etapa 3: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas, $\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$. Las pérdidas anuales de biomasa se estiman mediante la Ecuación 3.2.24. Esta ecuación reproduce la orientación de las *buenas prácticas* indicada en la Ecuación 3.2.6, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.

Las pérdidas de biomasa debidas a la recolección (P_{talas}) se estiman mediante la Ecuación 3.2.7, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Los Cuadros 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1 contienen datos por defecto de la densidad básica de madera básica y de los factores de expansión de la biomasa. En el Nivel 2 y niveles superiores, se sugiere a los expertos en inventarios que desarrollen valores de la densidad de la madera y del BEF específicos del país para el incremento de la madera en pie y para las recolecciones. La metodología de las *buenas prácticas* para estimar las pérdidas de biomasa debidas a la recogida de leña ($P_{leña}$), incendios y otras perturbaciones ($P_{alteración}$) se describen también en la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Si no se dispone de datos sobre las pérdidas para esta categoría de tierras, todos

los términos de pérdida se fijarán en el valor 0, con lo que también $\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$ será igual a 0. Es una *buena práctica* asegurarse de que hay coherencia entre las pérdidas de biomasa notificadas en esta categoría y las correspondientes a la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, para evitar sobreestimaciones o subestimaciones debidas a doble cómputo o a omisiones.

Nivel 3: En el Nivel 3 se utilizan las mismas ecuaciones y se siguen las mismas etapas que en el Nivel 2, pero debería estar basado en una metodología sustancialmente nacional y utilizar únicamente datos específicos del país. Se utilizará el Nivel 3 cuando la conversión de tierras en bosques constituya una categoría esencial. En el inventario, las Ecuaciones 3.2.25 y 3.2.26 se expanden a escala geográfica fina y en estratificaciones en términos de ecosistemas, tipos de vegetación, subdivisiones de depósitos de biomasa, y tipos de tierras, antes de efectuar las conversiones. Las metodologías definidas por el país podrán estar basadas en un inventario sistemático de los bosques o utilizar datos georreferenciados y/o modelos que tengan cuenta las variaciones de la biomasa. Los datos de actividad nacional deberían ser de alta resolución y estar disponibles regularmente para todas las categorías de tierras convertidas y de tipos de bosques establecidos en ellas. La metodología debería describirse y documentarse como se especifica en la Sección 5.5.6, Documentación, archivado y presentación de informes.

3.2.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

INCREMENTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA, ΔC_{TTF_C}

En los cálculos se diferencia entre dos prácticas de gestión generales: intensiva (por ejemplo, silvicultura de plantaciones con preparación y fertilización intensiva del lugar) y extensiva (por ejemplo, bosques regenerados naturalmente con mínima intervención humana). Estas categorías pueden perfeccionarse también con arreglo a las circunstancias nacionales; por ejemplo, en función del origen de la población arbórea, es decir, si se ha regenerado natural o artificialmente.

Nivel 1: En las *Directrices del IPCC* se ofrece una metodología por defecto solamente para los cálculos de la biomasa sobre el suelo. En esta Orientación se ofrece una metodología de *buenas prácticas* para estimar la biomasa viva obtenida sumando los depósitos de biomasa sobre el suelo y bajo el suelo (la Sección 3.1, Introducción, contiene una descripción de los depósitos). Los Cuadros 3A.1.5 y 3A.1.6 del Anexo 3A.1 representan valores anuales medios por defecto de la biomasa sobre el suelo en bosques gestionados intensiva y extensivamente (denominados plantaciones y bosques regenerados naturalmente). Las relaciones entre la biomasa bajo el suelo y sobre el suelo (relación raíz-vástago) del Cuadro 3A.1.8 deberían utilizarse para incluir la biomasa bajo el suelo en las estimaciones de la biomasa viva. La densidad de madera básica (Cuadro 3A.1.9) y los factores de expansión de la biomasa (Cuadro 3A.1.10) permiten calcular la biomasa conforme se estipula en la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.

Nivel 2: Es una *buena práctica* determinar, siempre que sea posible, los valores de incremento anual, las relaciones raíz-vástago, la densidad de madera básica, y los factores de expansión de la biomasa con arreglo a las condiciones nacionales, y utilizarlos en los cálculos en el marco del Nivel 2. Las posibles estratificaciones corresponden a la composición de especies arbóreas, al régimen de gestión, a la edad o el volumen de los rodales, a la región climática y al tipo de suelo. Se sugiere a los países que investiguen para obtener factores específicos del secuestro y expansión de la biomasa. En la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, se encontrarán otras orientaciones.

Nivel 3: La contabilización de las absorciones de carbono en la biomasa se efectuará basándose en las tasas de crecimiento anual específicas del país y en la fracción de carbono de la biomasa proveniente de inventarios y/o modelos especializados de bosques. Los expertos en inventarios se asegurarán de que los modelos y datos del inventario forestal estén descritos con arreglo a los procedimientos de muestreo y de otra índole del Capítulo 5, Cuestiones multisectoriales.

VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE BIOMASA EN LAS TIERRAS ANTES Y DESPUÉS DE LA CONVERSIÓN, $\Delta C_{TTF_{CONVERSIÓN}}$

Es una *buena práctica* utilizar valores de las reservas de biomasa para usos de la tierra previos a la conversión que concuerden con los valores utilizados en los cálculos para otras categorías de tierra. Así, por ejemplo, si se utilizan valores de las reservas de carbono para estimar la variación de dichas reservas en praderas que siguen siendo praderas, deberían utilizarse los mismos valores por defecto para evaluar las reservas de carbono en praderas antes de su conversión en tierras forestales.

Nivel 1: Las *Directrices del IPCC* no contienen estimaciones de la variación de la biomasa en los procesos de conversión. En el Nivel 1, $\Delta C_{TTF_{CONVERSIÓN}}$ no se incluye en los cálculos.

Nivel 2: Es una *buena práctica* obtener y utilizar, siempre que sea posible, datos específicos del país sobre las reservas de biomasa en las tierras antes y después de la conversión. Las estimaciones deberían ser coherentes con las utilizadas para calcular la variación de las reservas de carbono en praderas, tierras agrícolas, humedales, asentamientos y categorías de bosques, y obtenerse de organismos nacionales o de muestreos. En el Nivel 2 se

podrán combinar las reservas de biomasa específicas del país con los valores por defecto (indicados en los Cuadros 3A.1.2 y 3A.1.3). Con respecto al valor por defecto de las reservas de biomasa para usos de la tierra previos a la conversión, hay que remitirse a otras categorías de tierras descritas en la Orientación.

Nivel 3: Las estimaciones y los cálculos deberían basarse en encuestas y modelos específicos del país. Las encuestas estarán basadas en los principios expuestos en la Sección 5.3, y los modelos y datos estarán documentados con arreglo a los procedimientos descritos en el Capítulo 5, Cuestiones multisectoriales.

VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA POR EFECTO DE LAS PÉRDIDAS, ΔC_{TTF_P}

La recolección, así como ciertas perturbaciones naturales (vendavales, incendios o plagas de insectos) pueden ocasionar pérdidas de carbono en las tierras convertidas en bosques. Es una buena práctica notificar tales situaciones. En la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales) se ofrece un planteamiento basado en *buenas prácticas* para estimar las pérdidas de carbono debidas a la recolección y a perturbaciones naturales, que es aplicable íntegramente y que debería utilizarse para los correspondientes cálculos de la Sección 3.2.2.1.1.1. Si la variación de las reservas de C se ha obtenido de inventarios repetidos, las pérdidas procedentes de la recolección y de las alteraciones quedarán cubiertas sin necesidad de informar por separado de ellas. Es una *buena práctica* asegurarse de que existe coherencia entre las pérdidas de biomasa notificadas en esta categoría y las correspondientes a la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, para evitar el doble cómputo o la omisión de las pérdidas de biomasa.

3.2.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

SUPERFICIE DE TIERRA CONVERTIDA, S_{GEST_INT}, S_{GEST_INT}, $\Delta S_{EN\ BOSQUE}$

En todos los niveles metodológicos se necesita información sobre las superficies convertidas en tierras forestales durante un período de 20 años. Transcurridos esos 20 años, dichas superficies se contabilizan con arreglo a la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Aquí se trata de las tierras que experimentan una conversión de su uso predominante. Así, la regeneración de tierras forestales recientemente taladas como consecuencia, por ejemplo, de la recolección o de perturbaciones naturales, debería ser contabilizada en el marco de la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, ya que no ha habido cambio de uso de la tierra. Esos mismos datos se utilizarán en relación con las Secciones 3.2.2.2, Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta, 3.2.2.3, Variación de las reservas de carbono en el suelo, y 3.2.2.4, Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. Para estratificar las estimaciones de superficie convendría tener en cuenta, a ser posible, los principales tipos de suelo y densidades de biomasa en la tierra antes y después de la conversión.

Por coherencia con las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC*, las áreas forestales que rebrotan de manera natural en tierras abandonadas deberían diferenciarse de otros tipos de conversión de tierras en bosques. Se sugiere a los expertos en inventarios que obtengan información sobre los usos anteriores de la tierra antes de efectuar esa distinción. Cuando se utilice el procedimiento 1 del Capítulo 2 podrán ser necesarios datos adicionales para diferenciar entre áreas de regeneración natural y artificial.

Nivel 1: Los datos de actividad pueden obtenerse de las estadísticas nacionales, de los servicios forestales (que pueden tener información sobre áreas sometidas a prácticas de gestión diferentes), de los organismos de conservación (especialmente respecto de áreas gestionadas para su regeneración natural), o de municipios, encuestas y organismos cartográficos. Convendría cotejar los datos para asegurarse de que la representación es completa y coherente y de que evita las omisiones o el doble cómputo, como se especifica en el Capítulo 2. Si no se dispone de datos sobre el país, puede obtenerse información totalizada de fuentes de datos internacionales (FAO, 1995; FAO, 2001; TBFRA, 2000).

Puede recurrirse al dictamen de expertos para decidir si los nuevos bosques son gestionados predominantemente de manera intensiva o extensiva. En tales casos, los datos sobre S_{GEST_INT} y S_{GEST_INT} pueden obtenerse multiplicando la variación de superficie anual, en kha, por el período de conversión (el período por defecto son 20 años). Si fuera posible estimar la proporción de superficies de bosque gestionado intensivamente y extensivamente, tal información podría utilizarse para compartimentar aún más las superficies a fin de obtener unas estimaciones más exactas.

Nivel 2: Debería conocerse la superficie de las diversas categorías de tierras sometidas a conversión durante un año dado o durante un período de años dado. Los datos provienen de fuentes de datos nacionales y de una matriz de cambios de uso de la tierra, o equivalente, que abarque todas las transiciones posibles a tierras forestales.

Los conjuntos de datos definidos a nivel nacional deberían tener una resolución suficiente para proporcionar una representación apropiada de las áreas de tierra que concuerde con lo dispuesto en el Capítulo 2.

Nivel 3: Se dispone de datos de actividad nacionales sobre la conversión de tierras para su uso como bosques mediante regeneración natural y artificial, posiblemente de diversas fuentes, y en particular de inventarios forestales nacionales, registros de usos de la tierra y de cambios de uso de la tierra, y teledetección, como se describe en el Capítulo 2. Estos datos deberían dar cuenta de todas las transiciones de uso de la tierra en tierras forestales, desglosadas con arreglo a los tipos de clima, de suelo y de vegetación.

3.2.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Factores de emisión y de absorción: Los valores por defecto no nulos de la densidad de la madera y de los factores de expansión pueden llevar asociada una incertidumbre igual a un factor de 2. Las principales fuentes de incertidumbre en los datos por defecto y en los datos específicos del país están relacionadas con la promediación de números primarios muy variables y la posterior extrapolación de valores medios en grandes áreas. La utilización de datos de inventario y modelos regionales y específicos del país en los Niveles 2 y 3 permite reducir notablemente las incertidumbres. Así, la incertidumbre de los valores determinados a nivel nacional puede situarse en torno a ±30% (Zagreev *et al*., 1992; Filipchuk *et al*., 2000). Para reducir la incertidumbre pueden adoptarse las medidas siguientes: incrementar el número de parcelas de muestreo representativas y de mediciones en ellas; estratificar aún más las estimaciones basándose en las similitudes del crecimiento, del microclima y de otras características medioambientales; y desarrollar parámetros locales y regionales basándose en encuestas pormenorizadas y en el intercambio de información. Si se aplican modelos complejos, los expertos en inventarios deberían realizar sus propias verificaciones y documentaciones con arreglo al Capítulo 5.

Datos de actividad: La incertidumbre asociada a los datos de actividad dependerán de las fuentes de información que se utilicen a nivel nacional y de los planteamientos para identificar las áreas de tierra, conforme al Capítulo 2. La combinación de datos de teledetección y de encuestas sobre el terreno es el método más rentable para medir las áreas en que cambian los usos de la tierra. Tal método conlleva incertidumbres tan reducidas como ±10-15%, y debería aplicarse en niveles metodológicos superiores. La mejor manera de reducir la incertidumbre en la estimación de las variaciones de superficie es aplicar técnicas avanzadas de encuesta sobre gran número de tierras a escala regional y local. Sin embargo, su aplicación puede verse limitada por las posibilidades de determinados países. Para reducir tanto la incertidumbre en las estimaciones de superficie como el costo de utilizar determinados métodos, podrían establecerse centros regionales de datos de teledetección, a cargo de varios países, para compartir y utilizar en común la información obtenida con miras a la gestión sostenible de las tierras.

3.2.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA

3.2.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Para aplicar los métodos de cuantificación de las emisiones y absorciones de carbono en depósitos de materia orgánica muerta tras la conversión de tierras en tierras forestales es necesario estimar las reservas de carbono inmediatamente antes y después de la conversión, así como las áreas de tierra convertidas durante ese período. En la mayoría de los restantes usos de la tierra no habrá depósitos de madera muerta o de detritus, por lo que puede suponerse, por defecto, que los correspondientes depósitos de carbono previos a la conversión son nulos. Los bosques no gestionados convertidos en bosques gestionados pueden contener cantidades importantes de carbono en tales depósitos, al igual que los pastizales, los humedales, y las áreas forestales circundantes de asentamientos que hayan sido definidos como tales en razón de su uso en las inmediaciones y no de su cubierta terrestre. El valor por defecto 0 debería comprobarse, por consiguiente, en el marco de los Niveles 2 y 3. La conversión de tierras no forestales en forestales puede ser tan lenta que resulte difícil discernir la fecha de la verdadera conversión; sin embargo tales áreas, si están gestionadas, se contabilizarán probablemente como bosques gestionados en función de la cubierta de copa y de otros umbrales.

3.2.2.2.1.1 Elección del método

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en la madera muerta

En teoría, una vez que las reservas de carbono han adoptado el valor inicial inmediatamente anterior a su conversión en bosque (frecuentemente el valor 0 por defecto, como se ha indicado en el párrafo anterior), la variación anual en las áreas convertidas en plantaciones y en lugares gestionados para su regeneración natural, clasificada por usos anteriores de la tierra y por tipos de bosque, puede estimarse mediante la Ecuación 3.2.27:

ECUACIÓN 3.2.27
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{MM}} = \{[S_{RNat} \bullet (B_{hacia_{RNat}} - B_{desde_{RNat}})] + [S_{RArt} \bullet (B_{hacia_{RArt}} - B_{desde_{RArt}})]\} \bullet FC$$

donde:

$$B_{hacia_{RNat}} = B_{en\ pie_{RNat}} \bullet M_{RNat} \text{ y } B_{hacia_{RArt}} = B_{en\ pie_{RArt}} \bullet M_{RArt}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{MM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

S_{RNat} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante regeneración natural, en ha

S_{RArt} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante el establecimiento de plantaciones, en ha

B_{hacia} = transferencia anual media de biomasa hacia madera muerta para superficie forestal RNat o RArt, en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}

B_{desde} = transferencia anual media de biomasa desde madera muerta para una superficie forestal RNat o RArt, en toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1}

$B_{en\ pie}$ = reservas de biomasa en pie, en toneladas m.s. ha^{-1}

M = tasa de mortalidad, es decir, proporción de $B_{en\ pie}$ transferida anualmente al depósito de madera muerta, sin dimensiones

FC = fracción de carbono en la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Es difícil medir las transferencias hacia un depósito de madera muerta y desde él, y puede ser más fácil utilizar el método de variación de reservas descrito en la Ecuación 3.2.28 que la ecuación anterior si se dispone de datos de encuesta apropiados, recopilados por ejemplo junto con el inventario forestal nacional:

ECUACIÓN 3.2.28
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{MM}} = [(B_{t_2} - B_{t_1}) / T] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{MM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

B_{t_2} = reservas de madera muerta en el momento t_2, en toneladas m.s. ha^{-1}

B_{t_1} = reservas de madera muerta en el momento t_1 (el momento anterior), en toneladas m.s. ha^{-1}

$T = (t_2 - t_1)$ = período de tiempo transcurrido entre el momento de la segunda estimación de reservas y el momento de la primera, en años

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 (Sección 3.1.6) es de utilidad al seleccionar el nivel apropiado para aplicar los procedimientos de estimación. Frecuentemente, las estimaciones del carbono presente en la madera muerta difieren bastante en función del uso de la tierra anterior, del tipo de bosque o del tipo de regeneración. En teoría, las Ecuaciones 3.2.27 y 3.2.28 deberían arrojar las mismas estimaciones del carbono. En términos prácticos, la disponibilidad de datos y el grado de exactitud deseado determinarán la ecuación elegida.

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, con arreglo a los informes notificados según el Nivel 1, no se presuponen variaciones del carbono en la madera muerta de las tierras convertidas en bosques. Esto concuerda con la Ecuación 3.2.27, en el supuesto de que las transferencias anuales al depósito de madera muerta sean las mismas que las transferencias desde él, y con la Ecuación 3.2.28 si se han realizado inventarios de las reservas de carbono en momentos diferentes.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utiliza la Ecuación 3.2.27 cuando las tasas de transferencia hacia el depósito de madera muerta y desde él se han estimado mediante datos obtenidos de parcelas de investigación situadas en el país o en países de condiciones análogas, y se utiliza la Ecuación 3.2.28 cuando se miden las reservas de carbono. A efectos comparativos, toda nueva parcela que se establezca estará situada teniendo presentes los principios de muestreo estipulados en la Sección 5.3 con estratificación por tipos de bosque y regímenes de conversión.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 pueden utilizarse cuando un país dispone de inventarios detallados basados en parcelas de muestreo de sus bosques gestionados, o de modelos detallados validados con datos representativos de

la acumulación de detritus. El diseño estadístico del inventario (ya sea para la recopilación de muestras o para la validación de modelos) debería ajustarse a los principios enunciados en la Sección 5.3, de modo que facilite unos resultados objetivos y proporcione información sobre las correspondientes incertidumbres.

Procedimiento para calcular la variación del carbono almacenado en detritus

La metodología para estimar la variación del carbono en detritus refleja las diferencias previsibles en cuanto a las pautas y la duración de las variaciones del carbono en los detritus de plantaciones gestionadas intensivamente y en los bosques que se regeneran naturalmente en tierras convertidas en bosques.

En teoría, una vez que las reservas de carbono han sido inicializadas en el valor inmediatamente anterior a la conversión en bosque (frecuentemente 0 por defecto, como ya se ha indicado), la variación anual en las áreas convertidas mediante plantación y en los lugares gestionados para su regeneración natural, clasificada por usos de la tierra anteriores y por tipos de bosque, puede estimarse mediante la Ecuación 3.2.29:

ECUACIÓN 3.2.29
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{Dt}} = [S_{RNat} \bullet \Delta C_{RNat}] + [S_{RArt} \bullet \Delta C_{RArt}]$$

Donde:

$\Delta C_{TTF\ Dt}$ = variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

S_{RNat} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante regeneración natural, en ha

S_{RArt} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante el establecimiento de plantaciones, en ha

$\Delta C_{RNa\ t}$ = variación anual media de las reservas de carbono en detritus para una superficie forestal RNat, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

ΔC_{RArt} = Variación anual media de las reservas de carbono en detritus para una superficie forestal RArt, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

También podrán utilizarse los métodos descritos en la Ecuación 3.2.30 cuando se disponga de datos apropiados obtenidos mediante encuestas:

ECUACIÓN 3.2.30
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{Dt}} = S \bullet (C_{t_2} - C_{t_1}) / T$$

Donde:

$\Delta C_{TTF\ Dt}$ = variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de tierra convertida en tierra forestal, en ha

C_{t_2} = reservas de carbono en detritus en el momento t_2, en toneladas de C ha^{-1}

C_{t_1} = reservas de carbono en detritus en el momento t_1 (el momento anterior), en toneladas de C ha^{-1}

T (= $t_2 - t_1$) = período de tiempo transcurrido entre el momento de la segunda estimación de reservas y el momento de la primera, en años

La elección de una metodología para estimar este depósito se realiza utilizando el árbol de decisiones general de la Figura 3.1.2 para las tierras convertidas en tierras forestales. Las estimaciones del carbono presente en los detritus difieren con frecuencia mucho en función del uso anterior de la tierra, del tipo de bosque o del tipo de regeneración. En teoría, las Ecuaciones 3.2.29 y 3.2.30 deberían arrojar las mismas estimaciones del carbono. En términos prácticos, la disponibilidad de datos y el grado de exactitud deseado determinarán la ecuación elegida.

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, en concordancia con la notificación de informes según el Nivel 1, no se presuponen variaciones del carbono en los depósitos de detritus de las tierras convertidas en bosques. Esto es coherente con la Ecuación 3.2.29 en el supuesto de que las transferencias anuales hacia el depósito de detritus sean las mismas que las transferencias desde dicho depósito, y también con la Ecuación 3.2.30 cuando las reservas de carbono en detritus se suponen estables.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utiliza la Ecuación 3.2.29 cuando las tasas de transferencia hacia él y desde él se han estimado mediante datos obtenidos de parcelas de investigación situadas en el país o en países con condiciones análogas, y se utiliza la Ecuación 3.2.30 cuando se miden las reservas de carbono. A efectos comparativos, toda

nueva parcela que se establezca debería estar ubicada con arreglo a los principios de muestreo expuestos en la Sección 5.3 con estratificación por tipos de bosque y por regímenes de conversión.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 podrán utilizarse cuando los países dispongan de inventarios detallados basados en parcelas de muestreo en bosques gestionados, o de modelos detallados validados con datos representativos de la acumulación en los detritus. El diseño estadístico del inventario (ya sea para la recopilación de muestras o para la validación de modelos) debería ajustarse a los principios establecidos en la Sección 5.3, que ayudará a obtener resultados objetivos y proporcionará información sobre las correspondientes incertidumbres.

3.2.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

MADERA MUERTA

Nivel 1: Por defecto, en concordancia con la notificación de informes en el Nivel 1 de las *Directrices del IPCC*, se supondrá un valor estable para las reservas de carbono en la madera muerta en tierras no forestales convertidas en bosques. El efecto neto de los factores de emisión y absorción será, por consiguiente, igual a 0.

Nivel 2: Los valores específicos del país con respecto a las tasas de mortalidad de las reservas de biomasa en pie se obtienen de estudios científicos o de regiones cercanas con bosques y clima similares. Si se obtienen factores de aporte específicos del país pueden también obtenerse, a partir de los datos específicos del país, los correspondientes factores de pérdida para los regímenes de recolección y de alteración. Si sólo se dispone de uno de esos dos factores (entrada o salida) específicos del país, habrá que suponer que el otro es igual al factor conocido. Los factores por defecto del Cuadro 3.2.2 pueden utilizarse para algunas categorías de bosques si no se dispone de valores nacionales o regionales.

Nivel 3: Los países desarrollan sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones en la madera muerta. Tal planteamiento conllevará probablemente programas de mediciones permanentes de inventario, relacionados con datos de actividad de resolución fina, y tal vez estudios de modelización acoplada para conocer la dinámica de todos los depósitos relacionados con los bosques. Algunos países han desarrollado matrices de alteración que proporcionan, para cada tipo de alteración, una pauta de reasignación de carbono entre diferentes depósitos (Kurz y Apps, 1992). Las tasas de descomposición de la madera muerta pueden variar en función de la especie de madera y de las condiciones microclimáticas, y en función de los procedimientos de preparación del lugar (por ejemplo, quema, o quema en piras). Pueden utilizarse los valores por defecto del Cuadro 3.2.2 para comprobar los factores específicos del país.

DETRITUS

Nivel 1 (por defecto): Se supondrá por defecto que las reservas de carbono en detritus en tierras no forestales convertidas en bosques son estables. El efecto neto de los factores de emisión y absorción es, por consiguiente, igual a 0. A los países que experimentan cambios importantes en los tipos de bosque o en los regímenes de alteración o de gestión de sus bosques se les sugiere que desarrollen datos de ámbito nacional para cuantificar ese impacto, y que los notifiquen con arreglo a las metodologías de los Niveles 2 ó 3.

Nivel 2: Cuando se dispone de ellos, es una buena práctica utilizar datos de ámbito nacional sobre las tasas de acumulación neta en detritus para tierras convertidas en bosques con arreglo a diferentes tipos de bosque, junto con los valores por defecto de la última columna del Cuadro 3.2.1 si no se dispone de valores nacionales o regionales para algunas categorías de bosque.

Nivel 3: Los países desarrollan sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones en los detritus, utilizando para ello estimaciones del carbono en los detritus desglosadas a nivel nacional para diferentes tipos de bosque, de regímenes de gestión o de alteración, o ambos. Las estimaciones estarían basadas en mediciones obtenidas de inventarios forestales de ámbito nacional o en otros tipos de información específica del país, posiblemente combinándolas con estudios de modelización para conocer la dinámica de todos los depósitos relacionados con los bosques. Para la comprobación de los factores específicos del país pueden utilizarse los factores por defecto actualizados del Cuadro 3.2.1.

3.2.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad deberían ser coherentes con los utilizados para estimar las variaciones en la biomasa viva en áreas de tierra que están siendo convertidas en bosques. A tal fin, y en consonancia con los principios generales establecidos en el Capítulo 2 y descritos en la Sección 3.2.2.1.1.3, se utilizarán estadísticas de ámbito nacional obtenidas de servicios forestales, organismos de conservación, municipios, encuestas, y organismos cartográficos. Convendría cotejar los datos para asegurarse de que la representación de las tierras convertidas anualmente es completa y coherente, a fin de evitar posibles omisiones o dobles cómputos. Los datos deberían desglosarse con arreglo a las categorías climáticas generales y tipos de bosque del Cuadro 3.2.1. Para los inventarios realizados en el Nivel 3, será necesaria una información más completa sobre el establecimiento de bosques nuevos, con datos refinados sobre la clase de suelo, el clima, o la resolución espacial y temporal. Deberían incluirse todas las variaciones acaecidas en los T años seleccionados como período de transición junto

con las transiciones anteriores a los últimos 20 años notificadas como subdivisiones de bosques que lo siguen siendo.

3.2.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre respecto de la materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras forestales puede ser muy pequeña en términos absolutos durante los primeros años posteriores a la conversión. Las tierras no forestales contendrían muy poca materia orgánica muerta o ninguna. Ésta sólo aparece después del establecimiento, crecimiento y muerte de la vegetación.

MADERA MUERTA

La incertidumbre estimada respecto de la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales durante los primeros años tras la conversión puede ser próxima a cero por ciento. En tierras no forestales convertidas en tierras forestales, es casi seguro que la madera muerta será inexistente. Cuanto más largo sea el período de transición elegido, mayor será la incertidumbre respecto de la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales. El tema de la incertidumbre respecto de la madera muerta en tierras forestales que lo siguen siendo se expone en la Sección 3.2.1.2.1.4.

DETRITUS

La estimación de la incertidumbre respecto de los detritus en tierras convertidas en tierras forestales es muy semejante a la estimación de la incertidumbre respecto de los detritus en tierras forestales que lo siguen siendo, como se ha indicado en la Sección 3.2.1.2.1.4. Los detritus se acumulan con relativa rapidez. Cuanto más corto sea el período de transición en que las tierras permanecen en la categoría de tierras convertidas en tierras forestales, menor será la incertidumbre respecto de los detritus.

En el Cuadro 3.2.5 se indican las fuentes de incertidumbre asociadas a la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 en suelos forestales y en depósitos de materia orgánica muerta, y se indican varias maneras de reducirlas.

Datos de actividad: La incertidumbre asociada a los datos de actividad respecto de la materia orgánica muerta debería ser coherente con la incertidumbre asociada a los datos de actividad al estimar las variaciones en la biomasa viva en tierras que están siendo convertidas en tierras forestales, como se describe en la Sección 3.2.2.1.1.4.

3.2.2.3 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

En esta sección se describen procedimientos para estimar las emisiones y absorciones de carbono en el suelo de tierras convertidas en tierras forestales. Se ofrecen orientaciones por separado para dos tipos de depósitos de carbono en suelos forestales: 1) la fracción orgánica de suelos forestales minerales; y 2) los suelos orgánicos. La variación de las reservas de carbono en el suelo de tierras convertidas en tierras forestales ($\Delta C_{TTF_{Suelos}}$) es igual a la suma de las variaciones de las reservas de carbono en suelos minerales ($\Delta C_{TTF_{Minerales}}$) y en suelos orgánicos ($\Delta C_{TTF_{Orgánicos}}$).

3.2.2.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

SUELOS MINERALES

Los estudios de la dinámica del carbono en el suelo durante el cambio de tierras no forestales a bosques denotan tendencias, tasas y cadencias muy diversas. Esta variabilidad suele explicarse señalando las diferencias en el diseño experimental y en los procedimientos de muestreo, la diversidad de historiales de uso de la tierra, y los diversos climas y tipos de bosque (Paul *et al*., 2002; Post y Kwon, 2000). La forestación de pastizales mejorados ha dado lugar a pequeñas disminuciones del C en suelos minerales, en el horizonte de suelo superior, que podrían o no persistir o incluso invertirse en rotaciones subsiguientes (Paul *et al*., 2002). Se descubrió que las características del lugar determinan también en gran medida la dinámica del C tras la forestación de antiguos pastos (Jackson *et al*., 2002). Por consiguiente, no hay una pauta coherente en cuanto a la magnitud y dirección a largo plazo de la variación de las reservas de C en el suelo durante un cambio de uso que convierta tierras no forestales en bosques gestionados (Post & Kwon 2000; Polglase *et al*., 2000).

Por lo general, el C del suelo suele acumularse tras la conversión de tierras de cultivo en bosques (Polglase *et al*., 2000). Sin embargo, la tasa de acumulación de carbono en el suelo puede depender en gran medida de las condiciones iniciales, relacionadas a su vez con la intensidad del anterior uso de la tierra y con el carbono orgánico que permanece en suelos lábiles antes de restablecimiento del bosque (Post & Kwon, 2000). Pese a la elevada aportación de carbono procedente de los detritus, las características del suelo pueden limitar también la contribución de la acumulación de COS al secuestro total de carbono en el ecosistema durante el rebrote de los bosques (Richter *et al*., 1999). En función de la profundidad de muestreo del suelo, la redistribución del carbono orgánico a lo largo del suelo puede inducir a conclusiones incorrectas con respecto a la variación neta de las reservas de carbono en el suelo.

El planteamiento propuesto reconoce el potencial de secuestro o de pérdida de COS en tierras convertidas en tierras forestales; permite incorporar los conocimientos y datos científicos disponibles con respecto a la dirección y tasas de variación del COS en bosques recientemente establecidos.

Conceptualmente, la metodología es coherente con la desarrollada en la Sección 3.2.1.3.1.1 (Elección del método), ya que presupone un contenido de carbono estable, promediado en el espacio, en suelos minerales para determinados tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. Está basada en los supuestos siguientes:

- el cambio de tierras no forestales a tierras forestales puede estar asociado a variaciones del COS, que terminarían alcanzando un punto final estable; y
- el secuestro/liberación de COS durante la transición a un nuevo COS en equilibrio se produce de manera lineal.

SUELOS ORGÁNICOS

Las actividades de forestación o de revitalización de bosques en suelos orgánicos pueden alterar el régimen de humedad al modificar la intercepción de lluvia y la evapotranspiración, e incrementar el aporte de materia orgánica. Estos cambios pueden modificar la dinámica del carbono y establecer un equilibrio entre la liberación de CO_2 y de CH_4 a la atmósfera, y permitirían esperar que la conversión de tierras en bosques sobre suelos orgánicos (expresa o previamente) drenados fuera una fuente antropógena de CO_2. Se supondrá que ello no sucede cuando la conversión en bosques se produce sin drenaje.

CUADRO 3.2.5
FUENTES DE INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES/ABSORCIONES DE CO_2 EN SUELOS FORESTALES Y EN DEPÓSITOS DE MATERIA ORGÁNICA MUERTA

Fuentes de incertidumbre	Características	Tratamiento
Datos de actividad		
Omisión de áreas forestales gestionadas	No todas las áreas forestales gestionadas se caracterizan por el tipo de bosque, las prácticas de gestión y los regímenes de alteración; los cambios de tipo de bosque, de prácticas o de situación no están documentados	Documentar y vigilar los tipos de bosque, las prácticas de gestión y las perturbaciones
Omisión de cambios pertinentes en acontecimientos o prácticas	Omisión de ciertos cambios de uso de la tierra, prácticas o perturbaciones consideradas causantes de emisiones o absorciones de GEI	Exponer y documentar; examinar el posible efecto sobre la validez de las estimaciones
Cartografía de datos de actividad espacial (por ejemplo, suelos orgánicos)	Las áreas o las ubicaciones no están cartografiadas con exactitud	Atenerse a las recomendaciones del Capítulo 2 y a los textos habituales del SIG en lo que respecta al tratamiento que se dará a las incertidumbres asociadas a la manipulación de datos espaciales
Ausencia de una estratificación adecuada	Los datos de actividad no están estratificados con arreglo a las variables que contribuyen en mayor medida a la variabilidad general	Potenciar el diseño del muestreo mediante una estratificación mejorada
Utilización de la clasificación por defecto	La clasificación nacional de los usos de la tierra es incompatible con la clasificación por defecto del IPCC	Diseñar un cuadro de correspondencias
Parámetros, factores de emisión/absorción		
Utilización de parámetros por defecto o de factores de emisión/absorción	Los valores por defecto no representan las circunstancias nacionales	Utilizar los valores de incertidumbre por defecto. Dar prioridad a las mejoras para reducir en primer lugar las incertidumbres mayores
Diseño del muestreo	La estratificación y la intensidad de muestreo reflejan de manera incompleta la variabilidad espacial	Cuantificar la incertidumbre aleatoria (véase el Capítulo 5 de *OBP2000*)
Protocolo de muestreo incoherente	El horizonte de muestreo, la profundidad, la replicación, las muestras compuestas, el manejo de fragmentos gruesos, las mediciones de la densidad aparente no son coherentes	Mejorar y/o normalizar el protocolo de muestreo; desarrollar un cuadro de correspondencias entre diferentes protocolos
Espesor de la capa	Sólo se recogieron muestras de suelos superficiales (0-30 cm)	Suponer que una capa de 0-30 cm contiene sólo un 50% del C en suelos forestales; estimar la incertidumbre en consonancia
	La capa de humus bajo los guijarros no es una muestra: sobreestimación de las reservas de C	Evaluar y ajustar el diseño del muestreo a nivel de parcela con arreglo a la variabilidad microespacial
	Identificación incoherente de los horizontes de suelo o de las profundidades de referencia	Se supondrá que la estructura vertical del perfil del suelo es constante durante un muestreo reiterado en lugares forestales sin preparación mecánica del lugar
Densidad aparente (DA)	Densidad aparente no medida en todos los lugares de muestreo; valores de densidad aparente inexactos, especialmente en subsuelos compactos o densos;	Utilizar datos adicionales obtenidos de publicaciones o de bases de datos para identificar errores sistemáticos con respecto a la DA, y suplementar los datos que falten; pedir que se realicen mediciones representativas de la DA
Fragmentos gruesos	No se evalúa el volumen o la masa de los fragmentos gruesos	Utilizar datos adicionales obtenidos de publicaciones o de bases de datos para identificar errores sistemáticos con respecto a los fragmentos gruesos; calibrar y normalizar la evaluación del contenido de fragmentos gruesos durante las campañas de muestreo
Concentración de carbono	Los métodos analíticos de análisis del C han cambiado	A ser posible, evitar modificar los métodos analíticos; desarrollar factores de corrección obtenidos de estudios de laboratorio comparativos, o utilizar valores publicados
Escalar los valores experimentales de FE a grandes extensiones (por ejemplo, $FE_{Drenaje}$)	Los valores experimentales obtenidos de estudios específicos del lugar se aplican a grandes extensiones	Seguir las Directrices del Capítulo 5 en lo referente al aumento a escala

3.2.2.3.1.1 Elección del método

SUELOS MINERALES

La Ecuación 3.2.31 indica que la variación de las reservas de carbono en el suelo es, para cada año de inventario, igual a la suma de las variaciones de las reservas de carbono en bosques nuevos, gestionados intensiva y extensivamente, establecidos durante menos de T años. La ecuación refleja diferencias previsibles en las pautas y en la duración de las variaciones del COS en bosques gestionados intensiva y extensivamente.

ECUACIÓN 3.2.31
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES[1]

$$\Delta C_{TTFMinerales} = \Delta C_{TTFForestal\ Ext} + \Delta C_{TTFForestal\ Int}$$

donde,

$$\Delta C_{TTF_{Forestal\ Ext}} = [(COS_{Forestal\ Ext} - COS_{Tierra\ no\ forestal}) \bullet S_{Forestal\ Ext}] / T_{Forestal\ Ext}$$

$$\Delta C_{TTF_{Forestal\ Int}} = [(COS_{Forestal\ Int} - COS_{Tierra\ no\ forestal}) \bullet S_{Forestal\ Int}] / T_{Forestal\ Int}$$

y

$$COS_{Forestal\ Int,\ Ext} = COS_{ref} \bullet f_{tipo\ bosque} \bullet f_{intensidad\ gest} \bullet f_{régimen\ alt}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para el año de inventario, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTF_{Forestal\ Ext}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras forestales gestionadas extensivamente, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTF_{Forestal\ Int}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras forestales gestionadas intensivamente, en toneladas de C año^{-1}

$COS_{Forestal\ Ext}$ = reservas de carbono orgánico en suelos estables para un bosque nuevo, gestionado extensivamente, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{Forestal\ Int}$ = reservas de carbono orgánico en suelos estables para un bosque nuevo, gestionado intensivamente, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{Tierra\ no\ forestal}$ = reservas de carbono orgánico del suelo de tierras no forestales antes de su conversión, en toneladas de C ha^{-1}

$S_{Forestal\ Ext}$ = superficie de tierra convertida en bosque gestionado extensivamente, en ha

$S_{Forestal\ Int}$ = superficie de tierra convertida en bosque gestionado intensivamente, en ha

$T_{Forestal\ Ext}$ = duración de la transición entre $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ y $COS_{Forestal\ Ext}$, en años

$T_{Forestal\ Int}$ = duración de la transición entre $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ y $COS_{Forestal\ Int}$, en años

COS_{ref} = valores de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado, en toneladas de C año^{-1}

$f_{tipo\ bosque}$ = factor de ajuste para un tipo de bosque diferente de la vegetación forestal nativa, sin dimensiones

$f_{intensidad\ gest}$ = factor de ajuste del efecto de la intensidad de gestión, sin dimensiones

$f_{régimen\ alt}$ = factor de ajuste que refleja el efecto sobre el COS de un régimen de alteración diferente del natural, sin dimensiones

Nota 1: Estas variaciones de las reservas de carbono deberían notificarse anualmente para $T_{Forestal\ Ext}$ y $T_{Forestal\ Int}$ años, respectivamente. Por ejemplo, si una tierra es convertida forestal gestionada intensivamente, y $T_{Forestal\ Int}$ = 20 años, la variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en la superficie $S_{Forestal\ Int}$, calculada mediante la Ecuación 3.2.31, debería notificarse en el inventario nacional durante 20 años después de la conversión. La variación total de las reservas de carbono en suelos minerales es la suma de todos los tipos de conversión en tierras forestales.

Cuando las tierras no forestales vuelven a ser vegetación forestal nativa no gestionada:

$$f_{tipo\ bosque} = f_{intensidad\ gest} = f_{régimen\ alt} = 1, \text{ y}$$

$$COS_{Forestal\ Int,\ Ext} = COS_{ref}$$

Las variaciones anuales del COS se producen siempre y cuando hayan transcurrido T años desde la conversión de tierras no forestales en bosques.

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 (Sección 3.1.6) aporta orientaciones básicas para elegir un nivel metodológico que permita realizar la estimación.

Nivel 1: En este nivel puede considerarse, opcionalmente, la posibilidad de convertir tierras agrícolas y praderas en tierras forestales, aunque los efectos de tal conversión sobre las reservas de carbono en el suelo no se consideran incluidos en la metodología por defecto de las *Directrices del IPCC* [7]. Dado que no hay distinción entre gestión intensiva y extensiva de nuevos bosques, $COS_{Forestal\ Ext} = COS_{Forestal\ Int} = COS_{ref}$, y $T_{Forestal\ Ext} = T_{Forestal\ Int} = T_{For}$. Por consiguiente, la ecuación por defecto queda simplificada en la forma:

ECUACIÓN 3.2.32
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES DURANTE UNA FORESTACIÓN [1]

$$\Delta C_{TTF_{Minerales}} = [(COS_{ref} - COS_{Tierra\ no\ forestal}) \bullet S_{For}] / T_{For}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en el año de inventario, en toneladas de C año^{-1}

COS_{ref} = valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados para un suelo dado, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{Tierra\ no\ forestal}$ = carbono orgánico en suelos estables durante el uso anterior de la tierra, tanto agrícola como pradera, en toneladas de C ha^{-1}

S_{For} = tierra forestada total obtenida de anteriores tierras agrícolas o praderas, en ha

T_{For} = duración de la transición de $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ a COS_{ref}, en años

Nota 1: Estas variaciones de las reservas de carbono deberían notificarse anualmente durante T_{For} años. Por ejemplo, para una tierra forestada en que T_{For} = 20 años, la variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en la superficie S_{For}, calculada mediante la Ecuación 3.2.32, debería notificarse en el inventario nacional durante 20 años después de la conversión.

En el Nivel 1 los cálculos son muy inciertos; los países en que la conversión de tierras en bosques es una categoría esencial deberían notificarlo con arreglo al Nivel 2 ó 3.

Nivel 2: Para efectuar los cálculos en el Nivel 2, los nuevos tipos de bosque pueden diferenciarse inicialmente en dos grandes categorías de gestión: prácticas de gestión intensivas (por ejemplo, silvicultura de plantaciones con preparación y fertilización intensivas del lugar), o extensivas (bosques naturales con intervención mínima); estas categorías pueden refinarse también a tenor de las circunstancias del país, por ejemplo atendiendo a si la población proviene de una regeneración natural o artificial. En este nivel pueden notificarse los nuevos bosques establecidos en tierras que anteriormente no eran agrícolas ni praderas.

Nivel 3: Los procedimientos de cálculo del Nivel 3 conllevan el desarrollo de una metodología de estimación específica del país, basada en datos de actividad desglosados y en parámetros, estratificados con arreglo a los factores ecológicos y antropógenos de interés nacional. La metodología debería ser completa y abarcar todos los nuevos bosques gestionados y todos los factores antropógenos que influyen en el balance del COS en esas tierras. La Sección 3.2.1.3.1.1, Elección del método, contiene una descripción esquemática de varias etapas genéricas para el desarrollo de una metodología de ámbito nacional.

SUELOS ORGÁNICOS

Cuando la conversión en bosques se produce en suelos orgánicos drenados, los países deberían aplicar, en el marco de los Niveles 1 y 2, la metodología de estimación descrita bajo el epígrafe "Suelos orgánicos" de la Sección 3.2.1.3.1.1 (Elección del método), utilizando la Ecuación 3.2.33 *infra*, que es una versión modificada de la Ecuación 3.2.15. Los métodos del Nivel 3 deberían utilizarse cuando grandes extensiones de suelos orgánicos drenados se hayan convertido en nuevas tierras forestales. Se supondrá que las emisiones continuarán mientras subsista la capa orgánica aeróbica y el suelo esté considerado como suelo orgánico.

ECUACIÓN 3.2.33
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{Orgánicos}} = S_{Drenado\ for} \bullet FE_{Drenaje}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{Orgánicos}}$ = emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año^{-1}

$S_{Drenado\ for}$ = superficie de suelos orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales, en ha

$FE_{Drenaje}$ = factor de emisión de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

[7] *Sí* se consideran, en cambio, las pérdidas de carbono del suelo procedentes de la conversión de bosques y praderas en otras categorías.

3.2.2.3.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

SUELOS MINERALES

Los parámetros a estimar son COS_{ref}, $COS_{Forestal\ Ext}$, $COS_{Forestal\ Int}$, $T_{Forestal\ Int}$, $T_{Forestal\ Ext}$, $COS_{Tierra\ no\ forestal}$, $f_{tipo\ bosque}$ $f_{intensidad\ gest}$ y $f_{régimen\ alt}$.

Nivel 1: En los cálculos del nivel del Nivel 1, $f_{tipo\ bosque} = f_{intensidad\ gest} = f_{régimen\ alt} = 1$, por lo que en el nuevo bosque $COS = COS_{Ref}$. En el Cuadro 3.2.4 se indican valores por defecto de COS_{Ref} para vegetaciones nativas y categorías genéricas de suelos y climas.

Dado que sólo se considera la conversión de tierras agrícolas y de praderas, los valores de $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ deberían ser coherentes con los valores de COS notificados para las tierras agrícolas (véanse las orientaciones de la Sección 3.3.1.2) o las praderas (véanse las directrices de la Sección 3.4.1.2).

$T_{For\ Nat} = T_{For\ Int} = T_{For}$ es el número de años que tardarán las tierras agrícolas abandonadas en recuperarse hasta alcanzar la biomasa forestal nativa con el tipo de vegetación y el clima nativos, situación que podría alcanzarse en un plazo de entre 20 y 100 años, o incluso más para los ecosistemas de zonas templadas y boreales. Esta dinámica de largo plazo tendría que ser vigilada en la categoría de bosques que lo siguen siendo una vez que las tierras sean transferidas de la categoría de conversión.

Nivel 2: En los procedimientos de cálculo del Nivel 2, los países proporcionan sus propios valores de COS_{Ref}, $COS_{Forestal\ Ext}$, $COS_{Forestal\ Int}$, $T_{Forestal\ Int}$, $T_{Forestal\ Ext}$, $COS_{Tierra\ no\ forestal}$, $f_{tipo\ bosque}$, $f_{intensidad\ gest}$ y $f_{régimen\ alt}$.

Los valores por defecto de COS_{Ref} deberían ser sustituidos por datos que reflejen mejor las circunstancias nacionales, basados en los correspondientes tipos de bosque y regímenes de alteración naturales. Debería dedicarse especial atención al valor de COS_{Ref}, para el que sólo se utilizará como valor por defecto el valor estable de COS en el estado final de una forestación cuando exista evidencia documentada de que los nuevos bosques son ecológicamente similares a la vegetación nativa y no son gestionados. Si los bosques han sido establecidos en áreas en que históricamente no han existido, el valor de COS_{Ref} podrá obtenerse de los datos más representativos que puedan obtenerse en las publicaciones, o de encuestas sobre los suelos en bosques y tipos de suelo comparables.

Los valores nacionales de $COS_{Forestal\ Ext}$, $COS_{Forestal\ Int}$ y $f_{tipo\ bosque}$, $f_{intensidad\ gest}$ y $f_{régimen\ alt}$ deberían ser coherentes con los tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración utilizados en los procedimientos de estimación del COS en bosques que lo siguen siendo (Sección 3.2.1.3.1.2, Elección de factores de emisión/absorción). La obtención de estos parámetros debería efectuarse con arreglo a las orientaciones que figuran en el texto correspondiente de la Sección 3.2.1.3.1.2.

Los valores de $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ deberían ser coherentes con los notificados en las restantes categorías de tierras.

Debería estimarse el período requerido para alcanzar unos valores estables del COS en bosques, teniendo en cuenta que las tasas de secuestro de C en el suelo son menores que en la biomasa sobre el suelo, que las variaciones superficiales del COS darán sólo una idea parcial de la redistribución vertical del carbono a lo largo del perfil del suelo, que la transición podría ser más breve para los nuevos bosques gestionados intensivamente que para los gestionados extensivamente, y que, en igualdad de condiciones, el valor de $COS_{Forestal\ Int}$ será probablemente a largo plazo inferior al de $COS_{Forestal\ Ext}$.

El proceso lineal del secuestro de C podrá ser sustituido por representaciones sigmoidales o equivalentes, cuando se disponga de datos.

Nivel 3: En este nivel, los países desarrollan sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones del COS asociadas a la creación de nuevos bosques. Tales metodologías incorporarán probablemente programas de vigilancia rigurosos de larga duración, además de estudios de modelización numéricos y/o dinámicos, y serán coherentes con los métodos utilizados para estimar las emisiones/absorciones en los depósitos de COS para tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Con arreglo a su capacidad, deberían utilizarse modelos que representen adecuadamente la diversidad de condiciones y prácticas que se dan en el área de interés, así como su compatibilidad con los datos nacionales disponibles. Dada la complejidad de esos modelos, podría ser difícil cuantificar la incertidumbre asociada a sus resultados. La utilización de modelos debería ir acompañada de una validación independiente de sus supuestos, parámetros, reglas y resultados para todo tipo de condiciones y prácticas contempladas por el modelo.

SUELOS ORGÁNICOS

El factor de emisión que hay que estimar es $FE_{Drenaje}$ para las emisiones de CO_2 provenientes de suelos orgánicos drenados convertidos en tierras forestales [en toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$], como se indica en la Sección 3.2.1.3.1.2 a propósito de los factores de emisión en suelos orgánicos. En el Cuadro 3.2.3 se ofrecen valores por defecto.

3.2.2.3.1.3 Elección de datos de actividad

SUELOS MINERALES

En el Nivel 1, los datos de actividad consisten en estimaciones de todas las tierras agrícolas y praderas convertidas en bosques, o bien deliberadamente o bien como resultado de un abandono, en consonancia con las directrices del Capítulo 2. Las pautas de conversión típicas consisten en el establecimiento de plantaciones en tierras agrícolas marginales, en tierras agrícolas degradadas y abandonadas de áreas marginalmente productivas, o en tierras agrícolas y abandonadas por otras razones.

En los Niveles 2 y 3, los datos de actividad abarcan todas las tierras convertidas en tierras forestales, ubicadas con arreglo a las categorías climáticas generales, y diferenciadas según la intensidad de gestión (extensiva o intensiva) y el origen de su masa forestal (establecimiento de un bosque natural o artificial).

En todos los niveles, los nuevos bosques deberían permanecer en la categoría de conversión mientras dure el periodo de transición (valor por defecto: 20 años), para posteriormente clasificarlos como tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. La evaluación de las variaciones de COS en los bosques sería mucho más fácil si la información sobre los cambios de uso de la tierra pudiera ir acompañada de datos nacionales sobre el suelo y el clima, y de inventarios de la vegetación y de otros datos geofísicos, y podría ser necesario vigilar durante largo tiempo la dinámica del carbono del suelo en la categoría de tierras forestales que lo siguen siendo, una vez transferido al término del período de transición.

Las fuentes de los datos variarán en función de los sistemas de gestión de la tierra del país, es decir, en función de si dependen de empresas o contratos individuales o de organismos de reglamentación y organismos gubernamentales encargados de la planificación, inventario y gestión de los usos de la tierra, o de instituciones de investigación. El formato de los datos consistirá, en particular, en informes de actividad presentados regularmente en el marco de programas de incentivo o con arreglo a las reglamentaciones, o en inventarios de gestión de bosques e imágenes obtenidas por teledetección.

SUELOS ORGÁNICOS

Los datos de actividad están representados por $S_{For\ Drenado}$, que es la superficie de suelos orgánicos drenados convertidos en nuevos bosques. Cuando se drena un suelo orgánico con objeto de forestar las tierras, los registros contendrán probablemente información documental sobre la amplitud y ubicación de las actividades de drenado en preparación de la creación del bosque. La situación podría ser diferente cuando se convierten suelos previamente drenados, en cuyo caso podría disponerse sólo de los datos de superficie de las tierras convertidas. Podría ser necesario realizar encuestas adicionales; consúltese el Capítulo 2, y téngase presente la necesidad de ajustar las áreas asignadas a usos de la tierra anteriores para mantener una representación coherente de la superficie de las tierras.

3.2.2.3.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre en los datos sobre el carbono orgánico del suelo es básicamente la misma para las tierras convertidas en tierras forestales y para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (Sección 3.2.1.3.1.4). Una fuente adicional de incertidumbre procede de la evidencia fluctuante con respecto a los efectos que la conversión de tierras en tierras forestales produce en el carbono orgánico del suelo (COS): la dirección y la tasa de cambio del COS dependerán de las condiciones iniciales del suelo en el momento de la conversión, y del potencial del suelo para acumular carbono orgánico. A menos que haya evidencia en contrario, los países deberían presuponer una incertidumbre del 30% con respecto a las condiciones iniciales del suelo.

3.2.2.4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Los gases distintos del CO_2 provenientes de la quema de biomasa se examinan en la Sección 3.2.1.4 (Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de biomasa).

En general, la conversión de tierras agrícolas, praderas, asentamientos y otras tierras en tierras forestales no suele alterar las fuentes y sumideros de gases distintos de CO_2 en el suelo, si se compara con las fuentes y sumideros existentes para el uso de la tierra anterior (tierras agrícolas, praderas, asentamientos, otros tipos) o para el nuevo uso (tierras forestales). Este supuesto no siempre se cumplirá, por ejemplo cuando se ara una pradera para después forestarla. Con todo, existen datos suficientes para proporcionar una metodología por defecto. Las emisiones de N_2O provenientes de una gestión basada en la fertilización y el drenaje se examinan en la Sección 3.2.1.4 y en el Apéndice 3a.2.

ÓXIDO NITROSO

En la Figura 3.1.2 se representa el árbol de decisiones para seleccionar el nivel correspondiente en el caso de las emisiones de N_2O procedentes de tierras convertidas en tierras forestales. Si se dispone de datos, el análisis por categorías esenciales se efectuará por separado para cada tipo de conversión de la tierra (agrícola en forestal, pradera en forestal, humedal en forestal, asentamiento en forestal, de otros tipos en forestal).

En **todos los niveles** es una *buena práctica* estimar las emisiones de N_2O procedentes de la aplicación directa de nitrógeno a las tierras durante su conversión en tierras forestales, utilizando métodos descritos en la Sección 3.2.1.4.1 para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, y evitando el doble cómputo en las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, o en las tierras agrícolas. Si no fuera posible desglosar los datos, habría que agregar las emisiones para las tierras forestales que lo siguen siendo, o incluso para las tierras agrícolas, a la categoría esencial, para evitar el doble cómputo. Además, son aplicables las consideraciones siguientes:

Nivel 1: Se supondrá que la conversión en tierras forestales no origina pérdidas de carbono en el suelo. Sobre la base del argumento expuesto en la Sección 3.3.2.3 (Emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO_2), se supondrá que las emisiones de N_2O procedentes de la mineralización del carbono en el suelo son también nulas. Las emisiones de N_2O retardadas procedentes de la aplicación de nitrógeno durante el uso de la tierra anterior y el nuevo uso de la tierra (bosques gestionados) se calculan implícitamente en el inventario, y no es necesario notificarlas por separado, evitando así el doble cómputo.

Nivel 2: Se sugiere a los países que reiteran el inventario de carbono en el suelo que comprueben el supuesto de que la conversión en tierras forestales no ocasiona pérdidas de carbono en el suelo. Si fuera posible documentar las pérdidas de carbono en el suelo, por ejemplo por forestación de praderas, las emisiones de N_2O se notificarán utilizando los mismos niveles y metodologías que para la conversión en tierras agrícolas (Sección 3.3.2.3, Emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO_2). Las emisiones de N_2O retardadas procedentes de la aplicación de nitrógeno durante el uso anterior de la tierra se calculan implícitamente en el inventario, y no es necesario informar de ellas por separado, evitando así el doble cómputo. En la actualidad, no existe información adecuada que permita estimar el efecto de la acumulación de carbono en el suelo en el caso de las emisiones de N_2O.

Nivel 3: Para los países que notifican sus emisiones de N_2O en términos explícitamente espaciales, es una *buena práctica* aplicar los mismos modelos detallados que para las tierras forestales que lo siguen siendo, teniendo presentes las interacciones señaladas para los Niveles 1 y 2.

La conversión de suelos orgánicos en tierras forestales libera N_2O en los casos de drenaje de los humedales, especialmente los suelos orgánicos. Es una *buena práctica* notificar las emisiones de N_2O procedentes del drenaje de suelos orgánicos para la conversión en tierras forestales utilizando el mismo grupo de metodologías que para las emisiones de N_2O procedentes de suelos orgánicos drenados en tierras forestales (Apéndice 3a.2), por razones de coherencia.

3.2.3 Exhaustividad

La exhaustividad es un requisito de la garantía de la calidad (GC) y del control de la calidad (CC) de los inventarios, como se señala en el Capítulo 5.5, y se define, con arreglo al Capítulo 1, en las *Directrices del IPCC*.

El presente volumen contiene orientaciones específicas con respecto a todas las pérdidas en áreas forestales gestionadas (necesarias para una adecuada utilización de la metodología), que en niveles superiores abarca todos los depósitos, y no sólo la biomasa sobre el suelo. Las emisiones de CO_2 y de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios y de la aplicación directa de fertilizantes se incluyen en todos los niveles, y el Apéndice 3a.2 contiene sugerencias sobre el óxido nitroso procedente de suelos orgánicos drenados. Las *buenas prácticas* sugeridas para el encalado de los suelos forestales son idénticas a la señaladas en las *Directrices del IPCC*, y no se explican con mayor detalle, aunque el Capítulo 4 contiene métodos más detallados.

3.2.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Es una *buena práctica* elaborar una serie temporal coherente de inventarios de emisiones y absorciones antropógenas de GEI en todas las categorías de UTCUTS, utilizando las orientaciones de la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos). Dado que los datos de actividad podrían estar disponibles sólo cada varios años, para conseguir la coherencia de la serie temporal puede ser necesario interpolar o extrapolar valores de series o tendencias temporales más largas, posiblemente utilizando información sobre los cambios de las políticas forestales y de los planes de incentivos, cuando éstos son necesarios.

Para estimar las emisiones y absorciones de GEI en cualquiera de los Niveles 1, 2 ó 3, lo ideal sería aplicar de manera coherente el mismo protocolo (estrategia de muestreo, método, etc.) a cada uno de los años de la serie temporal, con el mismo grado de desglose, y, cuando se utilicen datos específicos del país, es una *buena práctica* utilizar los mismos métodos de coeficientes para los cálculos equivalentes en todos los puntos de la serie temporal.

Sin embargo, a medida que aumenta la capacidad de inventario y son más accesibles las fuentes de información y de datos, se incluyen nuevas categorías de fuentes y de sumideros o, pasando a un nivel superior, podrán

actualizarse y refinarse los métodos y datos utilizados para calcular las estimaciones. En tales circunstancias, es una *buena práctica* volver a calcular de manera coherente las emisiones y absorciones históricas (véase la Sección 5.6.3, Nuevos cálculos y datos periódicos). Si faltaran datos históricos, podría ser necesario estimarlos a partir de otras fuentes de datos.

Para contabilizar coherentemente a lo largo del tiempo las áreas de tierra incluidas en el inventario de emisiones/sumideros de C en el suelo será necesario estratificar los datos de actividad por categorías de uso de la tierra mediante una definición común de los tipos de clima y de suelo. De ese modo, algunas áreas sometidas a cambios de uso de la tierra se omitirán o serán objeto de doble cómputo por errores de contabilidad derivados de definiciones incoherentes de estratos de suelo y clima en otras categorías de uso de la tierra. Será necesaria una definición coherente de cada uno de los sistemas de gestión incluidos en el inventario.

El nivel de conocimientos y de detalle acerca de la estimación de las emisiones del suelo mejorará también a lo largo del tiempo, y obligará a recalcular los inventarios históricos para reflejar los nuevos datos y/o métodos, de modo que los datos de actividad estén estratificados en función de definiciones comunes de nuevos tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración.

En ocasiones, las variaciones en suelos forestales no pueden ser detectadas a una escala temporal más fina de un decenio; será necesario interpolar entre mediciones para obtener estimaciones anuales de las emisiones y absorciones.

Los cambios de tipo de bosque, de prácticas y de perturbaciones deben ser vigilados durante largos períodos de tiempo determinados, por ejemplo, por la dinámica del carbono en el suelo o por los períodos de rotación de los bosques cuando éstos son vigilados específicamente en los cálculos detallados de los modelos. Pueden surgir dificultades por falta de datos históricos sobre estas actividades o episodios. Los datos históricos (incluidas las emisiones de gases distintos del CO_2 en áreas drenadas y humedecidas) tendrán inevitablemente mayor resolución que los datos recientes; algunos tendrán que ser reconstruidos con la ayuda de expertos, lo cual debería documentarse conforme al Capítulo 5.

3.2.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la Sección 3.2 pueden notificarse mediante los cuadros de notificación del Anexo 3A.2. Los requisitos generales de notificación y documentación se indican en el Capítulo 5 y, en términos generales, es una *buena práctica* archivar y documentar todos los datos e información (por ejemplo en forma de figuras, estadísticas, fuentes de hipótesis, tipos de modelos, estudios de validación de los análisis de incertidumbre, métodos de inventario, experimentos de investigación, mediciones obtenidas mediante estudios *in situ*, protocolos asociados, y otros fundamentos de datos básicos) utilizados para producir el inventario nacional de emisiones/absorciones. Deberían notificarse las explicaciones detalladas de la definición de depósito, así como las definiciones que permitan determinar la extensión de las tierras gestionadas incluidas en el inventario, junto con las evidencias de que tales definiciones han sido aplicadas de manera coherente a lo largo del tiempo.

Se necesita también una documentación que demuestre la exhaustividad y coherencia de los datos de la serie temporal y de los métodos de interpolación entre muestras y entre muestras y años, así como una documentación que permita reiterar los cálculos, evitar el doble cómputo, y aplicar los procesos de GC/CC.

A medida que las Partes decidan avanzar hacia niveles superiores cuyos métodos de cálculo y datos no estén descritos en las *Directrices del IPCC* o caracterizados por metodologías más desglosadas, se necesitará documentación adicional que facilite la utilización de metodologías más avanzadas y exactas, de parámetros definidos por el país, y de mapas y conjuntos de datos de alta resolución. Sin embargo, en todos los niveles será necesario explicar las decisiones que se adopten con respecto a la metodología, los coeficientes y los datos de actividad escogidos. Se pretende con ello facilitar la reconstrucción de las estimaciones por terceras partes independientes, aunque podría resultar poco práctico incluir toda la documentación necesaria en el informe del inventario nacional. Por ello, el inventario debería incluir resúmenes de los planteamientos y métodos utilizados, así como referencias a las fuentes de los datos, a fin de que las estimaciones que se notifiquen sean transparentes y permitan reconstruir los procedimientos de cálculo.

La documentación es particularmente importante cuando la metodología, los métodos de cálculo y los datos no están descritos en las *Directrices del IPCC*, como es el caso en los niveles superiores o en los procedimientos más desglosados. Además, es una *buena práctica* aportar documentación sobre:

Factores de emisión: Habrá que citar las fuentes de los factores de emisión utilizados (ya sean los valores por defecto del IPCC u otros). Si se han utilizado factores de emisión específicos del país o de la región, y si se han empleado nuevos métodos (distintos de los métodos por defecto del IPCC), debería describirse y documentarse de manera completa el fundamento científico de tales factores de emisión y métodos. En particular, se definirán los parámetros de aporte, se describirá el proceso mediante el que se obtienen dichos factores y métodos, y se describirán las fuentes y magnitud de las incertidumbres. Los organismos encargados de los inventarios que

utilicen factores de emisión específicos de un país deberían aportar información sobre las razones por las que se selecciona un factor diferente, explicar cómo se ha obtenido, compararlos con otros factores de emisión publicados, explicar toda diferencia importante, y tratar de acotar la incertidumbre.

Datos de actividad: Deberían indicarse las fuentes de todos los datos de actividad como, por ejemplo, superficies, tipos y características de suelos, o cubiertas vegetales, utilizados en los cálculos (es decir, menciones completas de las bases de datos estadísticas de las que se obtuvieron los datos). Será útil indicar los metadatos aplicados a las bases de datos, y en particular información sobre las fechas y frecuencias de la recopilación de datos, los procedimientos de muestreo, los procedimientos analíticos utilizados para obtener las características de los suelos y variaciones mínimas detectables del carbono orgánico, y las estimaciones de exactitud y de precisión. Cuando los datos de actividad no se obtengan directamente de las bases de datos, se indicarán la información y los supuestos utilizados para obtener los datos de actividad, así como estimaciones de la incertidumbre asociada a los datos de actividad obtenidos. Esta consideración es aplicable, en particular, cuando se han utilizado procedimientos de aumento a escala para obtener estimaciones de gran escala; en tales casos, deberían describirse los procedimientos estadísticos, así como las incertidumbres correspondientes.

Resultados de las simulaciones de los modelos: Si los organismos encargados de los inventarios han utilizado datos obtenidos de modelos en sus procedimientos de estimación, deberían indicarse las razones para escoger tales modelos. Es una *buena práctica* incluir menciones completas de publicaciones revisadas por otros expertos en las que se describa el modelo y se interpreten y validen sus resultados. Debería aportarse información detallada para que los revisores evalúen la validez del modelo, y en particular la metodología general de modelización, los supuestos básicos del modelo, los datos de entrada y salida, los valores de los parámetros y los procedimientos de parametrización, los intervalos de confianza de los resultados de los modelos, y los resultados de todos los análisis de sensibilidad de los datos salientes.

Análisis de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones significativas de las emisiones de un año a otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los coeficientes de emisión de un año a otro, y deberían documentarse las razones a que responden tales variaciones. Si se utilizaran factores de emisión diferentes para años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones para ello.

Gases de efecto invernadero distintos del CO_2: Los requisitos de notificación se atienen a los mismos principios que para el CO_2, aunque hay que procurar utilizar métodos que eviten la omisión o el doble cómputo en tierras agrícolas y entre tierras forestales que lo siguen siendo, y en las transiciones a tierras forestales. Es necesario también diferenciar claramente entre la cobertura de las emisiones estimadas mediante las orientaciones del presente Capítulo y la de las emisiones que se atienen a las orientaciones del Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo). Dado el nivel de incertidumbre existente, la claridad en los métodos y en la notificación puede ayudar a mejorar los conocimientos científicos, y favorecerá el examen de los inventarios.

3.2.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios

Las características del sector de UTCUTS implican que la estimación de las emisiones y absorciones de GEI que se han de notificar mediante los inventarios nacionales tengan diferentes niveles de precisión, de exactitud y de error sistemático. Además, las estimaciones están influidas por la calidad y coherencia de los datos y de la información disponibles en determinado país, así como por las lagunas de conocimientos; es más, en función del nivel escogido por una Parte, los valores pueden resultar afectados por diferentes fuentes de error, por ejemplo en el muestreo, en la evaluación o en la clasificación de imágenes de teledetección, o por errores del modelo, que pueden propagarse a la estimación total.

Es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de la calidad durante los procedimientos de garantía de la calidad (GC) y de control de la calidad (CC), así como un examen especializado de las estimaciones de las emisiones. Podrían efectuarse también comprobaciones adicionales de control de calidad conforme a los procedimientos del Nivel 2 del Capítulo 8 (GC/CC) de *OBP2000* y del Capítulo 5.5 de la presente Orientación, así como procedimientos de garantía de la calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles superiores para estimar las emisiones. Es una *buena práctica* suplementar los procedimientos de GC/CC en cuanto al procesamiento, tratamiento, notificación y documentación de los datos, para lo cual se exponen a continuación diversos procedimientos por categorías específicos de las fuentes.

Los organismos que recopilen datos serán responsables de reexaminar los métodos de recopilación de los datos, de comprobar éstos para asegurarse de que son recopilados y totalizados o desglosados correctamente, y de cotejar los datos con otras fuentes de datos y con los de años precedentes, para asegurarse de que son veraces, completos y coherentes a lo largo del tiempo. En el marco del proceso de GC deberá examinarse y describirse la modalidad de estimación, tanto si está basada en estadísticas obtenidas sobre el terreno como si responde a

cálculos teóricos. La documentación es un componente crucial del proceso de revisión, ya que permite a los revisores identificar inexactitudes y lagunas de información, y sugerir mejoras. La documentación y la transparencia de los informes es de la mayor importancia cuando las fuentes son muy inciertas, como lo es explicar las razones de las divergencias entre los factores específicos del país y los valores por defecto o los utilizados por otros países. Se alienta a los países con condiciones (ecológicas) similares a colaborar en el perfeccionamiento de los métodos, de los factores de emisión y de las evaluaciones de incertidumbre.

COMPROBACIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

El organismo encargado del inventario debería, siempre que sea posible, comprobar los datos relativos a todas las áreas de tierra gestionadas, utilizando fuentes independientes y comparando éstas. Toda diferencia en los registros de área debería documentarse para someterla a revisión. Los datos de actividad totales, por áreas, deberían sumarse para todas las categorías de uso de la tierra, a fin de que la superficie total abarcada por el inventario y su estratificación en función de los tipos de clima y de suelo permanezca constante a lo largo del tiempo. Con ello, se tendrá la certeza de que no se "crean" ni se "pierden" tierras a lo largo del tiempo, y se evitarán errores importantes en el inventario. Cuando se utilicen datos específicos de un país (por ejemplo, la biomasa en pie o las tasas de crecimiento de la biomasa, la fracción de carbono en la biomasa sobre el suelo y los factores de expansión de la biomasa, el consumo de fertilizantes sintéticos y las estimaciones de dicho consumo), el organismo debería compararlos con los valores por defecto del IPCC o con otros valores reconocidos a nivel internacional, como los indicados por la FAO y por la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA), y tomar nota de las diferencias.

Los parámetros específicos del país deberían ser de gran calidad, preferiblemente en forma de datos experimentales revisados por otros expertos, y estar adecuadamente descritos y documentados. Se sugiere a los organismos encargados de los inventarios que apliquen *buenas prácticas* y que sometan los resultados a una revisión por otros expertos. Para validar la fiabilidad de las cifras notificadas, podrán realizarse evaluaciones en áreas de prueba.

El organismo encargado del inventario debería asegurarse de que se han aplicado procedimientos de GC/CC en la categoría de fuentes agrícolas, y de que la excreción de nitrógeno, las pérdidas volátiles y las tasas de aplicación a los bosques son coherentes con las fuentes y con el consumo general de fertilizantes y desechos orgánicos, evitando así un doble cómputo.

El organismo encargado del inventario debería asegurarse de que se examinan todas las turberas boscosas drenadas, y no sólo el drenaje más reciente del año de notificación, y de que el drenaje repetido de un área dada no es contabilizado como un área nueva.

REVISIÓN INTERNA Y EXTERNA

El proceso de revisión, conforme se describe en el Capitulo 5, debería ser realizado por expertos que, a ser posible, no participen directamente en la elaboración del inventario. El organismo debería utilizar expertos en absorciones y emisiones de GEI en el sector de UTCUTS para realizar una revisión por otros expertos de los métodos y datos utilizados. Dada la complejidad y la singularidad de los parámetros utilizados para calcular los factores específicos de un país en ciertas categorías, debería contarse con especialistas en la materia para realizar las revisiones. Cuando los factores del suelo estén basados en mediciones directas, el organismo encargado del inventario debería revisar las mediciones para asegurarse de que son representativas de las posibles condiciones medioambientales y de gestión del suelo, así como de la variabilidad climática interanual, y de que han sido desarrolladas con arreglo a unas pautas reconocidas. Debería considerarse también el protocolo de GC/CC aplicado en los lugares examinados, y las estimaciones resultantes se deberían comparar entre lugares y con las basadas en valores por defecto.

3.3 TIERRAS AGRÍCOLAS

En la presente sección se ofrecen *Orientaciones sobre buenas prácticas* para inventariar y notificar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en "tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas" (TATA) y en "tierras convertidas en tierras agrícolas" (TTA). Se incluyen en las tierras agrícolas todos los cultivos anuales y perennes, así como las tierras en barbecho (tierras que se dejan sin cultivar durante uno o más años a modo de descanso). Los cultivos anuales pueden consistir en cereales, semillas oleaginosas, legumbres, raíces o forrajes. Los cultivos perennes pueden consistir en árboles y matorrales combinados con cultivos herbáceos (p. ej., en la agrosilvicultura) o en huertos, viñedos o plantaciones de cacao, café, té, palma oleaginosa, coco, árboles de caucho o bananos, excepto cuando tales tierras puedan ser clasificadas como tierras forestales.[1] Las tierras arables habitualmente utilizadas para cultivos anuales pero que se utilizan temporalmente para cultivos de forraje o de pastoreo con arreglo a un sistema de rotación anual de cultivos-pastos se incluirán en la categoría de tierras agrícolas.

La cantidad de carbono almacenada en las tierras agrícolas permanentes y emitida o absorbida de éstas dependerá del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión y de las variables del suelo y del clima. Así, por ejemplo, los cultivos anuales (p. ej., cereales o legumbres y hortalizas) se recolectan todos los años, con lo que no hay almacenamiento de carbono en la biomasa a largo plazo. Sin embargo, la vegetación boscosa perenne de huertos, viñedos y sistemas agroforestales puede almacenar cantidades considerables de carbono en la biomasa de larga duración, en función del tipo de especie, de la densidad, de las tasas de crecimiento y de las prácticas de recolección y poda. Las reservas de carbono en el suelo pueden ser significativas, y están sometidas a variaciones en la mayoría de las prácticas de gestión, particularmente en relación con los tipos y rotación de cultivos, labranza, drenaje, gestión de residuos y correcciones orgánicas.

La conversión en tierras agrícolas de tierras destinadas a otros usos puede afectar de diversas maneras a las reservas de carbono y a otros gases de efecto invernadero. La conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas y humedales suele producir una pérdida neta de carbono de la biomasa y de los suelos hacia la atmósfera. Sin embargo, las tierras agrícolas establecidas en áreas anteriormente de vegetación escasa o muy perturbadas (por ejemplo, dedicadas a la minería) pueden arrojar una ganancia neta tanto del carbono de la biomasa como del suelo. El término "conversión de uso de la tierra" hace referencia sólo a aquellas tierras que cambian de uso. Cuando en una tierra agrícola perenne se vuelven a plantar cultivos idénticos o diferentes, las tierras seguirán siendo de cultivo; por consiguiente, la variación de las reservas de carbono debería estimarse utilizando métodos aplicables a las tierras agrícolas que lo siguen siendo, conforme a la Sección 3.3.1 *infra*.

Con respecto a las tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, las emisiones de metano (CH_4) y de dióxido nitroso (N_2O) procedentes de la gestión de tierras agrícolas permanentes se examinan en el Capítulo 4 de la publicación del IPCC, *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (*OBP2000*). En la presente publicación se ofrecen orientaciones sobre la elaboración de inventarios y la notificación de emisiones de N_2O procedentes de la conversión de tierras en tierras agrícolas por efecto de la oxidación del suelo.

En esta sección se dan orientaciones sobre la utilización de metodologías básicas y avanzadas para elaborar inventarios e informes sobre las emisiones y absorciones en tierras agrícolas que lo siguen siendo y en tierras convertidas en tierras agrícolas, respecto de los depósitos de biomasa y de carbono en el suelo. Las metodologías están estructuradas en niveles jerárquicos, y los métodos del Nivel 1 utilizan valores por defecto, por lo general con un grado limitado de desglose de los datos de área. En el Nivel 2 se utilizan coeficientes específicos del país y un desglose en escala más fina, lo que reducirá la incertidumbre de las estimaciones de emisión/absorción. Los métodos del Nivel 3 están basados en planteamientos específicos del país, que pueden consistir en modelos de procesos y en mediciones de inventario detalladas. Cuando ha sido posible, se han actualizado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC,* y se ofrecen nuevos valores por defecto basados en los resultados de las más recientes investigaciones.

3.3.1 Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas

Las emisiones y absorciones en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas pueden contener dos subcategorías de emisiones/absorciones de CO_2. En la Ecuación 3.3.1 se resumen las emisiones o absorciones netas de carbono procedentes de tierras agrícolas que lo siguen siendo para estas subcategorías: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (Sección 3.3.1.1) y Variación de las reservas de carbono en el suelo

[1] Como se indica en la Sección 2.2 del Capítulo 2 (Categorías de tierra), el IPCC no ofrece una definición única de los usos forestales o de otros usos de las tierras. Son los países los que determinarán sus propias definiciones con miras a la notificación del inventario. Es una *buena práctica* utilizar definiciones claras en el informe del inventario (incluyendo valores de umbral, por ejemplo de la cubierta de árboles, del área de tierra o de la altura de los árboles), y asegurarse de que la clasificación es coherente para todos los inventarios notificados y con otras definiciones de uso de la tierra.

(3.3.1.2). Como ya se ha señalado, la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O se enmarca en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000*. En el Cuadro 3.3.1 se resumen los niveles correspondientes a cada una de las dos subcategorías examinadas más adelante.

ECUACIÓN 3.3.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA} = \Delta C_{TATA_{BV}} + \Delta C_{TATA_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TATA} = variación anual de las reservas de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TATA_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TATA_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año^{-1}

Para convertir toneladas de C en Gg de CO_2 se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10^{-3}. Las convenciones (signos) se indican en la Sección 3.1.7 y en el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo).

CUADRO 3.3.1
DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

Nivel / Sub-categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa viva (para los cultivos leñosos perennes)	Utilizar coeficientes por defecto para las tasas de acumulación y pérdida de carbono. La superficie media de cultivos leñosos perennes se estimará por regiones climáticas.	Utilizar al menos algunos valores específicos del país respecto de las tasas de acumulación y pérdida de carbono. Utilizar estudios anuales o periódicos detallados para estimar el área de tierra con cultivos leñosos perennes, desglosada en escalas que concuerden con las tasas específicas del país. Se examinará la posibilidad de incluir en las estimaciones la biomasa bajo el suelo, si se dispone de datos. Puede depender de una metodología alternativa consistente en medir o estimar las reservas de carbono en dos momentos diferentes, en lugar de obtener tasas de variación del carbono almacenado.	Utilizar estimaciones de superficie muy desglosadas para categorías detalladas de cultivos leñosos perennes (por ejemplo, café, huertos, sistemas de intercultivo). Aplicar tasas o estimaciones específicas del país respecto de la variación del carbono almacenado en los sistemas de cultivo leñoso perenne. Podrá utilizarse una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización o medición, siempre que proporcione una estimación más exacta de la variación del carbono almacenado).
Suelos	Para las variaciones del carbono en suelos minerales, utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima y de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado, utilizar factores de emisión por defecto, conforme a las *Directrices del IPCC*.	Para los suelos minerales y orgánicos, utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización o medición).

3.3.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

El carbono puede almacenarse en la biomasa de las tierras agrícolas que contienen vegetación leñosa perenne, y en particular, aunque no exclusivamente, monocultivos como los de café, palma oleaginosa, cacao, plantaciones de caucho, huertos de frutas y frutos secos, y policultivos, como los sistemas agroforestales. La metodología

básica para estimar las variaciones de la biomasa boscosa se indica en las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.2 (Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa) y en la Sección 3.2.1.1 (Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva) de la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales) de la presente publicación. En la sección se exponen en detalle esas metodologías para estimar la variación del carbono en la biomasa viva en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.

3.3.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La variación de la biomasa se estima solamente para los cultivos leñosos perennes. Para los cultivos anuales, se supondrá que el aumento de las reservas de biomasa en un solo año es igual a las pérdidas de biomasa por recolección y mortalidad en ese mismo año; es decir, no hay acumulación neta del carbono almacenado en la biomasa.

La ecuación principal respecto de la variación total del carbono almacenado en la biomasa viva en cultivos leñosos perennes de tierras agrícolas ($\Delta C_{TATA_{BV}}$) es idéntica a la Ecuación 3.2.2 de la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales), con la única diferencia de que las estimaciones de la variación del carbono almacenado son aplicables sólo a la biomasa sobre el suelo, dado que los datos disponibles sobre la biomasa bajo el suelo son limitados. Las tasas de crecimiento y de pérdida por defecto se indican en el Cuadro 3.3.2.

CUADRO 3.3.2
COEFICIENTES POR DEFECTO PARA LA BIOMASA BOSCOSA SOBRE EL SUELO Y LOS CICLOS DE RECOLECCIÓN EN SISTEMAS DE CULTIVO QUE CONTIENEN ESPECIES PERENNES

Región climática	Reservas de carbono en la biomasa sobre el suelo en la recolección (toneladas de C ha^{-1})	Ciclo recolección /madurez (años)	Tasa de acumulación de biomasa (C) (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Pérdida de carbono de biomasa (P) (toneladas de C ha^{-1})	Escala de error[1]
Región templada (todos los regímenes de humedad)	63	30	2,1	63	± 75%
Tropical, seca	9	5	1,8	9	± 75%
Tropical, húmeda	21	8	2,6	21	± 75%
Tropical, muy húmeda	50	5	10,0	50	± 75%

Nota: Los valores se han obtenido de un examen y de síntesis de trabajos de investigación publicados por Schroeder (1994).

[1] Representa una estimación de error nominal, equivalente al doble de la desviación estándar, como porcentaje de la media.

En la actualidad, no hay información suficiente para ofrecer una metodología básica con parámetros por defecto para estimar la variación del carbono almacenado en depósitos de materia orgánica muerta, en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.

3.3.1.1.1.1 Elección del método

Para estimar las variaciones del carbono en la biomasa de tierras agrícolas (ΔC_{TATABV}) hay dos metodologías alternativas: a) estimar las tasas anuales de crecimiento y pérdida (Ecuación 3.2.2 de la sección "Tierras forestales") o b) estimar las reservas de carbono en dos momentos diferentes (Ecuación 3.2.3 de esa misma sección). Se expone a continuación la primera metodología como método básico del Nivel 1; puede servir también para los Niveles 2 ó 3, con las mejoras indicadas más adelante. La segunda metodología se expone como método del Nivel 2 o del Nivel 3.

Como se describe a continuación con más detalles, el Nivel 1 está basado en estimaciones de superficie muy desglosadas para cultivos leñosos perennes genéricos utilizando valores por defecto para las tasas de acumulación y las pérdidas de carbono. En cambio, una estimación del Nivel 2 permitirá por lo general obtener estimaciones respecto de los principales tipos de cultivo leñoso por zonas climáticas, utilizando valores específicos del país para las tasas de acumulación de carbono y las pérdidas de reservas, cuando ello sea posible, o estimaciones específicas del país respecto de las reservas de carbono en dos momentos diferentes. En las estimaciones del Nivel 3 utilizará un planteamiento del Nivel 2 muy desglosado o un método específico del país que conlleve la modelización de procesos y/o mediciones detalladas. Todos los países deberían tratar de mejorar las metodologías de inventario y de notificación situándose en el nivel más alto que permitan las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas sea una categoría esencial, y cuando la subcategoría de biomasa viva se considere significativa basándose en principios descritos

en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 como ayuda para la elección del método.

Nivel 1: El método básico consiste en multiplicar la superficie de tierra agrícola leñosa perenne por una estimación neta de la acumulación de biomasa vinculada al crecimiento, restando luego las pérdidas asociadas a la recolección o a otras absorciones (conforme a la Ecuación 3.2.2 de la sección "Tierras forestales"). Las pérdidas se estimarán multiplicando el valor de las reservas de carbono por la superficie de tierras agrícolas en que se recolectan o eliminan los cultivos leñosos perennes.

Los supuestos por defecto para el Nivel 1 son los siguientes: todo el carbono eliminado de la biomasa boscosa perenne (por ejemplo, de la biomasa talada para plantar un cultivo diferente) es emitido en el año de su absorción; y los cultivos leñosos perennes acumulan carbono durante un tiempo igual a un ciclo nominal de recolección/madurez. Este último supuesto implica que los cultivos leñosos perennes acumulan biomasa durante un período finito hasta que son eliminados mediante recolección, o alcanzan un estado estacionario en que no hay acumulación neta de carbono en la biomasa, dado que las tasas de crecimiento han sido más lentas y que las ganancias obtenidas del crecimiento están compensadas por las pérdidas por mortalidad natural, poda u otros tipos de pérdidas.

En el Nivel 1 los factores por defecto, que se examinan con mayor detalle en la Sección 3.3.1.1.1.2 y en el Cuadro 3.3.2, se aplican a las estimaciones de superficie de tierra obtenidas en el país (A, en la Ecuación 3.2.4 de la sección "Tierras forestales").

Ejemplo 1: En el año de inventario se han cultivado 90.000 hectáreas de cultivos leñosos perennes en un entorno húmedo tropical, y se han eliminado 10.000 ha. La superficie de tierra agrícola leñosa perenne inmadura acumula carbono a una tasa de aproximadamente 2,6 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$. La superficie recolectada pierde todo el carbono de las reservas de biomasa en el año de absorción. La pérdida de reservas de carbono por defecto para una tierra agrícola leñosa perenne húmeda tropical se cifra en 21 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$. Utilizando la Ecuación 3.2.2, la cantidad acumulada estimada asciende a 234.000 toneladas de C anuales, perdiéndose 210.000 toneladas de C. La variación neta del carbono almacenado en el entorno húmedo tropical asciende a 24.000 toneladas de C $año^{-1}$.

Nivel 2: En el Nivel 2 puede utilizarse uno de dos planteamientos alternativos. En principio, cualquiera de ellos debería arrojar la misma respuesta.

Con estos planteamientos se logran los siguientes resultados:

- Extender el Nivel 1 haciendo coincidir más estimaciones de superficie desglosadas (por ejemplo, por tipos de cultivo leñoso perenne específicos y por regiones climáticas detalladas) con al menos algunos datos de acumulación de carbono y de recolección específicos del país y aplicables a la misma escala. Los países deberían dar prioridad al desarrollo de parámetros específicos del país prestando atención a los cultivos leñosos perennes más comunes o a los sistemas con niveles relativamente altos de biomasa boscosa perenne por unidad de tierra (es decir, con reservas de carbono cuantiosas). En la Sección 3.3.1.1.1.2 se ofrecen orientaciones para el desarrollo de parámetros específicos del país.
- Estimar las reservas de carbono totales en cultivos leñosos perennes a intervalos de tiempo regulares (con arreglo a la Ecuación 3.2.3 de la sección Tierras forestales).

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 son o bien metodologías del Nivel 2 muy desglosadas, parametrizadas con valores específicos del país respecto de las reservas de carbono y de la variación del carbono almacenado, o bien métodos específicos del país consistentes, por ejemplo, en utilizar modelos o mediciones repetidas de reservas como las obtenidas mediante inventarios detallados de bosques (véase la Sección 3.2.1.1.1). Podrían utilizarse, por ejemplo, modelos de crecimiento claramente validados y específicos de una especie, junto con información detallada sobre las prácticas de recolección y poda, para estimar las tasas de crecimiento anuales, de la misma manera que en la Ecuación 3.2.2. Para ello sería necesaria información sobre las superficies de cultivo de biomasa boscosa por especies y edades, así como sobre el clima, el suelo y otras condiciones que limiten el crecimiento en zonas específicas. Alternativamente, para estimar la variación de las reservas del mismo modo que en la Ecuación 3.2.3 podrían utilizarse estimaciones de reservas mediante muestreos periódicos (y modelos asociados) similares a los utilizados para los inventarios detallados de bosques.

3.3.1.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

En esta metodología, los factores de emisión/absorción consisten en la acumulación de biomasa (C) y las tasas de pérdida (P). En el Cuadro 3.3.2 se ofrecen valores por defecto de C y P para cuatro regiones climáticas generales, en base a una revisión publicada de investigaciones sobre las reservas de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Los datos adicionales del Cuadro 3.3.2 resaltan los supuestos implícitos de los datos por defecto (por ejemplo, el tiempo para la recolección/madurez) y ponen de manifiesto la manera en que se obtuvieron los valores por defecto. La tasa de crecimiento anual por defecto (C) se ha obtenido dividiendo las

reservas de biomasa en la madurez por el tiempo transcurrido desde el establecimiento del cultivo hasta la recolección/madurez. La tasa de pérdida anual por defecto es igual a las reservas de biomasa en la recolección, que se supondrá completamente eliminada en el año de absorción. Para un país dado, estos valores por defecto son muy inciertos, ya que representan sistemas de cultivo genéricos de biomasa boscosa perenne para regiones climáticas generales. Los cultivos leñosos varían mucho en cuanto a sus usos y tasas de crecimiento y de recolección, y en cuanto al grado de asociación con otros cultivos no boscosos, con lo que la aplicación de factores por defecto simples proporcionará únicamente una aproximación grosera de las variaciones del carbono.

Cuando se utilice el Nivel 2, las reservas de biomasa, los ciclos de recolección y las tasas de acumulación de carbono pueden ser estimados por expertos nacionales basándose en resultados específicos de investigaciones por países o por regiones en sistemas de cultivos leñosos perennes. Los cultivos leñosos varían ampliamente, desde especies recolectadas anualmente y utilizadas para estiércol verde y leña hasta cultivos leñosos potencialmente longevos, como los huertos frutales. Al obtener las estimaciones de las tasas de acumulación de biomasa, es importante tener presente que el incremento neto de las reservas de biomasa se producirá principalmente durante los primeros años después del establecimiento inicial o del rebrote de los cultivos leñosos. Aunque algunos cultivos hortícolas longevos podrían no estar sometidos a un ciclo de absorción y replantación, las pérdidas por poda y sustitución de árboles compensarán probablemente en gran medida los brotes nuevos, de modo que en los cultivos maduros el aumento neto de las reservas de biomasa será aproximadamente 0. Así, a nivel nacional, el aumento neto de las reservas de carbono en la biomasa se produciría principalmente en las zonas de cultivo leñoso que aumentan más que las tierras destinadas a otros usos cuyas reservas de carbono son menores, o allí donde la proporción de tierras que experimentan absorciones es inferior al promedio determinado por la frecuencia normal de recolección (p. ej., si las tierras contienen predominantemente cultivos leñosos jóvenes y recién establecidos). Inversamente, se producirán pérdidas netas de biomasa a nivel nacional cuando los cultivos leñosos sean sustituidos por otros sistemas de cultivo anual, o cuando aumente la frecuencia de recolección de los cultivos leñosos.

Para mejorar las estimaciones de la acumulación de carbono en la biomasa de cultivos leñosos perennes, los países podrán realizar investigaciones *in situ* para medir la variación de las reservas de carbono o las tasas de acumulación. Los estudios de investigación deberían estar basados en principios científicos sólidos y atenerse a unos planteamientos generales determinados por estudios similares (Dixon *et al*., 1993; Schroeder, 1994; Schroth *et al*., 2002; y Masera *et al*., 2003). Los resultados obtenidos de tales investigaciones se comparan con las estimaciones de las tasas de acumulación de carbono procedentes de otras fuentes, para verificar que se encuentran en los intervalos de valores documentados. Las tasas de acumulación de carbono notificadas podrán modificarse si se dispone de datos adicionales y de la opinión de expertos, siempre y cuando en el informe del inventario se incluya una explicación clara y se documente la decisión.

3.3.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

En esta sección, los datos de actividad hacen referencia a las estimaciones de superficies de tierra (S_C, S_T) con madera en pie y de tierras recolectadas en cultivos leñosos perennes. El Capítulo 2 aporta orientaciones generales sobre las metodologías para obtener y clasificar las superficies en función de los usos de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente, los países necesitan obtener estimaciones de superficie para las tierras agrícolas leñosas perenne, suficientemente desglosadas para que se correspondan con los factores de emisión disponibles y otros parámetros.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan estudios de campo anuales o periódicos, además de los procedimientos expuestos en el Capítulo 2, para estimar la superficie anual media de cultivos leñosos perennes establecidos y la superficie anual media de cultivos leñosos perennes recolectados o eliminados. Las estimaciones de superficie se subdividen en regiones climáticas generales, por concordancia con los valores por defecto de C y P. Para los cálculos del Nivel 1 podrán utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC* y otras fuentes, a fin de estimar el área de tierra que contiene cultivos leñosos perennes.

Nivel 2: Para aplicar el método del Nivel 2 se utilizan estudios de campo anuales o periódicos más detallados, a fin de estimar las superficies de tierra con diferentes clases de cultivos de biomasa boscosa perenne. Las superficies se clasifican después en las categorías correspondientes, de modo que todas las combinaciones importantes de tipos de cultivo leñoso perenne y regiones climáticas estén representadas y que se disponga de estimaciones de superficie para cada una de ellas. Estas estimaciones de superficie deberán coincidir con los valores de acumulación y pérdida de carbono específicos del país que hayan sido obtenidos para el método de Nivel 2. Si se dispusiera sólo de parte de los datos de mayor resolución específicos del país, se sugiere a los países que extrapolen a la totalidad de cultivos leñosos perennes, basándose en supuestos sólidos derivados de los conocimientos más fiables de que se disponga.

Nivel 3: En el Nivel 3 son necesarios datos de actividad de alta resolución desglosados a escalas que van del nivel subnacional hasta el de retícula fina. Al igual que en el Nivel 2, el área de tierra se clasifica en tipos específicos de cultivos leñosos perennes por categorías de clima y de suelo y otras variables regionales potencialmente importantes (p. ej., las pautas regionales de las prácticas de gestión). De ser posible, se utilizarán

estimaciones de superficie espacialmente explícitas para facilitar una cobertura completa de las tierras agrícolas leñosas perenne y para asegurarse de que no se sobreestiman ni se subestiman las superficies. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden vincularse a las tasas de acumulación y absorción de carbono de interés local, y a los impactos de la reconstitución de reservas y de la gestión, mejorando con ello la exactitud de las estimaciones.

3.3.1.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Se ofrecen a continuación orientaciones sobre las metodologías de evaluación de la incertidumbre asociadas a cada uno de los métodos de los distintos niveles descritos en la Sección 3.3.1.1.1.1.

Nivel 1: Cuando se utiliza un método del Nivel 1, algunas fuentes de incertidumbre se derivan del grado de exactitud de las estimaciones de superficie de tierra y de las tasas de acumulación y pérdida de carbono por defecto. Para obtener los datos por defecto indicados en la Sección 3.3.1.1.1.2 se ha utilizado una recopilación de investigaciones publicadas sobre las reservas de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Aunque se han obtenido valores por defecto de numerosos estudios, los intervalos de incertidumbre asociados a ellos no se han incluido en esta publicación. Por consiguiente, se ha asignado un nivel de incertidumbre por defecto de ±75% del valor del parámetro, basándose en dictámenes de expertos. Esta información puede utilizarse con cierto grado de incertidumbre en las estimaciones de superficie del Capítulo 2, para evaluar la incertidumbre en la estimación de las emisiones y absorciones de carbono en la biomasa de las tierras agrícolas mediante la metodología del Nivel 1 para los análisis de incertidumbre del Capítulo 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Nivel 2: El método del Nivel 2 reducirá la incertidumbre total, ya que las tasas definidas por el país deberían proporcionar unas estimaciones más exactas de la acumulación y pérdida de carbono para los sistemas de cultivo y regiones climáticas comprendidos en el territorio nacional. Es una *buena práctica* calcular las estimaciones de error (es decir, la desviación estándar, el error típico o las escalas de error) respecto de las tasas de acumulación de carbono definidas por el país, y utilizar esas variables para evaluar la incertidumbre básica. Es una *buena práctica* que los países evalúen las escalas de error de los coeficientes específicos del país y los comparen con los de los coeficientes de acumulación de carbono por defecto. Si las tasas definidas por el país conllevan unas escalas de error iguales o mayores que los coeficientes por defecto, sería una práctica adecuada utilizar una metodología del Nivel 1 y refinar ulteriormente las tasas definidas por el país mediante un mayor número de mediciones *in situ*.

Las metodologías del Nivel 2 pueden utilizar también datos de actividad de resolución más fina, por ejemplo en forma de estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de cultivo específicos dentro del territorio nacional. Los datos de resolución más fina reducirán los niveles de incertidumbre cuando vayan asociados a los factores de acumulación de carbono definidos para esas bases de datos de tierras de escala más fina (p. ej., cuando una superficie de plantaciones de café es multiplicada por un coeficiente de plantación de café, y no por un valor por defecto genérico para la agrosilvicultura).

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 proporcionarán un nivel de certidumbre más alto que las de los Niveles 1 y 2. Es una *buena práctica* calcular la desviación estándar, el error típico o las escalas de error correspondientes a todas las tasas de crecimiento y pérdida de biomasa definidas por el país. Es también una *buena práctica* evaluar el error de medición en las estimaciones de superficie para cada categoría de bases de tierras. Los países deberían considerar la posibilidad de desarrollar funciones de densidad de probabilidad para los parámetros de los modelos, a fin de utilizarlas en simulaciones de Monte Carlo.

3.3.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LOS SUELOS

3.3.1.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Las *Directrices del IPCC* contienen métodos para estimar las emisiones y la absorción de CO_2 por los suelos debido al uso y a la gestión de las tierras (Sección 5.3), aplicables a todos los usos de la tierra, incluidos los de cultivo. La metodología toma como referencia la variación de las reservas de carbono orgánico (emisiones o absorciones de CO_2) en suelos minerales, las emisiones de CO_2 en suelos orgánicos (es decir, turberas), y las emisiones de CO_2 procedentes del encalado de suelos agrícolas.

En las *Directrices del IPCC*, las reservas de carbono se miden hasta una profundidad por defecto de 30 cm, y no incluyen el C de los residuos superficiales (es decir, de la materia orgánica muerta) ni las variaciones del carbono inorgánico (es decir, de los minerales carbonatados). En la mayoría de suelos de cultivo, no hay residuos superficiales (como consecuencia de la incorporación debida a la labranza), o bien representan una cantidad secundaria. En niveles superiores pueden utilizarse otros valores de profundidad, aunque en todos los casos la profundidad deberá utilizarse de manera coherente a lo largo del tiempo.

Se expone a continuación la Ecuación resumida 3.3.2 para estimar la variación de las reservas de carbono orgánico del suelo:

ECUACIÓN 3.3.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Suelos}} = \Delta C_{TATA_{Minerales}} - \Delta C_{TATA_{Orgánicos}} - \Delta C_{TATA_{Cal}}$$

Donde:

$\Delta C_{TATASuelos}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TATAOrgánicos}$= emisiones de carbono anuales de suelos orgánicos cultivados (estimadas en forma de flujo neto anual), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TATA_{Cal}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

En los métodos de los Niveles 1 y 2 debería suponerse que las variaciones del carbono en materia orgánica muerta y del carbono inorgánico son nulas. Si se incluye la materia orgánica muerta en una metodología del Nivel 3, las mediciones deberían estar basadas en las cantidades más pequeñas presentes durante un ciclo anual para no incluir residuos frescos posteriores a la recolección que representen un depósito de materia orgánica transitorio. La elección del nivel más adecuado dependerá de: 1) el tipo y grado de detalle de los datos de actividad con respecto a la gestión agrícola y a los cambios de gestión a lo largo del tiempo, 2) la disponibilidad de información adecuada para estimar las reservas básicas de C, la variación de las reservas y los factores de emisión, 3) la disponibilidad de sistemas de inventario nacionales especializados, diseñados para los suelos.

Todos los países deberían procurar mejorar los métodos de inventario y de notificación escogiendo el nivel más alto posible en función de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen un método del Nivel 2 ó 3 si las emisiones y absorciones de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas es una categoría esencial y si la subcategoría de materia orgánica en el suelo se considera significativa con arreglo a los principios expuestos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 para ayudar a escoger un método.

3.3.1.2.1.1 Elección del método

El método utilizado para estimar la variación del carbono almacenado en suelos minerales es distinto del utilizado para los suelos orgánicos. Es posible también que los países utilicen niveles diferentes para preparar estimaciones de los distintos componentes de esta subcategoría, con arreglo a los recursos disponibles. Así, los suelos minerales, los suelos orgánicos y las emisiones procedentes del encalado se examinarán por separado más adelante.

Suelos minerales

Para los suelos minerales, el método de estimación está basado en la variación de las reservas de C en el suelo a lo largo de un período finito posterior a los cambios de gestión que repercuten en el C del suelo, como se indica en la Ecuación 3.3.3. Las reservas anteriores de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) y las reservas de C en el suelo en el año de inventario (COS_0) con respecto a la superficie inventariada de un sistema de tierras agrícolas se estima a partir de las reservas de carbono de referencia (Cuadro 3.3.3) y de los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.3.4), aplicados en los momentos respectivos. En el caso que nos ocupa, un sistema de tierras agrícolas denota una combinación específica de clima, suelo y gestión. Las tasas anuales de emisión (fuentes) o de absorción (sumideros) se calculan multiplicando la diferencia de reservas (a lo largo del tiempo) por el período de inventario. El período por defecto es 20 años.

ECUACIÓN 3.3.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES PARA UN SOLO SISTEMA DE TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Minerales}} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S] / T$$

$$COS = COS_{REF} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E$$

Donde:

$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año^{-1}

COS_0 = variación de carbono orgánico del suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico del suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha^{-1}

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de cada parcela, en ha

COS_{REF} = valor de referencia de las reservas de carbono, en toneladas de C ha^{-1}; véase el Cuadro 3.3.3

F_{UT} = factor de variación de las reservas para un uso de la tierra o para un cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

F_{RG} = factor de variación de las reservas para un régimen de gestión, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

F_E = factor de variación de las reservas para una entrada de materia orgánica, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

Los tipos de uso de la tierra y factores de gestión indicados están definidos en líneas generales, y abarcan: 1) un factor de uso de la tierra (F_{UT}) que refleja la variación de las reservas de C asociada a un tipo de uso de la tierra; 2) un factor de gestión (F_{RG}) que, para una tierra agrícola permanente, representa tipos diferentes de labranza, y 3) un factor de entrada (F_E) que representa diferentes niveles de aporte de C en el suelo. En tierras agrícolas, F_{UT} describe las reservas básicas de C para suelos cultivados por largos períodos, arrozales, y tierras agrícolas en barbecho, con respecto a las reservas de C en suelos nativos (sin cultivar). Si la superficie está clasificada para otro uso (por ejemplo, tierras forestales, tierras de pastoreo) al comienzo del período de inventario, se seguirán las orientaciones de la Sección 3.3.2, Tierras convertidas en tierras agrícolas.

Los cálculos para determinar COS_0 y $COS_{(0-T)}$ y la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha se realizan mediante las siguientes etapas:

Etapa 1: Seleccionar el valor de las reservas de carbono de referencia (COS_{REF}), basándose en el tipo de clima y de suelo, para cada área de tierra que se inventaríe.

Etapa 2: Seleccionar el tipo de uso de la tierra agrícola (cultivo de larga duración, arrozales, barbecho) existente al comienzo del período de inventario (por ejemplo, hace 20 años), junto con los niveles de labranza (F_{RG}) y de entrada de C (F_E). Estos factores, multiplicados por el valor de referencia de las reservas de C en el suelo, proporcionan la estimación de las reservas "iniciales" de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) para el período de inventario.

Etapa 3: Calcular el valor de COS_0 repitiendo la etapa 2 y utilizando el mismo valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), pero con unos factores de uso de la tierra, de labranza y de entrada que representen las condiciones existentes en el año de inventario (actual).

Etapa 4: Calcular el promedio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para la superficie durante el período de inventario ($\Delta C_{TATA_{Minerales}}$)

Ejemplo: Para un suelo de tipo mollisol en un clima húmedo templado de región cálida, COS_{REF} tiene un valor de 88 toneladas de C ha^{-1}. En una área de tierra sometida a cultivo anual durante largos períodos, previamente gestionada mediante labranza intensiva y un bajo nivel de entrada de C, las reservas de carbono al comienzo del período de inventario se calculan como (COS_{REF} ● F_{UT} ● F_{RG} ● F_E,) = 88 toneladas de C ha^{-1} ● 0,71 ● 1 ● 0,91 = 56,9 toneladas de C ha^{-1}. En las condiciones de gestión actuales, consistentes en un cultivo anual sin labranza y con un nivel medio de entrada de C, el cálculo de las reservas de carbono arroja un valor de 88 toneladas de C ha^{-1}● 0,71 ● 1,16 ● 1 = 72,5 toneladas de C ha^{-1}. Así, la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario arroja un valor de (72,5 toneladas de C ha^{-1} – 56,9 toneladas de C ha^{-1})/20 años = 0,78 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$.

CUADRO 3.3.3

VALOR DE REFERENCIA POR DEFECTO (CON VEGETACIÓN NATIVA) DE LAS RESERVAS DE C ORGÁNICO EN EL SUELO (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)

Región	Suelos AAA[1]	Suelos ABA[2]	Suelos arenosos[3]	Suelos espódicos[4]	Suelos volcánicos[5]	Suelos de humedal[6]
Boreal	68	NA	10#	117	20#	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20#	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70#	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50#	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70#	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130#	

Nota: Los datos han sido obtenidos de las bases de datos de suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar como porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", dado que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

[1] Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcillas silicatadas 2:1 (en la clasificación de la Base Mundial de Referencia para los Recursos Edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

[2] Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación BMR se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferralsoles, durisoles; en la clasificación USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

[3] Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla en base a análisis de textura tipificados; en la clasificación BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

[4] Suelos fuertemente podzolizados (en la clasificación BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación USDA, los espodosoles).

[5] Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

[6] Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

CUADRO 3.3.4
FACTORES RELATIVOS DE VARIACIÓN DE RESERVAS (F_{UT}, F_{RG} Y F_E) (MÁS DE 20 AÑOS) PARA DIFERENTES ACTIVIDADES DE GESTIÓN EN TIERRAS AGRÍCOLAS [VÉASE LA SECCIÓN 3.3.7 EN LO REFERENTE A LOS MÉTODOS Y FUENTES DE DATOS UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE FACTORES]

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen de temperatura	Valor por defecto IPCC 96	Régimen de humedad[1]	Valor por defecto revisado de la OBP	Error[2, 3]	Descripción
Uso de la tierra (F_{UT})	Cultivo de larga duración	Templado	0,7, 0,6[4]	Seco	0,82	± 10%	Representa una superficie que ha sido gestionada continuamente durante más de 20 años, con cultivos predominantemente anuales. Los factores de aporte y de labranza se aplican también a la estimación de las variaciones de las reservas de carbono. El factor de uso de la tierra se ha estimado tomando como referencia los niveles de aporte de carbono en labranza completa y nominales ("medios").
				Muy húmedo	0,71	± 12%	
		Tropical	0,6, 0,5	Seco	0,69	± 38%	
				Muy húmedo	0,58	± 42%	
Uso de la tierra (F_{UT})	Arrozal	Templado y tropical	1,1	Seco y muy húmedo	1,1	± 90%	Cultivo anual de larga duración(> 20 años) en humedales (arroz con cáscara). Puede incluir un doble uso con cultivos no inundables. Para los arrozales no se utilizan los factores de labranza completa ni de aporte.
Uso de la tierra (F_{UT})	Barbecho (< 20 años)	Templado y tropical	0,8	Seco	0,93	± 10%	Representa tierras agrícolas anuales temporalmente no utilizadas (es decir, reservas de conservación) u otras tierras agrícolas no utilizadas y repobladas con hierba perenne.
				Muy húmedo	0,82	± 18%	
Labranza (F_{RG})	Completo	Templado	1,0	Seco y muy húmedo	1,0	NA	Alteración apreciable del suelo con operaciones de labranza de inversión total y/o frecuentes (a lo largo de un año). En el momento de la plantación, la superficie cubierta de residuos es muy escasa (p. ej., menor de 30%).
		Tropical	0,9, 0,8	Seco y muy húmedo	1,0	NA	
Labranza (F_{RG})	Reducido	Templado	1,05	Seco	1,03	± 6%	Labranza primaria y/o secundaria, pero con alteración reducida del suelo (por lo general, poco profunda y sin inversión completa del suelo). Normalmente, deja más de un 30% de la superficie cubierta de residuos en el momento de la plantación.
				Muy húmedo	1,09	± 6%	
		Tropical	1,0	Seco	1,10	± 10%	
				Muy húmedo	1,16	± 8%	
Labranza (F_{RG})	Sin labranza	Templado	1,1	Seco	1,10	± 6%	Siembra directa sin labranza primaria, con tan sólo una alteración mínima del suelo en la zona de siembra. Normalmente se usan herbicidas para las malas hierbas.
				Muy húmedo	1,16	± 4%	
		Tropical	1,1	Seco	1,17	± 8%	
				Muy húmedo	1,23	± 8%	
Entrada (F_E)	Bajo	Templado	0,9	Seco	0,92	± 4%	Baja producción de residuos debido a su absorción (al ser recogidos o quemados), frecuente puesta en barbecho o producción de cultivos que dejan pocos residuos (p. ej., legumbres y hortalizas, tabaco, algodón).
				Muy húmedo	0,91	± 8%	
		Tropical	0,8	Seco	0,92	± 4%	
				Muy húmedo	0,91	± 4%	
Entrada (F_E)	Medio	Templado	1,0	Seco y muy húmedo	1,0	NA	Representativo de un cultivo anual con cereales, en que todos los residuos del cultivo son retornados a la tierra. Si se eliminan residuos, se agrega materia orgánica suplementaria (p. ej., estiércol).
		Tropical	0,9	Seco y muy húmedo	1,0	NA	
Entrada (F_E)	Alto – sin estiércol	Templado y tropical	1,1	Seco	1,07	± 10%	Representa unos aportes de residuos bastante mayores debido a la producción de cultivos que generan muchos residuos, a la utilización de estiércol de origen vegetal, a los cultivos de cobertura, a los barbechos con vegetación mejorados, a la utilización frecuente de hierbas perennes en rotaciones de cultivo anuales, pero sin aplicar estiércol (véase la descripción siguiente).
				Muy húmedo	1,11	± 10%	
Entrada (F_E)	Alto – con estiércol	Templado y tropical	1,2	Seco	1,34	± 12%	Representa una elevada entrada de residuos de cultivo con adición periódica de estiércol de origen animal (véase la descripción anterior).
				Muy húmedo	1,38	± 8%	

[1] Cuando los datos han sido suficientes, se han determinado valores por separado de los regímenes de temperatura templados y tropicales y en regímenes de humedad secos y muy húmedos. Las zonas templadas y tropicales corresponden a las definidas en la introducción del Capítulo 3 (3.1); el régimen de humedad muy húmedo corresponde a una combinación de zonas húmedas y muy húmedas en el trópico y a una región templada muy húmeda (véase la Figura 3.1.3); la zona seca es la misma que la definida en la Figura 3.1.3.

[2] ± Dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje del valor medio; cuando no se dispuso de estudios suficientes para realizar un análisis estadístico se utilizaron valores por defecto, basados en el dictamen de expertos, de ±50%. NA significa "no aplicable", y los factores constituyen valores de referencia definidos.

[3] Esta escala de error no incluye errores sistemáticos potenciales, debido al pequeño tamaño de la muestra, que no es representativo del verdadero impacto en todas las regiones del mundo.

[4] El segundo valor es aplicable a la clase de suelos ácuicos, tal como se define en las *Directrices del IPCC*. No se apreciaron diferencias significativas para diferentes tipos de suelos en las estimaciones actualizadas producidas aquí para la *Orientación sobre las buenas prácticas*.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan valores de referencia por defecto de los factores de reservas de carbono y de variación de las reservas de carbono (como se indica en la Ecuación 3.3.3) para las principales tierras agrícolas de un país, estratificados por tipos de clima y de suelo por defecto (Ecuación 3.3.4). Para la superficie total de tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, la variación de las reservas puede calcularse vigilando los cambios de gestión y calculando la variación de las reservas en parcelas de tierra individuales (Ecuación 3.3.B), o calculando las reservas de carbono en el suelo totales al comienzo y al final del período de inventario a partir de otros datos más generales sobre la distribución superficial de los sistemas de tierra agrícola (Ecuación 3.3.4A). Los resultados globales serán los mismos en cualquiera de las dos metodologías, aunque la diferencia principal estriba en que para atribuir los efectos de determinados cambios de gestión serán necesarios datos de actividad que consideren los cambios de gestión en determinadas superficies de tierra. Los valores por defecto para este cálculo se describen en la Sección 3.3.1.2.1.2.

ECUACIÓN 3.3.4
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Minerales}} = \sum_c \sum_s \sum_i [(COS_0 - COS_{(0\text{-}T)}) \bullet S]_{c,s,i} / T \qquad \text{A)}$$

$$\Delta C_{TATA_{Minerales}} = [\sum_c \sum_s \sum_i (COS_0 \bullet S)_{c,s,i} - \sum_c \sum_s \sum_i (COS_{(0\text{-}T)} \bullet S)_{c,s,i}] / T \qquad \text{B)}$$

Donde:

$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año^{-1}

COS_0 = reservas de carbono orgánico del suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{(0\text{-}T)}$ = reservas de carbono orgánico del suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha^{-1}

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de cada parcela de tierra, en ha

c representa las zonas climáticas, *s* los tipos de suelo, e *i* el conjunto de los principales sistemas de tierra agrícola presentes en un país.

Ejemplo: En este ejemplo se calcula la variación total del carbono almacenado en el suelo en tierras agrícolas, mediante la Ecuación 3.3.4B. En un clima húmedo y templado cálido, en suelos de tipo mollisol, hay 1 Mha de tierras agrícolas anuales permanentemente. El valor de referencia nativo de las reservas de carbono (COS_{REF}) para esa región es de 88 toneladas de C ha^{-1}. Al comienzo del período de cálculo del inventario (es decir, 20 años antes), la distribución de los sistemas de tierra agrícola consistía en 400.000 ha de tierras agrícolas anuales con niveles de aporte de carbono bajos y labranza completa, y 600.000 ha de tierras agrícolas anuales con niveles de aporte medios y labranza completa. Así, los valores iniciales de las reservas de carbono en el suelo para esa superficie fueron: 400.000 ha ● (88 toneladas de C ha^{-1} ● 0,71 ● 1 ● 0,91) + 600.000 ha ● (88 toneladas de C ha^{-1} ● 0,71 ● 1 ● 1) = 60.231 millones de toneladas de C. En el año de inventario (actual), hay: 200.000 ha de cultivos anuales con labranza completa y poco aporte de C, 700.000 ha de cultivo anual con labranza reducida y aporte de C medio, y 100.000 ha de cultivo anual sin labranza y con un aporte medio de C. Así, las reservas totales de carbono en el suelo en el año de inventario son: 200.000 ha ● (88 toneladas de C ha^{-1} ● 0,71 ● 1 ● 0,91) + 700.000 ha ● (88 toneladas de C ha^{-1} ● 0,71 ● 1,09 ● 1) + 100.000 ha ● (88 toneladas de C ha^{-1} ● 0,71 ● 1,16 ● 1) = 66.291 millones de toneladas de C. Por tanto, el promedio de la variación anual de las reservas a lo largo de ese período para toda la superficie es: (66.291 - 60.231) millones de toneladas de C / 20 años = 6.060 millones de toneladas / 20 años = 303.028 toneladas anuales de aumento de las reservas de carbono en el suelo.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan las mismas ecuaciones básicas que en el Nivel 1, aunque con valores específicos del país para las reservas de carbono de referencia y/o los factores de variación de las reservas. Además, las metodologías del Nivel 2 implicarán probablemente una estratificación más detallada de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3, basadas en una combinación de modelos dinámicos con mediciones detalladas del inventario de emisiones/variación de las reservas de C en el suelo, no utilizarán probablemente factores simples de variación de las reservas o de emisión *per se*. Las estimaciones de las emisiones utilizando planteamientos basados en modelos se obtienen de la interacción de ecuaciones múltiples que permiten estimar mediante los modelos la variación neta de las reservas de C en el suelo. Hay una gran diversidad de modelos diseñados para simular la dinámica del carbono en los suelos (véanse, por ejemplo, los trabajos de McGill *et al*., 1996; Smith *et al*., 1997).

Un criterio clave para seleccionar el modelo apropiado consiste en que el modelo pueda representar todas las prácticas de gestión representadas, y que las entradas de los modelos (es decir, las variables determinantes) sean compatibles con la disponibilidad de datos de entrada en todo el país. Es esencial validar el modelo mediante observaciones independientes en lugares específicos del país o de la región que sean representativos de la variabilidad del clima, del suelo y de los sistemas de gestión del país. Algunos ejemplos de conjuntos de datos de validación apropiados son los experimentos *in situ* replicados durante períodos largos (por ejemplo, SOMNET, 1996; Paul *et al*., 1997) o las mediciones durante largos períodos del flujo de carbono en ecosistemas de sistemas agrícolas, utilizando técnicas tales como la covarianza de turbulencia (Baldocchi *et al*., 2001). Lo ideal sería establecer un sistema de inventario con parcelas permanentes de las propias explotaciones agrarias, estadísticamente representativas, que abarque las principales regiones climáticas, tipos de suelos, sistemas de gestión y cambios de sistema, cuando no sea posible efectuar mediciones repetidas de las reservas de carbono en el suelo a lo largo del tiempo. Las frecuencias de remuestreo recomendadas en la mayoría de los casos no deberían ser menores de 3 a 5 años (IPCC, 2000b). Cuando sea posible, la medición de las reservas de carbono en el suelo debería efectuarse sobre la base de una masa equivalente (p. ej., Ellert *et al*., 2001). Deberían aplicarse procedimientos para reducir al mínimo la influencia de la variabilidad espacial cuando se efectúan muestreos repetidos a lo largo del tiempo (p. ej., Conant y Paustian 2002). Tales mediciones de inventario deberían integrarse en una metodología basada en modelos.

Suelos orgánicos

La metodología básica para estimar la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos (por ejemplo, derivados de turberas) consiste en asignar una tasa de pérdida anual de C por efecto del drenaje y de otras alteraciones como la labranza de la tierra para la producción agrícola. El drenaje y la labranza estimulan la oxidación de la materia orgánica previamente constituida en un entorno muy anóxico. La superficie de suelo orgánico de las tierras agrícolas para cada tipo de clima se multiplicará por el factor de emisión para obtener una estimación de las emisiones anuales de C, como se indica en la Ecuación 3.3.5:

ECUACIÓN 3.3.5
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Orgánicos}} = \sum_c (S \bullet FE)_c$$

Donde:

$\Delta C_{TATAOrgánicos}$ = emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de suelos orgánicos para el tipo de clima *c*, en ha

FE = factor de emisión para el tipo de clima *c* (véase el Cuadro 3.3.5), en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

Nivel 1: En el Nivel 1, los factores de emisión por defecto (Cuadro 3.3.5) se utilizarán junto con las estimaciones de superficie para suelos orgánicos cultivados en cada región climática existente en el país (Ecuación 3.3.5). Las estimaciones de superficie pueden desarrollarse con arreglo a las orientaciones del Capítulo 2 .

Nivel 2: En el Nivel 2 se utiliza la Ecuación 3.3.5, en la cual los factores de emisión se estiman a partir de datos específicos del país estratificados por regiones climáticas, como se indica en la Sección 3.3.2.1.3. Las estimaciones de superficie deberían desarrollarse con arreglo a las orientaciones del Capítulo 2.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 para los suelos orgánicos abarcarán sistemas más detallados que integren modelos dinámicos y redes de medición, conforme se ha descrito para los suelos minerales.

CUADRO 3.3.5
FACTORES DE EMISIÓN (FE) ANUALES PARA SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS

Régimen de temperatura climático	Valor por defecto de las *Directrices del IPCC* (toneladas de C ha^{-1} año^{-1})	Error [#]
Templado frío	1,0	± 90%
Templado cálido	10,0	± 90%
Tropical/subtropical	20,0	± 90%

[#] Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje del valor medio.

Encalado

En las *Directrices del IPCC* se examina la aplicación de carbonatos que contienen cal (p. ej., caliza ($CaCO_3$), o dolomita ($CaMg(CO_3)_2$) a los suelos agrícolas como fuente de emisiones de CO_2. Sencillamente, el proceso consiste en que, cuando se disuelve la cal carbonatosa en el suelo, los cationes básicos (Ca^{++}, Mg^{++}) se intercambian con iones de hidrógeno (H^+) en coloides del suelo (reduciendo de ese modo la acidez del suelo), y el bicarbonato que se forma ($2CO_3H$) puede reaccionar ulteriormente para producir CO_2 y agua (H_2O). Aunque el efecto de la aplicación de cal suele durar varios años (después de lo cual se añade cal de nuevo) en función del clima, del suelo y de las prácticas de cultivo, las *Directrices del IPCC* abarcan las emisiones en forma de CO_2 de todo el carbono contenido en los carbonatos añadidos durante el año de la aplicación. Así, la metodología básica se basa simplemente en la cantidad de cal agrícola aplicada, multiplicada por un factor de emisión que varía ligeramente según la composición del material que se añada.

ECUACIÓN 3.3.6
EMISIONES DE CARBONO ANUALES PROCEDENTES DE LA APLICACIÓN DE CAL CON FINES AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Cal}} = M_{Caliza} \bullet FE_{Caliza} + M_{Dolomita} \bullet FE_{Dolomita}$$

Donde:

$\Delta C_{TATACal}$ = emisiones de C anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

M = cantidad anual de caliza ($CaCO_3$) o de dolomita ($CaMg(CO_3)_2$), en toneladas año^{-1}

FE = factor de emisión, en toneladas de C (toneladas de cal o de dolomita)$^{-1}$ (equivalente al contenido en carbono de los carbonatos del material (12% para el $CaCO_3$, 12,2% para el $CaMg(CO_3)_2$)).

Nivel 1: En el Nivel 1 es posible utilizar la cantidad total de carbonatos que contienen cal aplicada anualmente al suelo en tierras agrícolas, además de un factor de emisión general de 0,12 para estimar las emisiones de CO_2, sin diferenciar entre composiciones variables del material de encalado. Observése que, aunque la cal carbonatada es el material más utilizado, se utilizan también en menor medida óxidos e hidróxidos de cal, que no contienen carbono inorgánico, para el encalado con fines agrícolas, que no deberían incluirse aquí (en su fabricación se produce CO_2, pero no después del encalado).

Nivel 2: Una metodología del Nivel 2 podría implicar la diferenciación entre distintas formas de cal y determinados factores de emisión cuando se dispone de datos, ya que diferentes materiales de cal carbonatada (caliza y otras fuentes tales como la marga o los depósitos de caparazones) pueden variar algo en cuanto a su contenido de carbono y pureza general.

Nivel 3: Una metodología del Nivel 3 podría implicar una contabilidad de las emisiones procedentes de encalados más detallada de lo que se supone en los Niveles 1 y 2. Según las condiciones climáticas y del suelo, no todo el carbonato biológico obtenido del encalado podría ser liberado en forma de CO_2 en el suelo o en el agua de drenaje, sino que una parte podría lixiviarse y precipitarse a mayor profundidad del suelo o ser transportada a aguas subterráneas profundas, lagos y océanos, y allí secuestrarse. Si se dispone de datos y de conocimientos suficientes sobre la transformación del carbono inorgánico en determinadas condiciones clima-suelo, podrían obtenerse factores de emisión específicos. Sin embargo, para un análisis así sería necesario incluir los flujos de carbono asociados a los minerales carbonatados primarios y secundarios del suelo, así como su respuesta a las prácticas de gestión agrícola.

3.3.1.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Cuando se utilice un método del Nivel 1 o del Nivel 2, se necesitarán los siguientes factores de emisión/absorción para los suelos minerales: el valor de referencia del carbono almacenado (COS_{REF}); el factor de variación de las reservas cuando cambia el uso de la tierra (F_{UT}); el factor de variación de las reservas para un régimen de gestión (F_{RG}); el factor de variación de las reservas en caso de entrada de materia orgánica (F_E).

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Los suelos con vegetación nativa que no han resultado muy afectados por el uso o la gestión de la tierra se utilizan como valor de referencia de la variación del carbono del suelo por efecto de la gestión.

Nivel 1: En el Nivel 1 es una *buena práctica* utilizar los valores de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicados en el Cuadro 3.3.3. Esos valores están actualizados con respecto a los indicados en las *Directrices del IPCC*, con las mejoras siguientes: i) las estimaciones se obtienen estadísticamente de compilaciones recientes de perfiles de suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de zonas boreales y templadas en la clasificación BMR, o como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen como categoría aparte; iii) se han incluido suelos de la región climática boreal.

Nivel 2: En el Nivel 2, el valor de referencia de las reservas de C en el suelo puede determinarse a partir de mediciones efectuadas en el suelo, por ejemplo como parte integrante de un estudio de campo de los suelos del país o de actividades cartográficas. Algunas de las ventajas consisten en unos valores más representativos para un país dado, así como la posibilidad de estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden utilizarse en un análisis de incertidumbre formal. Deberían utilizarse y documentarse unas normas aceptadas para el muestreo y el análisis del carbono orgánico del suelo y para la densidad aparente.

Factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{GM}, F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1 es una buena práctica utilizar los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (**F_{UT}, F_{GM}, F_E**) proporcionados en el Cuadro 3.3.4. Se trata de valores de las *Directrices del IPCC* actualizados, basados en un análisis estadístico de las investigaciones publicadas. En el Cuadro se incluyen definiciones orientativas que ayudarán a elegir los valores apropiados para los factores.

Nivel 2: En los métodos del Nivel 2, los factores de variación de las reservas pueden estimarse a partir de experimentos de larga duración (p. ej., Smith *et al.*, 1996; Paul *et al.*, 1997) o de otras mediciones *in situ* (p. ej., cronosecuencias *in situ*[2]) para un país o región determinados. A fin de estimar los factores de variación de reservas, la información recopilada de estudios publicados y otras fuentes debería incluir las reservas de C orgánico (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad determinada) o toda la información necesaria para calcular las reservas de COS, es decir, el porcentaje de materia orgánica, junto con la densidad aparente. Si se notifica el porcentaje de materia orgánica, y no el porcentaje de carbono orgánico, puede utilizarse un factor de conversión de 0,58 para el contenido de carbono de la materia orgánica del suelo. Otros datos que deberán incluirse son la profundidad de medición, y el período de tiempo para el que se ha expresado la diferencia de gestión. A falta de información específica que permita seleccionar un intervalo de profundidades alternativo, es una *buena práctica* comparar los factores de variación de las reservas a una profundidad de al menos 30 cm (es decir, a la profundidad utilizada en los cálculos del Nivel 1). La variación de las reservas para una profundidad mayor podría ser deseable si se dispusiera de un número suficiente de estudios, y si se evidenciasen estadísticamente diferencias apreciables en las reservas a mayores profundidades como consecuencia de la gestión de la tierra. Sin embargo, es esencial escoger una profundidad común para determinar los factores de referencia de las reservas de carbono en el suelo (COS_{REF}) y de la variación de las reservas. Convendría recopilar valores de los factores para los principales tipos de clima y/o suelo, al menos con el grado de detalle utilizado en el Nivel 1.

Suelos orgánicos

Al estimar las emisiones procedentes de suelos orgánicos es necesario un factor de emisión (FE) para diferentes regímenes climáticos cuando los suelos orgánicos han sido drenados para usarlos como tierras agrícolas.

Nivel 1: Los factores de emisión por defecto para este nivel, idénticos a los de las *Directrices del IPCC*, figuran en el Cuadro 3.3.5. Estos factores están diferenciados por regímenes principales de clima (temperatura), y habrá que suponer que los suelos han sido drenados antes de utilizarlos como tierras agrícolas. Los suelos orgánicos utilizados para arrozales o cultivos menores en terrenos anegados (p. ej., arándanos de humedal, arroz silvestre) están excluidos.

Nivel 2: En el Nivel 2, los factores de emisión pueden obtenerse de los estudios publicados sobre las pérdidas de carbono procedentes de suelos orgánicos. La estimación de las pérdidas de carbono procedentes de suelos orgánicos cultivados suele estar basada en mediciones de subsidencia, existiendo menos estudios basados en mediciones directas del flujo de CO_2 (Klemedtsson *et al.*, 1997; Ogle *et al.*, 2003). Algunos de los procesos que contribuyen a la subsidencia son la erosión, la compactación, la quema, y la descomposición. En la estimación del factor de emisión deberían incluirse solamente las pérdidas por descomposición. Si se utilizan datos sobre subsidencia, deberían utilizarse unos factores de conversión regionales apropiados para determinar la proporción de subsidencia atribuible a la oxidación, basándose en estudios que midan tanto la subsidencia como el flujo de CO_2. De no disponerse de esa información, Armentano y Menges (1986) recomiendan un factor por defecto de 0,5 para la relación oxidación-subsidencia, sobre la base de una equivalencia de gramo a gramo. Si fuera posible, se recomiendan mediciones directas de los flujos de carbono, que constituyen el mejor medio para estimar las tasas de emisión en suelos orgánicos.

[2] Una cronosecuencia es una serie de mediciones obtenidas de ubicaciones similares pero apartadas entre sí, que representan una secuencia temporal de uso o gestión de la tierra; por ejemplo, los años transcurridos desde la deforestación. Se está tratando de controlar todas las demás diferencias entre ubicaciones (por ejemplo, seleccionando zonas similares en cuanto a los tipos de suelo, la topografía o la vegetación anterior). Las cronosecuencias suelen utilizarse como sustituto de estudios experimentales o de mediciones repetidos a lo largo del tiempo en una misma ubicación.

Encalado

Véase la Sección 3.3.1.2.1.1.

3.3.1.2.1.3 Elección de datos de actividad

Suelos minerales

La superficie de tierra agrícola sometida a prácticas de gestión diferentes (S) es un dato necesario para estimar las emisiones/absorciones en suelos minerales.

Para las tierras agrícolas existentes, los datos de actividad deberían registrar las variaciones o las tendencias de las prácticas de gestión que afecten al almacenamiento de carbono en los suelos, por ejemplo los tipos de cultivo y de rotación de cultivo, las prácticas de labranza, el regadío, la aplicación de estiércol, la gestión de residuos, etc. Existen dos tipos principales de datos de actividades de gestión: 1) estadísticas agregadas recopiladas por países o por zonas administrativas de países (p. ej., provincias, comarcas), o bien: 2) inventarios puntuales de uso y de gestión de la tierra que configuren una muestra estadística de la superficie de tierra de un país. Cualquiera de esos dos tipos de datos de actividad puede utilizarse en cualquiera de los tres niveles, en función de su resolución espacial y temporal. Para los inventarios del Nivel 1 y del Nivel 2, los datos de actividad deberían estar estratificados por regiones climáticas y tipos de suelo principales, ya que el valor de referencia de las reservas de C en el suelo varía mucho dependiendo de esos factores. Para las categorías generales de suelos definidas en el Nivel 1, pueden utilizarse mapas del suelo nacionales o incluso mundiales para delimitar las divisiones del suelo en las tierras agrícolas. En este Nivel, para aplicar modelos dinámicos y/o un inventario basado en la medición directa se necesitan datos similares o más detallados sobre las combinaciones de clima, suelo, topografía y gestión, aunque las necesidades exactas dependerán en parte del modelo que se utilice.

Las estadísticas disponibles en todo el mundo sobre el uso de la tierra y la producción de cultivos, como las contenidas en las bases de datos de la FAO (http://apps.fao.org), proporcionan recopilaciones anuales de las superficies de tierra totales por tipos de uso de la tierra principales, con cierto grado de diferenciación de los sistemas de gestión (p. ej., tierras agrícolas con o sin regadío), de la superficie de cultivo "permanente" (es decir, viñedos, huertos), y de la superficie de tierra y de la producción de los principales cultivos (p. ej., trigo, arroz, maíz, sorgo, etc.). Por lo tanto, si se utilizan los datos de la FAO u otros datos similares de ámbito nacional sería necesaria información adicional del país para estratificar las zonas por tipos de clima y de suelo. Si no se ha reunido todavía esa información, podría empezarse por superponer mapas de uso de la tierra/cubierta vegetal disponibles (o bien de origen nacional, o bien de acervos de datos mundiales como el IGBP_DIS) con mapas de suelos de origen nacional o de fuentes mundiales, como el Mapa Mundial de Suelos de la FAO. Cuando sea posible, deberían delimitarse las superficies de tierra asociadas a los sistemas de cultivo (por ejemplo, rotaciones y prácticas de labranza), y no simplemente las superficies en función del cultivo, y asociarse a los valores apropiados del factor de gestión. [Nota: estas consideraciones son aplicables también a la sección sobre la biomasa de las tierras agrícolas, ya que la metodología utiliza estimaciones por zonas para determinados tipos de cultivo, como los "cultivos permanentes" de la FAO.] Véase el Capítulo 2.

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y de recursos, constituidos por una serie de puntos de muestreo permanente donde se toman datos a intervalos regulares, presentan ciertas ventajas sobre las estadísticas agregadas de actividades agrícolas y de usos de la tierra. Los puntos de inventario pueden asociarse más fácilmente a un sistema de cultivo determinado, y el tipo de suelo asociado al lugar puede determinarse mediante un muestreo, o ubicando el lugar en el mapa de suelos adecuado. Los puntos de inventario seleccionados, basados en un diseño estadístico apropiado, permiten también estimar la variabilidad asociada a los datos de actividad, que puede utilizarse como parte de un análisis de incertidumbre formal. Un ejemplo de inventario de recursos puntual que incluye tierras agrícolas es el National Resource Inventory de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

Suelos orgánicos

La superficie de suelos orgánicos cultivados por regímenes climáticos (S) es un dato necesario para estimar las emisiones de los suelos orgánicos. Para obtener las estimaciones de superficie pueden utilizarse bases de datos similares y metodologías como las descritas anteriormente. Una superposición de mapas de suelos que indique la distribución espacial de los histosoles (es decir, de los suelos orgánicos) con mapas de uso de la tierra que indiquen las áreas de cultivo puede proporcionar información inicial sobre las zonas de suelos orgánicos sometidas a usos agrícolas. Además, dado que los suelos orgánicos suelen necesitar de un drenaje artificial extensivo para utilizarlos con fines agrícolas, es posible emplear datos sobre los proyectos de drenaje específicos del país, además de mapas de suelos y estudios de campo, con objeto de obtener una estimación más refinada de las áreas correspondientes.

3.3.1.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Para realizar formalmente una evaluación de la incertidumbre es necesario estimar la incertidumbre de las tasas de emisión/secuestro por unidad de superficie, así como la incertidumbre de los datos de actividad (es decir, las áreas de tierra afectadas por los cambios de uso de la tierra y de gestión), y su interacción. En los cuadros

figuran, cuando se dispone de ellas, estimaciones de la incertidumbre asociada a los valores mundiales por defecto revisados, desarrollados en la presente publicación; los cuadros pueden utilizarse junto con las estimaciones apropiadas de variabilidad de los datos de actividad para estimar la incertidumbre, utilizando las restricciones proporcionadas en el Capítulo 5. Los organismos responsables del inventario deberían tener presente que los valores por defecto mundiales simples tienen un nivel de incertidumbre relativamente alto cuando se aplican a determinados países. Además, dado que los estudios de campo disponibles para obtener los valores por defecto mundiales no están distribuidos uniformemente entre las distintas regiones climáticas, tipos de suelos y sistemas de gestión, algunas áreas -particularmente en las regiones tropicales- están insuficientemente representadas. En los métodos del Nivel 2, las funciones de densidad de probabilidad (que proporcionan estimaciones de valores medios y de varianzas) pueden obtenerse de los factores de variación de las reservas, de los factores de emisión en suelos orgánicos y de las reservas de C de referencia como parte integrante del proceso de obtención de datos específicos de regiones o de países. Así, por ejemplo, Ogle *et al*. (2003) aplicaron modelos de efecto mixto lineales para obtener funciones de densidad de probabilidad correspondientes a valores de factores específicos de los Estados Unidos y a valores de referencia de las reservas de carbono para suelos agrícolas. Los datos de actividad de sistemas de inventario de uso y gestión de la tierra obtenidos estadísticamente deberían permitir asignar estimaciones de incertidumbre a áreas asociadas a cambios de uso y de gestión de las tierras. Los datos sobre emisiones y los datos de actividad, junto con sus incertidumbres correspondientes, pueden combinarse mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total (Ogle *et al*., 2003; Smith y Heath, 2001); véase el Capítulo 5.

3.3.1.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

ÓXIDO NITROSO

En las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* se examina ya el tema de las fuentes de emisión siguientes de gases distintos del CO_2:

- emisiones de N_2O procedentes de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, residuos orgánicos y fijación de nitrógeno biológico (*Directrices del IPCC*, Capítulo 4, Agricultura);
- emisiones de N_2O, NOx, CH_4 y CO procedentes de la quema de biomasa en el lugar y fuera del lugar (*Directrices del IPCC*, Capítulo 4, Agricultura); y
- emisiones de N_2O procedentes del cultivo de suelos orgánicos.

Es una *buena práctica* atenerse a las *Directrices del IPCC* y a *OBP2000*, y seguir informando de esas emisiones en el marco del sector de la agricultura.

METANO

Las emisiones de metano procedentes de arrozales se examinan en las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*, y deberían notificarse en el marco del sector de la agricultura.

No se abordarán aquí las variaciones de la tasa de oxidación del metano en suelos aeróbicos. La escasa información de que se dispone indica que el sumidero de CH_4 es pequeño comparado con las fuentes de CH_4 procedentes de suelos inundados, como los arrozales. A medida que se investigue y se obtenga más información, será posible examinar con más detalle el efecto de diversas actividades sobre la oxidación del metano.

3.3.2 Tierras convertidas en tierras agrícolas

La conversión en tierras agrícolas de tierras sometidas a otros usos y en estado natural ocasionará, en la mayoría de los casos, emisiones de CO_2 procedentes tanto de la biomasa como de los suelos, al menos durante algunos años después de la conversión, así como emisiones de N_2O y de CH_4 procedentes del suelo. Podría ser una excepción el regadío de tierras anteriormente áridas, que puede producir ganancias de carbono netas en suelos y biomasa, y la conversión de tierras degradadas en tierras agrícolas. El cálculo de las emisiones de carbono procedentes de la conversión de tierras forestales y de praderas en tierras agrícolas figura en las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3 (Conversión de bosques y de praderas), y en la Sección 5.3 (Emisiones y absorción de CO_2 en el suelo). Al estimar las emisiones y absorciones procedentes de conversiones de usos de la tierra para obtener tierras agrícolas, es una *buena práctica* considerar tres subcategorías: la variación de las reservas de carbono en la biomasa (Sección 3.3.2.1), la variación de las reservas de carbono en el suelo (Sección 3.3.2.2), y las emisiones de óxido nitroso (Sección 3.3.2.3). Se ofrecen a continuación orientaciones metodológicas respecto de cada una de esas subcategorías.

Es una buena práctica estimar las emisiones/absorciones procedentes de "tierras convertidas en tierras agrícolas" utilizando los métodos descritos en esta subsección respecto de un período suficiente para que se produzcan las variaciones de las reservas de carbono tras la conversión del uso de la tierra. Sin embargo, los depósitos de la biomasa y del suelo responden de maneras diferentes a la conversión del uso de la tierra, por lo que los períodos necesarios para alcanzar el equilibrio de las reservas de carbono son diferentes. La variación del carbono en los depósitos de biomasa se estima utilizando el método de la Sección 3.3.2.1 para el primer período siguiente a la conversión en tierras agrícolas.[3] Después de ese período, los países deberían estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa utilizando métodos descritos en la Sección 3.3.1.1, Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, Variación del carbono almacenado en la biomasa. Dado que el período de inventario por defecto es de 20 años para las variaciones del carbono en los suelos, es ése el período de tiempo que debería utilizarse al contabilizar las áreas convertidas en tierras agrícolas.

Se indica a continuación la ecuación resumida que refleja la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas (Ecuación 3.3.7). Se examinan, además, varias metodologías para el N_2O basadas en los coeficientes de emisión. En el Cuadro 3.3.6 se resumen los niveles correspondientes a cada una de las subcategorías de carbono y para la subcategoría de N_2O.

ECUACIÓN 3.3.7
VARIACIÓN TOTAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TTA} = \Delta C_{TTA_{BV}} + \Delta C_{TTA_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TTA} = variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

ΔC_{TTABV} = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTASuelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

3.3.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

En la presente sección se ofrecen *orientaciones sobre las buenas prácticas* para calcular la variación del carbono almacenado en la biomasa por efecto de la conversión en tierras agrícolas de tierras en estado natural y destinadas a otros usos, y en particular por efecto de la deforestación y de la conversión de pastos y praderas en tierras agrícolas. Para aplicar esos métodos es necesario estimar las reservas de carbono en la biomasa viva antes y después de la conversión, sobre la base de las estimaciones de las superficies de tierra convertidas durante el período comprendido entre los estudios de campo sobre el uso de la tierra. Como resultado de la conversión en tierras agrícolas, se supondrá (en el Nivel 1) que la vegetación predominante es eliminada completamente, y que arroja cantidades de carbono prácticamente nulas en la biomasa tras la conversión. Poco después se plantará algún tipo de sistema de cultivo, que aumentará la cantidad de carbono almacenada en la biomasa. La diferencia entre los depósitos inicial y final de carbono en la biomasa se utiliza para calcular la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra y, en años posteriores, las acumulaciones y pérdidas de biomasa boscosa perenne en tierras agrícolas se contabilizan utilizando métodos de la Sección 3.3.1, Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.

3.3.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Esta metodología permite estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva. En la actualidad no hay información suficiente para ofrecer una metodología básica con parámetros por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras agrícolas[4]. Además, la metodología siguiente tiene en cuenta únicamente la variación de las reservas de carbono en la biomasa sobre el suelo, dado que se dispone de escasos datos sobre las reservas de carbono bajo el suelo en las tierras agrícolas perennes.

---

[3] El período dependerá de la frecuencia con que los países recopilen datos. Por ejemplo, si se obtienen estudios de campo sobre el uso de la tierra durante ciclos de cinco años (v. g., 1990, 1995, 2000), entonces una conversión de tierras acaecida en 1992 se incluirá en los datos de 1995 y por consiguiente se registrará, utilizando los métodos indicados más adelante, en el informe de inventario que incluya datos de campo correspondientes a 1995.

[4] Deberá suponerse que todos los depósitos de detritus y de madera muerta (estimados mediante los métodos descritos en la Sección 3.2.2.2) se han oxidado tras la conversión de la tierra.

CUADRO 3.3.6
DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS (TTA)

Nivel / Sub-categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa	Utilizar coeficientes por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa por efecto de la conversión del uso de la tierra, y el carbono de la biomasa que sustituye a la vegetación eliminada durante el año de la transición entre usos de la tierra.	Utilizar al menos algunos parámetros específicos del país respecto de las reservas de carbono para estimar la variación de las reservas de carbono en la conversión de tierras en tierras agrícolas. Asignar el carbono asociado a la eliminación de biomasa a los procesos de quemado, descomposición y otros procesos de conversión importantes a nivel nacional. Estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 en la porción de biomasa quemada tanto en el lugar como fuera del lugar. Utilizar estimaciones de superficie desglosadas por zonas climáticas y otras divisiones de interés para el país de modo que coincidan con los parámetros sobre las reservas de carbono específicos del país.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (por ejemplo, modelización, medición).
Reservas de carbono en el suelo	Para las variaciones del carbono en suelos minerales utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión por defecto.	Para los suelos minerales y orgánicos utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (por ejemplo, modelización, medición).
Óxido nitroso procedente de la oxidación del suelo durante la conversión	Utilizar parámetros por defecto y un desglose espacial grueso.	Utilizar parámetros específicos del país y un mayor desglose espacial.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (por ejemplo, modelización, medición) y notificar como tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas en el sector de UTCUTS.

3.3.2.1.1.1 Elección del método

En las *Directrices del IPCC* se describen alternativas cada vez más sofisticadas que incorporan un mayor nivel de detalle respecto de las áreas de tierra convertidas, de las reservas de carbono en las tierras, y de la absorción de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra. En la *Orientación sobre las buenas prácticas*, esas consideraciones se reflejan en una metodología estructurada en niveles, de modo que el nivel elegido dependa de la disponibilidad de datos y de las circunstancias nacionales. Todos los países deberían tratar de mejorar los métodos de inventario y de notificación escogiendo el Nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias del país. Es una *buena práctica* que los países utilicen un método del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas constituyan una categoría esencial, y cuando la subcategoría de biomasa viva se considere significativa con arreglo a los principios expuestos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

Nivel 1: El método del Nivel 1 se conforma a las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3, Conversión de bosques y de praderas, en que la cantidad de biomasa eliminada para obtener tierras agrícolas se estima multiplicando la superficie de bosque convertida en un año por el promedio de las reservas de carbono en la biomasa del bosque

antes de la conversión. Es una *buena práctica* contabilizar íntegramente todas las conversiones de tierras en tierras agrícolas. En la presente sección se examina ese método, de modo que abarque todos los usos iniciales de la tierra, incluidos – aunque no exclusivamente – los bosques.

En la Ecuación 3.3.8 se resumen los principales elementos de una aproximación de primer orden a la variación de las reservas de carbono en la conversión de una tierra en tierra agrícola. Para cada tipo de conversión, se estima la media de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie. La media de la variación de las reservas de carbono es igual a la variación de las reservas de carbono debida a la eliminación de biomasa para el uso inicial de la tierra (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa antes de la conversión), más las reservas de carbono durante un año de crecimiento en tierras agrícolas tras la conversión. Como se indica en las *Directrices del IPCC*, es necesario contabilizar toda la vegetación que sustituirá a la eliminada durante la conversión del uso de la tierra. En las *Directrices del IPCC* se combinan en un solo término el carbono de la biomasa tras la conversión y el carbono de la biomasa que crece en la tierra después de la conversión. Con arreglo a este método, ambos conceptos se separan en dos términos diferentes, $C_{Después}$ y $\Delta C_{Crecimiento}$, para una mayor transparencia. En el Nivel 1, las reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión ($C_{Después}$) se suponen nulas; en otras palabras, la tierra se supone exenta de vegetación antes de establecer el cultivo. La media de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para una conversión dada de uso de la tierra se multiplica por la superficie estimada de tierra que experimenta esa conversión en un año dado. En años subsiguientes, la variación en la biomasa de los cultivos anuales se considera nula, ya que las ganancias de carbono en la biomasa como consecuencia del crecimiento anual están compensadas por las pérdidas en la recolección, y la variación en la biomasa de los cultivos leñosos perennes se contabiliza según la metodología de la Sección 3.3.1.1 (Variación de las reservas de carbono en la biomasa, en: Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas).

Las etapas básicas para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa por conversión de las tierras en tierras agrícolas son las siguientes:

i) estimar la superficie de tierra que experimenta una transición de tierra no agrícola a tierra agrícola durante un año ($S_{conversión}$), por separado para cada uso inicial de la tierra (es decir, tierras forestales, praderas, etc.) y para cada tipo de cultivo final (es decir, leñoso anual o perenne);

ii) para cada tipo de transición de una tierra a tierra agrícola se utilizará la Ecuación 3.3.8, con objeto de estimar la variación resultante de las reservas de carbono. Los datos por defecto de la Sección 3.3.2.1.1.2 respecto de $C_{Después}$, C_{Antes}, y $\Delta C_{Crecimiento}$ pueden utilizarse para estimar la variación total de las reservas por unidad de superficie para cada tipo de transición de uso de la tierra. Seguidamente, la estimación de la variación de reservas por unidad de superficie podrá multiplicarse por las correspondientes estimaciones de superficie obtenidas de la etapa 1;

iii) estimar la variación total de las reservas de carbono resultante de todas las conversiones de tierra en tierra agrícola sumando las distintas estimaciones correspondientes a cada transición.

El supuesto por defecto del Nivel 1 consiste en que todo el carbono de la biomasa se pierde en la atmósfera mediante procesos de descomposición en el lugar o fuera de lugar. Por ello, los cálculos del Nivel 1 no diferencian entre las emisiones inmediatas procedentes de la quema y otras actividades de conversión.

ECUACIÓN 3.3.8
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TTA_{BV}} = S_{Conversión} \bullet (T_{Conversión} + \Delta C_{Crecimiento})$$

$$T_{Conversión} = C_{Después} - C_{Antes}$$

Donde:

ΔC_{TTABV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

$S_{Conversión}$ = superficie anual de tierras convertidas en tierras agrícolas, en ha año^{-1}

$T_{Conversión}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión cuando la tierra es convertida en tierra agrícola, en toneladas de C ha^{-1}

$\Delta C_{Crecimiento}$ = variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en tierras agrícolas, en toneladas de C ha^{-1}

$C_{Después}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en tierras agrícolas, en toneladas de C ha^{-1}

C_{Antes} = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en tierras agrícolas, en toneladas de C ha^{-1}

Nivel 2: Los cálculos del Nivel 2 son estructuralmente similares a los del Nivel 1, con las diferencias siguientes. En primer lugar, el Nivel 2 está basado en al menos algunas estimaciones específicas del país sobre las reservas de carbono en usos de la tierra iniciales y finales, y no en los valores por defecto indicados en la Sección 3.3.2.1.1.2. Las estimaciones de superficie para las tierras convertidas en tierras agrícolas se desglosan en escalas espaciales más finas a fin de que las variaciones regionales y del sistema de cultivo se reflejen en el valor de las reservas de carbono específico del país.

En segundo lugar, el Nivel 2 puede modificar el supuesto de que las reservas de carbono son nulas inmediatamente después de la conversión. Con ello se permite a los países tomar en cuenta las transiciones de uso de la tierra en que se elimina sólo una parte de la vegetación de la tierra en su uso original.

En tercer lugar, en el Nivel 2 es una *buena práctica* asignar las pérdidas de carbono a los procesos de quema y de descomposición, si procede. Las emisiones de dióxido de carbono se producen como resultado de la quema y de la descomposición en las conversiones de uso de la tierra. Además, la quema produce emisiones de gases de traza distintos del CO_2. Distribuyendo las pérdidas entre la quema y la descomposición, los países pueden calcular también las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 procedentes de la quema. En el Libro de trabajo de las *Directrices del IPCC* se ofrecen instrucciones paso a paso para estimar las absorciones de carbono por quema y descomposición de la biomasa en el lugar y fuera de lugar, y para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 por efecto de la quema (págs. 5.7 a 5.17). A continuación se ofrecen orientaciones para estimar las absorciones de carbono por quema y descomposición, y en la Sección 3.2.1.4 del presente capítulo se ofrecen otras directrices para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 por efecto de la quema.

Las ecuaciones básicas para estimar la cantidad de carbono quemado o abandonado hasta su descomposición son las Ecuaciones 3.3.10 y 3.3.11. En esta metodología se examina el proceso de quema utilizado para desbrozar la tierra. Las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema utilizada para la gestión de tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas se examinan en el capítulo sobre agricultura de *OBP2000*. El supuesto por defecto de las Ecuaciones 3.3.10 y 3.3.11 consiste en que sólo la biomasa sobre el suelo es quemada o se descompone. Se sugiere a los países que utilicen información adicional para evaluar este supuesto, particularmente respecto de la biomasa bajo el suelo que se descompone. Las Ecuaciones 3.3.10 y 3.3.11 permiten estimar la cantidad de carbono en la biomasa eliminada durante una conversión en tierras agrícolas por quema (en el lugar o fuera del lugar) o descomposición, respectivamente. La metodología básica puede modificarse para tratar otras actividades de conversión y en respuesta a necesidades de ámbito nacional. Ambas ecuaciones utilizan como aporte la cantidad total de carbono de la biomasa eliminada durante el desbroce de la tierra ($\Delta C_{conversión}$) (Ecuación 3.3.9), que es equivalente a la superficie de tierra convertida ($S_{Conversión}$) multiplicada por la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión ($T_{Conversión}$ en la Ecuación 3.3.8).

La parte de biomasa eliminada se utiliza en ocasiones como productos de madera. En el caso de los productos de madera, los países pueden utilizar el supuesto por defecto de que el carbono de los productos de madera se oxida en el año de su absorción. Alternativamente, los países pueden consultar el Apéndice 3a.1 con respecto a las técnicas de estimación del almacenamiento de carbono en productos de madera recolectados, que puede contabilizarse suponiendo un aumento del carbono en el depósito del producto.

ECUACIÓN 3.3.9
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO POR ELIMINACIÓN DE LA BIOMASA EN UNA CONVERSIÓN DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{conversión} = S_{conversión} \bullet T_{conversión}$$

Donde:

$\Delta C_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono por eliminación de la biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$S_{Conversión}$ = superficie de tierra convertida en tierra agrícola a partir de cierto uso inicial, en ha

$T_{Conversión}$ = reservas de carbono eliminadas en la conversión de una tierra en tierra agrícola a partir de cierto uso inicial, en toneladas de C ha^{-1} (según la Ecuación 3.3.8)

ECUACIÓN 3.3.10
PÉRDIDAS DE CARBONO POR QUEMA DE BIOMASA, EN EL LUGAR Y FUERA DEL LUGAR

$$P_{quema\ en\ el\ lugar} = \Delta C_{conversión} \bullet \rho_{quema\ en\ el\ lugar} \bullet \rho_{óxido}$$

$$P_{quema\ fuera\ del\ lugar} = \Delta C_{conversión} \bullet \rho_{quema\ fuera\ del\ lugar} \bullet \rho_{óxido}$$

Donde:

P_{quema} = pérdidas de carbono procedentes de la biomasa quemada, en toneladas de C

$\Delta C_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono como consecuencia de la eliminación de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{quemada\ en\ el\ lugar}$ = fracción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{óxido}$ = fracción de biomasa que se oxida al arder, sin dimensiones

$\rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar}$ = fracción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

ECUACIÓN 3.3.11
PÉRDIDAS DE CARBONO PROCEDENTES DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA

$$P_{descomposición} = \Delta C_{conversión} \bullet \rho_{descomposición}$$

$$\rho_{descomposición} = 1 - (\rho_{quemada\ en\ el\ lugar} + \rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar})$$

Donde:

$P_{descomposición}$ = pérdidas de carbono procedentes de la descomposición de la biomasa, en toneladas de C

$\Delta C_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono como consecuencia de la eliminación de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{descomposición}$ = fracción de biomasa abandonada en el lugar hasta que se descompone, sin dimensiones

$\rho_{quemada\ en\ el\ lugar}$ = fracción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar}$ = fracción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

Es una *buena práctica* que los países utilicen los términos $P_{quema\ en\ el\ lugar}$ y $P_{quema\ fuera\ del\ lugar}$ como datos de aporte para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 procedentes de la quema con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.2.1.4.

Nivel 3: El método del Nivel 3 es similar al del Nivel 2, con las diferencias siguientes: en lugar de utilizar el promedio de las tasas de conversión anuales, los países pueden utilizar estimaciones directas, desglosadas espacialmente, de las áreas convertidas anualmente para cada uso de la tierra inicial y final; las densidades de carbono y la variación de las reservas de carbono en el suelo están basadas en información específica local, que permite establecer un vínculo directo entre la biomasa y el suelo; y los volúmenes de biomasa están basados en inventarios reales.

3.3.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Tanto en las *Directrices del IPCC* como en esta publicación se ofrecen parámetros por defecto para que los países con escasos recursos de datos puedan estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente. En la primera etapa de esta metodología se necesitan parámetros sobre las reservas de carbono antes de la conversión para cada uso de la tierra inicial (C_{Antes}) y después de la conversión ($C_{Después}$). Se supondrá que toda la biomasa es eliminada durante la preparación de un lugar para destinarlo a tierras agrícolas, con lo que el valor por defecto de $C_{Después}$ será de 0 toneladas de C ha^{-1}. En el Cuadro 3.3.7 se ofrecen valores por defecto de las reservas de carbono C_{Antes} para tierras utilizadas como bosque o pradera antes del desbroce.

Además, se necesita el valor de las reservas de carbono al cabo de un año de crecimiento en los cultivos plantados tras la conversión ($\Delta C_{Crecimiento}$). El Cuadro 3.3.8 contiene valores por defecto para $\Delta C_{Crecimiento}$. Por separado, se ofrecen valores por defecto respecto de los cultivos no leñosos anuales y leñosos perennes. Para las tierras plantadas con cultivos anuales, el valor por defecto de $\Delta C_{Crecimiento}$ es de 5 toneladas de C por hectárea, basado en la recomendación original de las *Directrices del IPCC* de 10 toneladas de biomasa seca por hectárea (la biomasa seca aparece convertida en toneladas de carbono en el Cuadro 3.3.8). Las reservas de carbono por defecto tras un año de crecimiento en cultivos leñosos perennes son las indicadas en el Cuadro 3.3.2. La acumulación total de carbono en biomasa boscosa perenne superará con el tiempo las reservas de carbono por defecto acumuladas en tierras agrícolas anual. Sin embargo, los valores por defecto indicados en la presente sección corresponden a un año de crecimiento inmediatamente después de la conversión, que normalmente arroja, para los cultivos leñosos perennes, unas reservas de carbono menores que para los cultivos anuales.

CUADRO 3.3.7 VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA ELIMINADAS POR CONVERSIÓN DE TIERRAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS		
Categoría de uso de la tierra	**Reservas de carbono en la biomasa antes de la conversión (C_{Antes}) (en toneladas de C ha^{-1})**	**Intervalo de error#**
Tierras forestales	Véanse en los Cuadros 3A.2 y 3A.3 del Anexo 3A.1 las reservas de carbono para diversos tipos de bosque, por regiones climáticas. Las reservas están expresadas en términos de materia seca. *Para convertir la materia seca en carbono, se multiplican los valores por una fracción de carbono (FC) igual a 0,5.*	Véase la Sección 3.2.2 (Tierras convertidas en tierras forestales).
Praderas	Véanse en el Cuadro 3.4.2 las reservas de carbono para diversos tipos de praderas y de regiones climáticas.	± 75%
# Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresado como porcentaje de la media.		

CUADRO 3.3.8 VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO PRESENTES EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS EN EL AÑO SIGUIENTE A LA CONVERSIÓN		
Tipo de cultivo por regiones climáticas	**Reservas de carbono en la biomasa después de un año ($\Delta C_{Crecimiento}$) (en toneladas de C ha^{-1})**	**Escala de error#**
Tierra agrícola anual	5	± 75%
Tierra agrícola perenne		
Templada (todos los regímenes de humedad)	2,1	± 75%
Tropical, seca	1,8	± 75%
Tropical, húmeda	2,6	± 75%
Tropical, muy húmeda	10,0	± 75%
# Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.		

Nivel 2: Los métodos del Nivel 2 deberían incorporar estimaciones específicas del país respecto de las reservas y eliminaciones de biomasa por efecto de la conversión de la tierra, así como estimaciones de pérdidas en el lugar y fuera del lugar producidas por quema y descomposición tras la conversión de las tierras en tierras agrícolas. Las mejoras pueden consistir en estudios sistemáticos del contenido de carbono y de las emisiones y absorciones asociadas a los usos de la tierra y a la conversión de usos de la tierra en el ámbito del país, así como un reexamen de los supuestos por defecto atendiendo a las condiciones específicas del país.

Aunque se ofrecen parámetros por defecto para las emisiones procedentes de la quema y descomposición, se sugiere a los países que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. En las *Directrices del IPCC* se utiliza un valor por defecto general de 0,5 para la proporción de biomasa quemada en el lugar, tanto para las conversiones de bosques como de praderas. Estudios de investigación sugieren que esa fracción es muy variable y podría ser de tan sólo 0,2 (Fearnside 2000, Barbosa y Fearnside, 1996, y Fearnside, 1990). En el Cuadro 3A.13 se ofrecen valores por defecto actualizados de la proporción de biomasa quemada en el lugar, para diversas clases de vegetación forestal. Estos valores por defecto deberían utilizarse para las transiciones de tierras forestales a tierras agrícolas. Para los usos de la tierra iniciales no forestales, la proporción de biomasa por defecto abandonada en el lugar y quemada es de 0,35. Este valor está basado en investigaciones que sugieren que la fracción debería estar situada entre 0,2 y 0,5 (p. ej. Fearnside, 2000; Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). Es una *buena práctica* que los países utilicen el valor 0,35 u otro valor comprendido en ese intervalo, siempre y cuando se documente la razón por la que se ha escogido. No hay valores por defecto para la cantidad de biomasa sacada del lugar y quemada; los países necesitarán obtener un valor proporcional basándose en las fuentes de datos nacionales. En la Ecuación 3.3.10, el valor por defecto de la proporción de biomasa oxidada por combustión es 0,9, como se indicó originalmente en las *Directrices del IPCC*.

El método para estimar las emisiones procedentes de la descomposición se basa en el supuesto de que toda la biomasa se descompone en 10 años. A efectos de notificación, los países tienen dos posibilidades: notificar todas las emisiones procedentes de la descomposición en un año, reconociendo que en realidad se producen durante diez años, o notificar todas las emisiones procedentes de la descomposición con periodicidad anual, estimando la tasa en la décima parte de los totales de la Ecuación 3.3.11. Si los países escogen esta última opción, deberían multiplicar por 0,10 las Ecuaciones 3.3.11.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deberían estar definidos por el país utilizando valores más exactos que los valores por defecto.

3.3.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles son necesarias estimaciones de las superficies de tierra convertidas en tierras agrícolas. Deberían utilizarse las mismas estimaciones de superficie para los cálculos de biomasa y de suelo para las tierras convertidas en tierras agrícolas. En niveles superiores es necesario especificar aún más las superficies. Para ser coherentes con las *Directrices del IPCC*, como mínimo, la superficie de bosques y de praderas naturales convertidos en tierras agrícolas debería identificarse por separado para todos los niveles. Ello implica al menos cierto conocimiento de los usos de la tierra antes de la conversión; podría ser necesario recurrir al dictamen de expertos si se utiliza el procedimiento 1 del Capítulo 2 para identificar las áreas de tierra.

Nivel 1: En el Nivel 1 es necesario un tipo de datos de actividad: la estimación por separado de las superficies convertidas en tierras agrícolas a partir de usos de la tierra iniciales (es decir, tierras forestales, praderas, asentamientos, etc.) para obtener un tipo de cultivo final (es decir, anual o perenne) ($S_{conversión}$). Por ejemplo, los países deberían estimar por separado la superficie de bosque húmedo tropical convertido en tierra agrícola anual, de bosque húmedo tropical convertido en tierra agrícola perenne, de pradera húmeda tropical convertida en tierra agrícola perenne, etc. Se presupone que las estimaciones de superficie están basadas en un período de un año. Si se realizan estimaciones de superficie para períodos más largos, habría que convertirlas en superficies anuales promediadas para adecuarse a los valores de las reservas de carbono por defecto indicados anteriormente. Si los países no disponen de esos datos, pueden extrapolar muestras parciales de datos sobre las tierras, o estimaciones históricas de las conversiones basadas en el dictamen de expertos del país. Con arreglo a los cálculos del Nivel 1, para estimar área de tierra convertida en tierra agrícola a partir de cada uso inicial pueden utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC* u otras fuentes, suplementadas con unos supuestos razonables. Para el cálculo en niveles superiores se utilizan fuentes de datos específicas del país para estimar todas las posibles transiciones desde un uso inicial de la tierra hasta el tipo de cultivo final.

Nivel 2: Los países deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie reales respecto de todas las posibles transiciones desde un uso inicial de la tierra hasta un tipo de cultivo final. La cobertura total de las áreas de tierra puede conseguirse mediante un análisis de imágenes de los usos de la tierra y de las pautas de cobertura terrestre, obtenidas periódicamente por teledetección, mediante un muestreo periódico *in situ* de las pautas de uso de la tierra, o bien mediante sistemas de inventario híbridos. Si se dispone parcialmente de datos específicos del país de mayor resolución, se sugiere a los países que utilicen supuestos razonables, basados en los conocimientos más apropiados disponibles, para extrapolar al conjunto de las tierras. Las estimaciones históricas de las conversiones pueden extrapolarse en el tiempo con arreglo al dictamen de expertos del país.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en una contabilidad completa de todas las transiciones de uso de la tierra para pasar a tierras agrícolas, y deberían estar desglosados para reflejar diferentes tipos de situación en el territorio del país. El desglose podrá efectuarse por circunscripciones (comarca, provincia, etc.), por biomas, por climas, o utilizando una combinación de estos parámetros. En muchos casos, los países tendrán información sobre las tendencias multianuales de la conversión de las tierras (tomada de inventarios periódicos de los usos de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidos mediante muestras o teledetección).

3.3.2.1.1.4. Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En este método, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las tasas de conversión y de estimaciones groseras de las áreas de tierra convertidas en tierras agrícolas. Además, la utilización de parámetros por defecto para las reservas de carbono en las condiciones iniciales y finales contribuye a unos niveles relativamente altos de incertidumbre. En este método, los valores por defecto llevan asociados los correspondientes intervalos de error. Para obtener los datos por defecto proporcionados en la Sección 3.3.2.1.1.2 se utilizó una recopilación de investigaciones publicadas sobre las reservas de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Aunque esos valores por defecto se obtuvieron de múltiples estudios, los intervalos de incertidumbre correspondientes no figuraban en la publicación. Por ello, se ha supuesto un valor de incertidumbre por defecto de ±75% de las reservas de carbono, basándose en el dictamen de expertos.

Nivel 2: Las estimaciones de superficie reales correspondientes a diferentes transiciones de uso de la tierra permitirán una contabilidad más transparente y ayudarán a los expertos a identificar lagunas y dobles cómputos de las áreas de tierra. El método del Nivel 2 utiliza al menos algunos valores por defecto definidos para el país, que mejorarán la exactitud de las estimaciones, ya que representan mejor las condiciones de interés para el país. La utilización de valores específicos del país debería implicar un número suficiente de tamaños de la muestra y/o la aplicación del dictamen de expertos para estimar las incertidumbres, que, junto con las estimaciones de incertidumbre sobre los datos de actividad obtenidos mediante las sugerencias del Capítulo 2, deberían utilizarse en las metodologías de análisis de incertidumbre descritas en el Capítulo 5.

Nivel 3: Los datos de actividad obtenidos de un sistema de inventario de usos y tipos de gestión de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies asociadas a cambios de uso de la tierra. Los datos sobre emisiones y actividades, junto con sus correspondientes incertidumbres, pueden combinarse mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total.

3.3.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3.3.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La conversión de tierras en tierras agrícolas puede tener lugar en tierras no gestionadas, incluidos los ecosistemas nativos relativamente inalterados (por ejemplo, tierras forestales, praderas, sabanas, humedales), o en tierras gestionadas para otros usos (por ejemplo, bosques gestionados, tierras de pastoreo gestionadas). La gestión más intensiva que conlleva el uso de tierras agrícolas (es decir, un alto nivel de absorción de biomasa recolectada, y una frecuente alteración del suelo por labranza) redundará normalmente en pérdidas de C en la materia orgánica del suelo y en la materia orgánica muerta (detritus de superficie y restos de madera gruesos). Debería suponerse que todos los depósitos de detritus y de madera muerta (estimados utilizando los métodos descritos en la Sección 3.2.2.2) se oxidan tras la conversión de la tierra, y que la variación de las reservas de C en la materia orgánica del suelo debería estimarse como se indica a continuación.

La variación total de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en tierras agrícolas se indica en la Ecuación 3.3.12 siguiente:

ECUACIÓN 3.3.12
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TTA_{Suelos}} = \Delta C_{TTA_{Minerales}} - \Delta C_{TTA_{Orgánicos}} - \Delta C_{TTA_{Encalado}}$$

Donde:

$\Delta C_{TTA_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTA_{Minerales}}$ = variación de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTA_{Orgánicos}}$ = emisiones de C anuales procedentes de suelos orgánicos cultivados convertidos en tierras agrícolas (estimadas en términos de flujo anual neto), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TTA_{Encalado}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

Los criterios para seleccionar el método de estimación más apropiado son similares a los expuestos para los suelos de tierras agrícolas permanentes. Algunos factores clave son el tipo de conversión de la tierra y la longevidad de la conversión, así como la disponibilidad de información adecuada específica del país para estimar los valores de referencia de las reservas de C en el suelo y los factores de emisión y de variación de las reservas.

Todos los países deberían tratar de mejorar los métodos de inventario y de notificación escogiendo el Nivel más elevado posible atendiendo a las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas sean una categoría esencial y cuando la subcategoría de materia orgánica del suelo se considere significativa con arreglo a los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

3.3.2.2.1.1 Elección del método

Suelos minerales

El método del Nivel 1 está basado en las *Directrices del IPCC* (Emisiones y absorción de CO_2 en el suelo por efecto del uso y gestión de la tierra, Sección 5.3), y utiliza la Ecuación 3.3.3 tras la conversión de la tierra. Los métodos del Nivel 1 se basan en los valores de referencia por defecto de las reservas de C y de los factores de variación de las reservas, y en datos relativamente desglosados sobre la ubicación y las tasas de conversión de uso de la tierra.

En el Nivel 1, el valor inicial (previo a la conversión) de las reservas de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) se determina a partir de los mismos valores de referencia de las reservas de C en el suelo (COS_{REF}) utilizados para todos los usos de la tierra (Cuadro 3.3.3), junto con los factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) apropiados para los usos de la tierra anteriores, como se indica en el Cuadro 3.3.9 (véanse también las Secciones 3.2.1.3 (Suelos

forestales) y 3.4.1.2 (Suelos de praderas)). Para las tierras no gestionadas, así como para los bosques gestionados y las tierras de pastoreo con regímenes de alteración débiles, se supondrá que las reservas de C en el suelo son iguales a los valores de referencia (es decir, que los factores de uso de la tierra, de gestión y de aporte son iguales a 1). Las reservas actuales de C en el suelo (COS_0) en tierras convertidas en tierras agrícolas se estiman exactamente igual que para las tierras agrícolas permanentes, es decir, utilizando los valores de referencia de las reservas de carbono (Cuadro 3.3.3) y los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.3.9). Así, las tasas anuales de emisión (fuente) o de absorción (sumidero) se calculan dividiendo la diferencia entre los valores de las reservas (entre dos momentos) por el período de inventario (valor por defecto: 20 años).

Las etapas de cálculo para determinar COS_0 y $COS_{(0-T)}$, así como la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha de área de tierra son las siguientes:

Etapa 1: Seleccionar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), basándose en el clima y en el tipo de suelo, para cada área de tierra que se somete a inventario.

Etapa 2: Calcular las reservas de C antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$) de tierras en tierras agrícolas, basándose en el valor de referencia de las reservas de carbono y en el uso y gestión de la tierra anteriores, que determinan los factores de uso de la tierra (F_{UT}), de gestión (F_{RG}) y de aporte (F_E). Obsérvese que, cuando las tierras sometidas a conversión son bosques o praderas nativas, las reservas antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de las reservas de carbono en el suelo nativo.

Etapa 3: Calcular el valor de COS_0 repitiendo la Etapa 2 con el mismo valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), pero con unos factores de uso de la tierra, de labranza y de aporte que representen las condiciones de la tierra convertida en tierra agrícola.

Etapa 4: Calcular el promedio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario ($\Delta C_{TATA_{Minerales}}$).

Ejemplo: Para un bosque situado en suelo volcánico, en un entorno húmedo tropical: COS_{Ref} = 70 toneladas de C ha^{-1}. Para todos los suelos forestales (y para las praderas nativas), los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) son todos iguales a 1; así, $COS_{(0-T)}$ tiene un valor de 70 toneladas de C ha^{-1}. Si la tierra es convertida en tierra agrícola anual con labranza intensiva y bajo aporte de C residual, entonces COS_0 = 70 toneladas de C ha^{-1} ● 0,58 ● 1 ● 0,91 = 36,9 toneladas de C ha^{-1}. Así, el valor medio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario arroja un valor de (36,9 toneladas de C ha^{-1} - 70 toneladas de C ha^{-1})/20 años = -1,7 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$.

Las *Directrices del IPCC* contienen también estimaciones de la variación de las reservas de C vinculada a la conversión transitoria del uso de la tierra para obtener tierras agrícolas mediante un cambio de cultivo. En tales casos, los factores de variación de las reservas son diferentes de los utilizados cuando la conversión se hace para obtener tierras agrícolas permanentes, y la variación de las reservas de C en el suelo dependerá de la duración del ciclo de barbecho (recuperación de la vegetación). Cuando hay cambios de cultivo, el cálculo de las reservas de carbono en el suelo representa un promedio del ciclo cultivo-barbecho. El término "barbecho maduro" indica que la vegetación que no forma parte del cultivo (por ejemplo, los bosques, las sabanas) retorna a un estado maduro o casi maduro antes de ser eliminada de nuevo en aras del cultivo, mientras que el término “barbecho acortado” indica que la vegetación no se recupera antes de ser nuevamente eliminada. Si una tierra ya sometida a cambios de cultivo es convertida en tierras agrícolas permanentes (o para otros usos de la tierra), los factores de reservas que representan el cambio de cultivo proporcionarán las reservas de C "iniciales" para el cálculo de las variaciones posteriores a la conversión.

El método del Nivel 2 aplicado a los suelos minerales está basado también en la Ecuación 3.3.3, aunque utiliza unos factores de referencia específicos del país o de la región con respecto a las reservas de C y/o a la variación de las reservas, además de unos datos de actividad más desglosados.

Suelos orgánicos

Las metodologías de los Niveles 1 y 2 para los suelos orgánicos convertidos en tierras agrícolas a partir de otros usos de la tierra en el período de inventario reciben el mismo tratamiento que los suelos orgánicos cultivados durante largos períodos, es decir, se les aplica un factor de emisión constante basado en el régimen climático (véanse la Ecuación 3.3.5 y el Cuadro 3.3.5). En el Nivel 2, los factores de emisión se obtienen de datos específicos del país o de la región.

Suelos minerales y orgánicos

Tanto para los suelos minerales como orgánicos, los métodos del Nivel 3 están basados en unos modelos más detallados y específicos del país y/o en metodologías basadas en mediciones, que utilizan datos muy desglosados sobre los usos y la gestión de las tierras. En el Nivel 3, las metodologías para estimar la variación de C en el

suelo por efecto de la conversión del uso de la tierra para obtener tierras agrícolas deberían utilizar modelos y conjuntos de datos que permitan representar las transiciones a lo largo del tiempo de un tipo de uso de la tierra y de vegetación a otro, particularmente en bosques, sabanas, praderas y tierras agrícolas. Es necesario integrar la metodología del Nivel 3 con las estimaciones de absorción de biomasa y con el tratamiento de los residuos vegetales tras el desbroce (en particular, residuos de madera y detritus), ya que si varían los niveles de absorción y el tratamiento de los residuos (p. ej., combustión, preparación del lugar) resultarán también afectados los aportes de C a la formación de materia orgánica en el suelo y a las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es esencial validar los modelos mediante observaciones independientes obtenidas en lugares específicos del país o de la región que sean representativas de las interacciones entre el clima, el suelo y el tipo de vegetación cuando varían las reservas de C en el suelo después de la conversión.

Encalado

Cuando se encalan para fines agrícolas las tierras agrícolas convertidas a partir de otros usos de la tierra, los métodos de estimación de las emisiones de CO_2 por efecto del encalado serán los mismos que los descritos para las *Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas*, en la Sección 3.3.1.2.1.1.

3.3.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Para utilizar los métodos del Nivel 1 o del Nivel 2 se necesitarán las variables siguientes:

Valores de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Nivel 1: En el marco del Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.3.3. Se trata de un valor actualizado con respecto a los indicados en las *Directrices del IPCC*, que incorpora las mejoras siguientes: i) las estimaciones se obtienen, por medios estadísticos, de recopilaciones recientes de perfiles de suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de zonas boreales y templadas en la clasificación BMR, o como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen en una categoría aparte; iii) se han incluido los suelos de la región climática boreal.

Nivel 2: En los métodos del Nivel 2, el valor de referencia de las reservas de C en el suelo puede determinarse realizando mediciones del suelo, por ejemplo mediante datos directos obtenidos de los suelos o mediante cartografías de ámbito nacional. Es importante utilizar descripciones taxonómicas fiables de los suelos en que se realizan mediciones, para agrupar éstos en las clases definidos en el Cuadro 3.3.3; si se utiliza una subdivisión más fina del valor de referencia de las reservas de C en el suelo, las definiciones de los grupos de suelos deberán estar documentadas de manera coherente y adecuada. Algunas de las ventajas de utilizar datos específicos del país para estimar el valor de referencia de las reservas de C en el suelo consisten en unos valores más exactos y representativos para un país dado, y la posibilidad de estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden usarse en un análisis de incertidumbre formal.

Factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1 es una *buena práctica* utilizar los factores por defecto de la variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) incluidos en el Cuadro 3.3.9. Se trata de valores actualizados de las *Directrices del IPCC*, basados en un análisis estadístico de diversas investigaciones publicadas. En el cuadro se incluyen definiciones orientativas para poder seleccionar factores apropiados. Los factores de variación de las reservas se utilizan para estimar las reservas después (COS_0) y antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$); los valores variarán en función de las condiciones de uso y gestión de la tierra antes y después de la conversión. Obsérvese que, cuando se convierte en tierra agrícola una tierra forestal o una pradera nativa, los factores de variación de las reservas valdrán todos 1, de modo que las reservas de carbono en el suelo antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de la vegetación nativa (COS_{REF}).

Nivel 2: En el Nivel 2, la estimación de los factores específicos del país respecto de la variación de las reservas para la conversión de tierras en tierras agrícolas estará basada normalmente en comparaciones de parcelas emparejadas que representen tierras convertidas y no convertidas, de modo que todos los factores excepto la historia de los usos de la tierra sean lo más semejantes posible (véase, por ejemplo, Davidson and Ackermann, 1993). Lo ideal sería encontrar ubicaciones de muestra que representen un uso de la tierra dado en diferentes momentos después de la conversión: lo que se denomina “cronosecuencia” (por ejemplo, Neill *et al.*, 1997). Hay pocos experimentos replicados de larga duración sobre las conversiones del uso de la tierra; por ello, los correspondientes factores de variación de las reservas y de emisión adolecerán de una mayor incertidumbre que cuando las tierras agrícolas son permanentes. Al evaluar los estudios existentes o al realizar nuevas mediciones, es esencial que las parcelas que se comparan tengan una historia y una gestión semejantes antes de la conversión, así como una posición topográfica y unas propiedades físicas del suelo similares, y que se encuentren próximas entre sí. Con respecto a las tierras agrícolas permanentes, la información necesaria consistirá en las reservas de C (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad especificada) para cada uso de la tierra (y para cada fecha si se utiliza una cronosecuencia). Como ya se ha indicado bajo el epígrafe *Tierras agrícolas que*

siguen siendo tierras agrícolas, a falta de información específica que permita seleccionar un intervalo de profundidades alternativo, es una *buena práctica* comparar los factores de variación de las reservas para una profundidad de al menos 30 cm (la utilizada en los cálculos del Nivel 1). La variación de las reservas a mayor profundidad sería deseable si se dispusiera de un número suficiente de estudios, y si se evidenciaran diferencias estadísticamente significativas en el valor de las reservas por efecto de la gestión de la tierra a mayores profundidades. Sin embargo, es esencial que los valores de referencia de los factores de reservas de carbono en el suelo (COS_{Ref}) y de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) se determinen hasta una profundidad común.

Suelos orgánicos

En el **Nivel 1** y en el **Nivel 2**, la elección de los factores de emisión de C en suelos orgánicos recientemente convertidos en tierras agrícolas debería atenerse a los mismos procedimientos que los utilizados para obtener factores de emisión, tal como se ha indicado en la sección *Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas*.

CUADRO 3.3.9
FACTORES DE VARIACIÓN RELATIVA DE LAS RESERVAS EN EL SUELO (F_{UT}, F_{RG}, F_E) PARA TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen climático	Valor por defecto en las *Directrices del IPCC*	Error[#]	Definición
Uso de la tierra	Bosque o pradera nativa (no degradada)	Templado	1	NA	Representa bosques y praderas nativas, o gestionados de manera sostenible durante largos períodos y no degradados
		Tropical	1	NA	
Uso de la tierra	Cambio de cultivo: barbecho acortado	Tropical	0,64	± 50%	Cambio de cultivo permanente, en que los bosques tropicales o las tierras forestales son desbrozados para plantar cultivos anuales durante períodos cortos (por ejemplo, 3-5 años) y posteriormente abandonados para que rebroten
	Cambio de cultivo: barbecho maduro	Tropical	0,8	± 50%	
Uso de la tierra, gestión y aporte	Bosque gestionado	Véase la Ecuación 3.2.14 y el texto que la acompaña			
Uso de la tierra, gestión y aporte	Pradera gestionada	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.4.5			
Uso de la tierra, gestión y aporte	Tierra agrícola	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.3.4			

[#] Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media. NA significa "no aplicable" cuando los valores de los factores constituyan valores de referencia definidos.

3.3.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

Suelos minerales y orgánicos

Como mínimo, los países deberían disponer de estimaciones de las superficies de tierra convertidas en tierras agrícolas durante el período de inventario. Si los datos sobre los usos y la gestión de la tierra son limitados, podrán utilizarse como punto de partida datos agregados, como las estadísticas de la FAO sobre las conversiones de tierras, además de los conocimientos de expertos del país sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de las tierras (p. ej., tierras forestales y praderas, y sus tipos de suelos respectivos) que estén siendo convertidas, y de otros conocimientos sobre los tipos de prácticas empleadas en tierras agrícolas que se utilizan en tierras convertidas en tierras agrícolas. Puede realizarse una contabilización más detallada mediante un análisis de imágenes sobre las pautas de uso de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidas periódicamente por teledetección, mediante un muestreo periódico en el suelo sobre las pautas de uso de la tierra, y/o mediante sistemas de inventario híbridos. Las estimaciones de las conversiones de uso de la tierra para obtener tierras agrícolas deberían estratificarse con arreglo a los principales tipos de suelos, como se define en el Nivel 1, o estar basadas en estratificaciones específicas del país, si se emplean las metodologías del Nivel 2 ó 3. Para ello pueden utilizarse superposiciones con mapas de suelos adecuados y datos espacialmente explícitos sobre la ubicación de las tierras convertidas.

3.3.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Dado que la mayoría de las conversiones en tierras agrícolas implican una pérdida de reservas de carbono en el suelo, los datos más esenciales, a los efectos de reducir la incertidumbre total, consisten en una estimación exacta del área de tierra que se convierte en tierra agrícola. Debido a sus cuantiosas reservas de carbono en suelos nativos y a la posibilidad de arrojar grandes pérdidas, son especialmente importantes las conversiones en tierras agrícolas que se producen en suelos orgánicos, así como en suelos minerales de humedales y en suelos volcánicos. Para reducir la incertidumbre en la estimación de los factores de variación de las reservas y de

emisión en tierras recientemente (menos de 20 años) convertidas en tierras agrícolas, lo mejor sería vigilar directamente las reservas (y las emisiones) de C antes y después (durante varios años) de la conversión en tierras agrícolas, en una misma ubicación. Sin embargo, son más habituales los datos basados en estimaciones indirectas, denominadas cronosecuencias, que reflejan conversiones de la tierra en tierra agrícola en diferentes épocas del pasado y en diferentes lugares. Si se utilizan estimaciones basadas en cronosecuencias, la incertidumbre será más elevada que si se vigila directamente en el transcurso del tiempo. Al construir y evaluar cronosecuencias es importante seleccionar superficies que tengan el mayor parecido posible con la vegetación original, el tipo de suelo y la posición; es decir, de tal modo que la principal diferencia sea el tiempo transcurrido desde la conversión. Las estimaciones deberían estar basadas en más de una cronosecuencia. Para evaluar la incertidumbre total será necesario combinar incertidumbres asociadas a los factores de variación de las reservas y de emisión y a los datos de actividad para las superficies de tierra convertidas en tierras agrícolas.

3.3.2.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

En la presente sección se examina el aumento de las emisiones de N_2O por efecto de la conversión de tierras forestales, praderas y otras tierras en tierras agrícolas. Tras la conversión de tierras forestales, praderas y otras tierras en tierras agrícolas cabe esperar un aumento de las emisiones de N_2O. Ello es consecuencia de la mayor mineralización (conversión a formas inorgánicas) de la materia orgánica del suelo (MOS) que se produce normalmente por efecto de tal conversión. La mineralización produce no sólo una pérdida neta de C del suelo y, por consiguiente, una emisión neta de CO_2 (Sección 3.3.2.2.1.2), sino también la correspondiente conversión del nitrógeno anteriormente presente en la MOS en amonio y nitratos. La actividad microbiana del suelo convierte en N_2O parte del amonio y de los nitratos presentes. Así, cabe esperar que un aumento de ese sustrato microbiano causado por una disminución neta de la MOS produzca un aumento de las emisiones netas de N_2O. La idea, en este caso, consiste en utilizar el mismo factor de emisión (FE_1) que para las emisiones directas en tierras agrícolas cultivadas durante largos períodos (véase la sección Agricultura, *OBP2000*), y responde a la misma lógica, a saber, que el N convertido en material inorgánico en el suelo por efecto de la mineralización tiene en todos los casos el mismo valor que un sustrato de los organismos que producen N_2O por nitrificación y desnitrificación, con independencia de cuál sea la fuente orgánica, tanto si ésta es materia orgánica del suelo en las conversiones en tierras agrícolas como si son raíces de plantas y residuos de cultivos procedentes del cultivo tras la cosecha, o estiércol orgánico añadido, como en el caso de las emisiones de N_2O examinadas en las *Directrices del IPCC*, Capítulo 4, Agricultura, y en *OBP2000*.

En la Sección 3.2.1.4 se ofrecen orientaciones para estimar las emisiones de gases de traza (N_2O, NO_x, CH_4 y CO) procedentes de la combustión de biomasa tanto en el lugar como fuera del lugar.

La tasa de oxidación del metano en suelos superiores aireados puede variar por efecto de la conversión en tierras agrícolas. En esta publicación, sin embargo, no se aborda la disminución de la oxidación, debido a la información limitada de que se dispone. En el futuro, a medida que se disponga de más datos, tal vez sea posible examinar con mayor detalle el impacto de diversas actividades sobre las tasas de oxidación del metano.

3.3.2.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

ÓXIDO NITROSO PROCEDENTE DE SUELOS MINERALES

3.3.2.3.1.1 Elección del método

Las emisiones totales de N_2O son equivalentes a la suma de todas las emisiones de N_2O procedentes de conversiones de uso de la tierra, tal como se indica en las Ecuaciones 3.3.13 y 3.3.14. Se trata de emisiones procedentes de la mineralización de la materia orgánica del suelo por efecto de la conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas, asentamientos u otras tierras.

ECUACIÓN 3.3.13
EMISIONES ANUALES TOTALES DE N_2O PROCEDENTES DE SUELOS MINERALES EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$N_2O\text{-}N_{conv}\ \text{total} = \sum_i N_2O\text{-}N_{conv,i}$$

Donde:

$N_2O\text{-}N_{conv}$ total = emisiones anuales totales de N_2O procedentes de suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas, en kg de N de N_2O año^{-1}

$N_2O\text{-}N_{conv,i}$ = emisiones de N_2O procedentes del tipo de conversión de la tierra *i*, en kg de N de N_2O año^{-1}

Emisiones procedentes de la fertilización: las emisiones de N_2O procedentes de la aplicación de nitrógeno en el uso de la tierra precedente (bosque gestionado o pradera) y en el nuevo uso de la tierra (tierras agrícolas) se calculan en otro apartado del inventario (*OBP2000*) y no deberían notificarse aquí, para evitar el doble cómputo.

ECUACIÓN 3.3.14
EMISIONES DE N_2O RESULTANTES DE LA ALTERACIÓN ASOCIADA A LA CONVERSIÓN DE TIERRAS FORESTALES, PRADERAS U OTRO TIPO DE TIERRAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$N_2O\text{-}N_{conv} = N_2O_{min\text{-}neta}\text{-}N$$

$$N_2O_{min\text{-}neta}\text{-}N = FE_1 \bullet N_{min\text{-}neta}$$

Donde:

$N_2O\text{-}N_{conv}$ = emisiones de N_2O producidas por la alteración asociada a la conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas u otros tipos de tierras, en kg de N de N_2O año^{-1}

$N_2O_{min\text{-}neta}\text{-}N$ = emisiones adicionales derivadas del cambio de uso de la tierra, en kg de N de N_2O año^{-1}

$N_{min\text{-}neta}$ = N liberado anualmente por mineralización neta de la materia orgánica del suelo por efecto de la alteración, en kg de N año^{-1}

FE_1 = factor de emisión por defecto del IPCC utilizado para calcular las emisiones procedentes de tierras agrícolas derivadas de la adición de N, tanto en forma de fertilizantes minerales como de estiércol o residuos de cultivos, en kg de N de N_2O/kg de N. (El valor por defecto es 0,0125 kg de N de N_2O/kg de N)

Nota: Multiplicar $N_2O\text{-}N_{conv}$ por 44/28 y por 10^{-6} para obtener las emisiones de N_2O en Gg de N_2O año^{-1}

El N liberado por mineralización neta, $N_{min\text{-}neta}$, puede calcularse después de calcular el C mineralizado del suelo durante el mismo período (20 años). El método por defecto se basa en el supuesto de que la relación C:N en la materia orgánica del suelo es constante durante ese período, es decir:

ECUACIÓN 3.3.15
NITRÓGENO ANUAL LIBERADO POR MINERALIZACIÓN NETA DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO COMO CONSECUENCIA DE LA ALTERACIÓN (BASADO EN EL C MINERALIZADO DEL SUELO)

$$N_{min\text{-}neta} = \Delta C_{TTA_{Minerales}} \bullet 1 / \text{relación C:N}$$

Donde:

$N_{min\text{-}neta}$ = N anual liberado por mineralización neta de la materia orgánica del suelo por efecto de la alteración, en kg de N año^{-1}

$\Delta C_{TTA_{Minerales}}$ = valores obtenidos de la Ecuación 3.3.12 (véase también la Sección 3.3.2.2.1.1), aplicados a una superficie de tierra convertida en tierra agrícola (véase la Sección 3.3.2.2.1), en kg de C año^{-1}

relación C:N = relación másica entre el C y el N presentes en la materia orgánica del suelo (MOS), en kg de C (kg de N)$^{-1}$

Nivel 1: Utilizar valores por defecto y un desglose espacial mínimo con las Ecuaciones 3.3.13 y 3.3.14.

Nivel 2: Con las mediciones reales de las relaciones C:N localmente específicos en la MOS mejorarán los cálculos de las emisiones de N_2O tras la conversión.

Nivel 3: El Nivel 3 implica una manera más dinámica de simular las emisiones mediante modelos de procesos, basados en datos localmente específicos, y posiblemente espacialmente explícitos, teniendo presentes las características locales de la conversión de tierras en tierras agrícolas.

3.3.2.3.1.2 Elección del factor emisión

Se necesitan los factores siguientes:

- **FE_1:** Factor de emisión para el cálculo de las emisiones de N_2O procedentes del N del suelo. El valor total por defecto es 0,0125 kg de N de N_2O/kg de N, basado en el factor de emisión general por defecto utilizado para las emisiones de N_2O en el Capítulo 4 (Agricultura) de las *Directrices del IPCC*.
- **El C liberado** se calcula mediante la Ecuación 3.3.3.
- **Relación C:N:** La relación entre el C y el N presentes en la materia orgánica del suelo es, por defecto, 15. Este valor refleja el valor ligeramente mayor de la relación C:N encontrado en los suelos forestales o de pradera, en comparación con los suelos destinados principalmente al cultivo, en que las relaciones C:N suelen situarse entre 8 y 12.

En el recuadro siguiente se exponen diversas maneras de mejorar aún más las estimaciones de las emisiones, por analogía con el texto equivalente de *OBP2000*.

RECUADRO 3.3.1
***BUENA PRÁCTICA* PARA LA OBTENCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DEL PAÍS**

Si son aplicables los métodos de niveles superiores, proceden las consideraciones siguientes:

Una *buena práctica* conlleva la medición de las emisiones de N_2O por categorías de subfuente (por ejemplo, fertilizantes sintéticos (F_{SN}), estiércol de origen animal (F_{EA}), mineralización de residuos de cultivos (F_{RC}) y (en el actual contexto de conversión de tierras en tierras agrícolas), mineralización del N orgánico del suelo ($F_{OS\text{-}min}$).

Para que los factores de emisión de N_2O sean representativos de las condiciones medioambientales y de gestión en el país, las mediciones deberían efectuarse en las principales regiones de cultivo del país, en todas las estaciones y, si procede, en diferentes regiones geográficas y de suelos y para diferentes regímenes de gestión. Factores del suelo tales como la textura, el estado de drenaje, la temperatura o la humedad afectarán a los FE (Firestone y Davidson, 1989; Dobbie *et al*., 1999).

Los modelos de simulación validados, calibrados y bien documentados pueden ser un instrumento útil para desarrollar factores de emisión de N_2O promediados por unidad de superficie basándose en datos de mediciones.

Con respecto al período y la frecuencia de medición, la medición de las emisiones de N_2O debería efectuarse a lo largo de un año (incluidos los períodos de barbecho) y, preferiblemente, durante una serie de años, a fin de reflejar las diferencias del estado del tiempo y de la variabilidad climática interanual. Las mediciones deberían ser frecuentes durante el período inicial tras la conversión de la tierra.

3.3.2.3.1.3 Elección de datos de actividad

S_{conv}: Es necesario conocer la superficie de tierra que se somete a conversión. En el Nivel 1, S_{conv} es un valor único, pero en el Nivel 2 se desglosa por tipos de conversión.

3.3.3 Exhaustividad

Una serie completa de estimaciones de superficies de tierra contiene, como mínimo, el área territorial del país considerada como tierra agrícola durante el período abarcado por los estudios sobre los usos de la tierra u otras fuentes de datos y cuyas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se estiman en el sector de UTCUTS. La superficie total abarcada por la metodología de inventario de las tierras agrícolas es la suma de las tierras que siguen siendo tierras agrícolas y de las tierras convertidas en tierras agrícolas durante ese período de tiempo. La metodología de inventario podría no incluir algunas áreas de tierra agrícola en que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se consideran insignificantes o constantes a lo largo del tiempo, como las tierras agrícolas no boscosas en que no hay cambios de gestión ni de uso de la tierra. Por consiguiente, es posible que la superficie de cultivo total que se estima sea inferior a la superficie total de tierra agrícola del país. En tales casos, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen las diferencias entre la superficie de cultivo que figura en el inventario y la superficie total de cultivo del país. Se sugiere a los países que vigilen a lo largo del tiempo la superficie total de cultivo del país, y que mantengan unos registros transparentes de las partes utilizadas para estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono. Como se ha señalado en el Capítulo 2, las comprobaciones de coherencia deberían abarcar todas las superficies de cultivo, incluidas las que no figuran en el inventario de emisiones, para ayudar a evitar su doble cómputo u omisión. Una vez sumada a las estimaciones de superficie con otros usos de la tierra, la serie de datos de superficie de cultivo permitirá una evaluación completa del acervo de tierras contenidas en el informe de inventario de un país, en el marco del sector de UTCUTS.

Los países que utilicen los métodos del Nivel 2 para los depósitos de biomasa y de suelo en tierras agrícolas deberían detallar más en sus inventarios la serie de datos de superficie de tierra agrícola. Así, por ejemplo, los países podrían necesitar estratificar la superficie de tierra agrícola por tipos de clima y de suelo principales, incluidas las áreas de tierra agrícola inventariadas y no inventariadas. Cuando en el inventario se utilicen áreas de tierra estratificadas, es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones de área tanto para el depósito de la biomasa como para el de los suelos. Con ello, la coherencia y la transparencia estarán aseguradas, se podrá hacer un uso eficaz de los estudios de las tierras y de otros instrumentos para la recopilación de datos, y se podrá establecer un vínculo explícito entre las emisiones y las absorciones de dióxido de carbono en los depósitos de la biomasa y del suelo.

3.3.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Para mantener una serie temporal coherente, es una *buena práctica* que los países lleven registros de las áreas de cultivo utilizadas en los informes de inventario a lo largo del tiempo. Tales registros deberían seguir la

evolución de la superficie de cultivo total incluida en el inventario, subdividida en tierras que siguen siendo tierras agrícolas y tierras convertidas en tierras agrícolas. Se sugiere a los países que incorporen una estimación de la superficie de cultivo total del país. Para asegurarse de que las estimaciones de superficie son tratadas de manera coherente a lo largo del tiempo, las definiciones de uso de la tierra deberían ser claras e invariables. Si se introdujeran modificaciones en las definiciones de uso de la tierra, es una *buena práctica* mantener unos registros transparentes de las modificaciones introducidas. Deberían utilizarse también definiciones coherentes para cada uno de los tipos de tierra agrícola y sistemas de gestión incluidos en el inventario. Además, para facilitar una contabilización adecuada de las emisiones y absorciones de carbono durante varios períodos, podrá utilizarse información sobre el historial de conversiones de las tierras. Aun cuando un país no pueda utilizar datos históricos en sus inventarios actuales, una mejora de las prácticas de inventario actuales que permita seguir la evolución de las conversiones de tierra a lo largo del tiempo será beneficiosa para futuros inventarios.

3.3.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la Sección 3.3 pueden modificarse mediante los cuadros de notificación del Anexo 3A.2. Las estimaciones incluidas en la categoría de tierras agrícolas pueden compararse con las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* como sigue:

- emisiones y absorciones de dióxido de carbono en la biomasa, en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas: Categoría de notificación 5A, Variaciones en la biomasa boscosa;
- emisiones y absorciones de dióxido de carbono en el suelo, en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas: Categoría de notificación 5D del IPCC, Variaciones del carbono del suelo, y
- emisiones y absorciones de dióxido de carbono por efecto de la conversión de tierras en tierras agrícolas: Categoría de notificación 5B del IPCC para los suelos, y Categoría de notificación 5E del IPCC para los gases distintos del CO_2.

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para obtener estimaciones en los inventarios nacionales. Las fuentes de metadatos y de datos utilizadas para estimar factores específicos del país deberían estar documentadas, e ir acompañadas de los valores medios y varianzas de las estimaciones. Las bases de datos y procedimientos utilizados para procesar los datos (p. ej., los programas estadísticos) con objeto de estimar los factores específicos del país deberían archivarse. Los datos de actividad y las definiciones utilizadas para clasificar o totalizar los datos de actividad deberán estar documentados y archivados. Los procedimientos utilizados para clasificar los datos de actividad por tipos de clima y de suelo (para el Nivel 1 y para el Nivel 2) deberán estar claramente documentados. En las metodologías del Nivel 3 que utilicen modelos, la versión del modelo y la identificación deberán estar documentadas. Para utilizar modelos dinámicos será necesario archivar permanentemente copias de todos los archivos de los datos de entrada del modelo, así como del código fuente del modelo y de los programas ejecutables.

3.3.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios

Es una *buena práctica* realizar comprobaciones de control de la calidad y someter a la revisión por expertos externos las estimaciones y datos de los inventarios. Debería prestarse especial atención a las estimaciones específicas del país de los factores de variación de las reservas y de emisión, a fin de que estén basados en datos de alta calidad y en la opinión verificable de expertos.

Según la metodología aplicada a las tierras agrícolas, las comprobaciones de GC/CC pueden consistir en:

Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas: las estimaciones de suelo en tierras agrícolas pueden estar basadas en datos de área que abarquen tanto los cultivos leñosos perennes como los cultivos anuales, mientras que las estimaciones de biomasa están basadas en datos de áreas para los cultivos leñosos perennes solamente. Por lo tanto, las estimaciones de superficie implícitas en las estimaciones de biomasa y de suelo en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas pueden ser diferentes, ya que las estimaciones de biomasa están basadas en un área menor que las de suelo. Ése suele ser el caso, excepto en aquellos países en que las tierras agrícolas están constituidas íntegramente por cultivos leñosos perennes o en que la gestión y el uso de las tierras son constantes en los cultivos anuales.

Tierras convertidas en tierras agrícolas: para este tipo de tierras, los valores totalizados del área de tierra convertida en tierra agrícola deberían ser idénticos en las estimaciones de la biomasa y del suelo. Aunque los depósitos de la biomasa y del suelo pueden desglosarse en diferentes niveles de detalle, para desglosar los datos de área deberían utilizarse las mismas categorías generales.

En todas las estimaciones de la variación de las reservas de carbono en el suelo basadas en los Niveles 1 ó 2, la superficie total debería ser, para cada combinación de tipo de clima-suelo, idéntica para el comienzo ($año_{(0-T)}$) y para el final ($año_{(0)}$) del período de inventario (véase la Ecuación 3.3.4).

3.3.7 Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales, en tierras agrícolas (véase el Cuadro 3.3.4)

Los factores de gestión de las tierras agrícolas se han calculado para regímenes de labranza, de aporte, de barbecho, y de conversión de praderas en tierras forestales. El factor de conversión de uso de la tierra representa la pérdida de carbono resultante después de 20 años de cultivo continuo. Los factores de labranza representan el impacto del cambio de gestión al pasar de un sistema de labranza convencional en el que el suelo está completamente invertido a prácticas de conservación, en particular las de no labranza y de labranza reducida. La primera consiste en sembrar directamente sin labrar el suelo. La labranza reducida no llega a producir una inversión completa de los suelos y suele dejar más del 60% de la superficie del suelo cubierta de residuos, particularmente con los métodos de reja, labranza mínima y en crestas. Los factores de aporte representan el efecto resultante de modificar el aporte de carbono al suelo plantando más cultivos productivos, intensificando el cultivo o aplicando correciones; los factores de aporte abarcan los sistemas de cultivo clasificados como correcciones de nivel bajo, medio, alto, y alto con estiércol. Los factores de aporte bajo representan cultivos de pocos residuos, rotaciones con barbecho, o sistemas de cultivo en que los residuos son quemados o retirados del campo. Los cultivos de nivel de aporte medio son cultivos de cereales en que los residuos son devueltos al campo, o rotaciones sometidas a correcciones orgánicas que de otro modo se considerarían aportes de nivel bajo por efecto de la absorción de residuos. Las rotaciones de alto nivel de aporte están asociadas a cultivos que producen residuos, a cultivos de cubierta vegetal, a barbechos con vegetación mejorados, o a años de cubierta herbácea, por ejemplo en forma de heno o de pasto en la rotación. Los factores de labranza y de aporte representan el efecto sobre las reservas de C después de transcurridos 20 años tras el cambio de gestión. Los factores de barbecho representan el efecto de un apartamiento temporal de las tierras agrícolas en términos de producción para poblarlas de hierba durante un período que puede superar los 20 años.

Los datos han sido sintetizados en modelos lineales de efectos mixtos que tenían en cuenta tanto los efectos fijos como los aleatorios. Los efectos fijos eran la profundidad, el número de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (por ejemplo, labranza reducida frente a ausencia de labranza). Con respecto a la profundidad, los datos no han sido totalizados sino que incluían las reservas de C medidas para cada incremento de profundidad (por ejemplo, de 0 a 5 cm, de 5 a 10 cm, y de 10 a 30 cm) como un punto diferenciado del conjunto de datos. Del mismo modo, los datos de la serie temporal no han sido totalizados, aun cuando las mediciones se efectuaron en las mismas parcelas. Por consiguiente, se utilizaron efectos aleatorios para reflejar la interdependencia entre los datos de la serie temporal y la interdependencia entre los puntos de datos que representan diferentes profundidades para un mismo estudio. Los datos han sido convertidos a logaritmos naturales cuando no se cumplían los supuestos del modelo respecto de la normalidad y la homogeneidad de la varianza (en los cuadros se indican los valores recíprocos). Los factores representan el efecto de la práctica de gestión a los 20 años para los 30 cm superiores del suelo, con la excepción del factor de conversión de uso de la tierra, que representa en promedio la pérdida de carbono a los 20 años o más después del cultivo. Los usuarios de este método de contabilidad del carbono pueden aproximar la variación anual del almacenamiento de carbono dividiendo por 20 la estimación del inventario. Se ha calculado la varianza para cada uno de los factores, y puede utilizarse para construir funciones de distribución de probabilidad con una densidad normal.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7

Agbenin, J.O., y J.T. Goladi. (1997). Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics under continuous cultivation as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizers in the savanna of northern Nigeria. Agriculture, Ecosystems and Environment **63**: págs.17 a 24.

Ahl, C., R.G. Joergensen, E. Kandeler, B. Meyer, y V. Woehler. (1998). Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. Soil and Tillage Research **49**: págs. 93 a 104.

Alvarez R., Russo M.E., Prystupa P., Scheiner J.D., Blotta L. (1998). Soil carbon pools under conventional and no-tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. Agronomy Journal **90**: págs. 138 a 143.

Angers, D.A., M.A. Bolinder, M.R. Carter, E.G. Gregorich, C.F. Drury, B.C. Liang, R.P. Voroney, R.R. Simard, R.G. Donald, R.P. Beyaert, y J. Martel. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. Soil and Tillage Research **41**: págs. 191 a 201.

Angers, D.A., R.P. Voroney, and D. Cote. (1995). Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. Soil Science Society of America Journal **59**: págs. 1311 a 1315.

Baer, S.G., C.W. Rice, y J.M. Blair. (2000). Assessment of soil quality in fields with short and long term enrollment in the CRP. Journal of Soil and Water Convservation **55**: págs. 142 a 146.

Balesdent, J., A. Mariotti, y D. Boisgontier. (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from 13C abundance in maize fields. Journal of Soil Science **41**: págs. 587 a 596.

Barber, R.G., M. Orellana, F. Navarro, O. Diaz, y M.A. Soruco. (1996). Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. Soil and Tillage Research **38**: págs. 133 a 152.

Bauer, A., y A.L. Black. (1981). Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Science Society of America Journal **45**: págs 166 a 1170.

Bayer, C., J. Mielniczuk, T.J.C. Amado, L. Martin-Neto, y S.V. Fernandes. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. Soil and Tillage Research **54**: págs. 101 a 109.

Bayer, C., J. Mielniczuk, L. Martin-Neto, y P.R. Ernani. (2002). Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. Plant and Soil **238**: págs 133 a 140.

Beare MH, Hendrix PF, Coleman DC. (1994). Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. Soil Science Society of America Journal **58**: págs. 777 a 786.

Beyer, L. (1994). Effect of cultivation on physico-chemical, humus-chemical and biotic properties and fertility of two forest soils. Agriculture, Ecosystems and Environment **48**: págs. 179 a 188.

Black, A.L., y D.L. Tanaka. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. Pages 335-342 *in* Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press. Boca Raton, FL.

Bordovsky, D.G., M. Choudhary, y C.J. Gerard. (1999). Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas rolling plains. Soil Science **164**: págs. 331 a 340.

Borin, M., C. Menini, y L. Sartori. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil and Tillage Research **40**: págs. 209 a 226.

Borresen, T., y A. Njos. (1993). Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. 1. Soil properties. Soil and Tillage Research **28**: págs. 97 a 108.

Bowman, R.A., y R.L. Anderson. (2002). Conservation Reserve Program: Effects on soil organic carbon and preservation when converting back to cropland in northeastern Colorado. Journal of Soil and Water Conservation **57**: págs. 121 a 126.

Bremer, E., H.H. Janzen, y A.M. Johnston. (1994). Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. Canadian Journal of Soil Science **74**: págs. 131 a 138.

Burke, I.C., W.K. Lauenroth, y D.P. Coffin. (1995). Soil organic matter recovery in semiarid grasslands: implications for the Conservation Reserve Program. Ecological Applications **5**: págs. 793 a 801.

Buschiazzo, D.E., J.L. Panigatti, y P.W. Unger. (1998). Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. Soil and Tillage Research **49**: págs. 105 a 116.

Buyanovsky, G.A., C.L. Kucera, y G.H. Wagner. (1987). Comparative analysis of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. Ecology **68**: págs. 2023 a 2031.

Buyanovsky, G.A., y G.H. Wagner. (1998). Carbon cycling in cultivated land and its global significance. Global Change Biology **4**: págs. 131 a 141.

Cambardella, C.A., y E.T. Elliott. (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal **56**: págs. 777 a 783.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

Campbell CA, Zentner RP. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid northern Great Plains of Canada. Pages 317-334 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, G. Wen, R.P. Zentner, J. Schoenau, y D. Hahn. (1999). Seasonal trends in selected soil biochemical attributes: Effects of crop rotation in the semiarid prairie. Canadian Journal of Soil Science **79**: págs. 73 a 84.

Campbell CA, Bowren KE, Schnitzer M, Zentner RP, Townley-Smith L (1991) Effect of crop rotations and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black Chernozem. Canadian Journal of Soil Science **71**: págs. 377 a 387.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles, y D. Curtin. (1996). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science **76**: págs. 395 a 401.

Campbell CA, Lafond GP, Moulin AP, Townley-Smith L, Zentner RP. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the sub-humid northern Great Plains of Canada. Pages 297-315 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, B.G. McConkey, D. Curtin, y R.P. Zentner. (1999). Soil quality - effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan. Soil Biology and Biochemistry **31**: págs. 1 a 7.

Campbell, C.A., R.P. Zentner, F. Selles, V.O. Biederbeck, B.G. McConkey, B. Blomert, y P.G. Jefferson. (2000). Quantifying short-term effects of crop rotations on soil organic carbon in southwestern Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science **80**: págs. 193 a 202.

Carter, M.R., H.W. Johnston, y J. Kimpinski. (1988). Direct drilling and soil loosening for spring cereals on a fine sandy loam in Atlantic Canada. Soil and Tillage Research **12**: págs. 365 a 384.

Carter, M.R., J.B. Sanderson, J.A. Ivany, y R.P. White. (2002). Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada **67**: págs. 85 a 98.

Carter, M.R.. (1991). Evaluation of shallow tillage for spring cereals on a fine sandy loam. 2. Soil physical, chemical and biological properties. Soil and Tillage Research **21**: págs. 37 a 52.

Chan, K.Y, y J.A. Mead. (1988). Surface physical properties of a sandy loam soil under different tillage practices. Australian Journal of Soil Research **26**: págs. 549 a 559.

Chan K.Y., Roberts W.P., Heenan D.P. (1992). Organic carbon and associated soil properties of a red Earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. Australian Journal of Soil Research **30**: págs. 71 a 83.

Chaney B.K., D.R.Hodson, M.A.Braim. (1985). The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley. J. Agric. Sci., Camb. **104:** págs. 125 a 133.

Clapp, C.E., R.R. Allmaras, M.F. Layese, D.R. Linden, y R.H. Dowdy. (2000). Soil organic carbon and 13C abundance as related to tillage, crop residue, and nitrogen fertilization under continuous corn management in Minnesota. Soil and Tillage Research **55**: págs. 127 a 142.

Collins, H.P., R.L. Blevins, L.G. Bundy, D.R. Christenson, W.A. Dick, D.R. Huggins, y E.A. Paul. (1999). Soil carbon dynamics in corn-based agroecosystems: results from carbon-13 natural abundance. Soil Science Society of America Journal **63**: págs. 584 a 591.

Corazza E.J. *et al.* (1999). Behavior of different management systems as a source or sink of C-CO_2 in relation to cerrado type vegetation. R.Bras Ci.Solo **23:** págs. 425 a 432.

Costantini, A., D. Cosentino, y A. Segat. (1996). Influence of tillage systems on biological properties of a Typic Argiudoll soil under continuous maize in central Argentina. Soil and Tillage Research **38**: págs. 265 a 271.

Dalal, R.C., P.A. Henderson, y J.M. Glasby. (1991). Organic matter and microbial biomass in a vertisol after 20 año of zero tillage. Soil biology and biochemistry **23**: págs. 435 a 441.

Dalal, R.C., y R.J. Mayer. (1986). Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. Australian Journal of Soil Research **24**: págs. 265 a 279.

Dalal, R.C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a Vertisol. Soil Science Society of America Journal **53**: págs. 1511 a 1515.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

Dick WA, Edwards WM, McCoy EL. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. Págs. 171 a 182 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

Dick, W.A., y J.T. Durkalski. (1997). No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiudalf soil of Northeastern Ohio. Págs. 59 a 71 *in* Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett, y B.A. Stewart, editores. Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press Inc. Boca Raton, FL.

Doran, J.W., E.T. Elliott, y K. Paustian. (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. Soil and Tillage Research **49**: págs. 3 a 18.

Duiker, S.W, y R. Lal. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a luvisol in central Ohio. Soil and Tillage Research **52**: págs. 73 a 81.

Edwards, J.H., C.W. Wood, D.L. Thurlow, y M.E. Ruf. (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. Soil Science Society of America Journal **56**: págs. 1577 a 1582.

Eghball B., L.N. Mielke, D.L. McCallister, y J.W. Doran. (1994). Distribution of organic carbon and inorganic nitrogen in a soil under various tillage and crop sequences. Journal of Soil and Water Conservation **49**: págs. 201 a 205.

Fleige H., K. Baeumer. (1974). Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. Agro-Ecosystems **1:** págs. 19 a 29.

Follett, R.F., E.A. Paul, S.W. Leavitt, A.D. Halvorson, D. Lyon, y G.A. Peterson. (1997). Carbon isotope ratios of Great Plains soils and in wheat-fallow systems. Soil Science Society of America Journal **61**: págs. 1068 a 1077.

Follett, R.F., y G.A. Peterson. (1988). Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. Soil Science Society of America Journal **52**: págs. 141 a 147.

Follett, R.F., E.G. Pruessner, S.E. Samson-Liebig, J.M. Kimble, y S.W. Waltman. (2001). Carbon sequestration under the Conservation Reserve Program in the historic grassland soils of the United States of America. Págs 1 a 14 *in* Lal, R., y K. McSweeney, editores. Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration. SSSA Special Publication. Madison, WI.

Franzluebbers, A.J., y M.A. Arshad. (1996). Water-stable aggregation and organic matter in four soils under conventional and zero tillage. Canadian Journal of Soil Science **76**: págs. 387 a 393.

Franzluebbers, A.J., G.W. Langdale, y H.H. Schomberg. (1999). Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. Soil Science Society of Amercia Journal **63**: págs. 349 a 355.

Franzluebbers, A.J., F.M. Hons, y D.A. Zuberer. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. Soil Science Society of America **59**: págs. 460 a 466.

Freixo, A.A., P. Machado, H.P. dos Santos, C.A. Silva, y F. Fadigas. (2002). Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. Soil and Tillage Research **64**: págs. 221 a 230.

Freitas P.L., Blancaneaux P., Gavinelly E., Larre-Larrouy M.-C., Feller C. (2000). Nivel e natureza do estoque organico de latossols sob diferentes sistemas de uso e manejo, Pesq.agropec.bras. Brasilia **35:** págs. 157 a 170.

Gebhart, D.L., H.B. Johnson, H.S. Mayeux, y H.W. Polley. (1994). The CRP increases soil organic carbon. Journal of Soil and Water Conservation **49**: págs. 488 a 492.

Ghuman, B.S., y H.S. Sur. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. Soil and Tillage Research **58**: págs. 1 a 10.

Girma, T. (1998). Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. Communications in Soil Science and Plant Analysis **29**: págs. 587 a 598.

Graham, M.H., R.J. Haynes, y J.H. Meyer. (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. Soil Biology and Biochemistry **34**: págs. 93 a 102.

Grandy, A.S., G.A. Porter, y M.S. Erich. (2002). Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. Soil Science Society of America Journal **66**: págs. 1311 a 1319.

Gregorich, E.G., B.H. Ellert, C.F. Drury, y B.C. Liang. (1996). Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. Soil Science Society of America Journal **60**: págs. 472 a 476.

Halvorson AD, Vigil MF, Peterson GA, Elliott ET (1997) Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. Págs. 361 a 370 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

Halvorson, A.D., B.J. Wienhold, y A.L. Black. (2002). Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. Soil Science Society of America Journal **66**: págs. 906 a 912.

Hansmeyer, T.L., D.R. Linden, D.L. Allan, y D.R. Huggins. (1998). Determining carbon dynamics under no-till, ridge-till, chisel, and moldboard tillage systems within a corn and soybean cropping sequence. Págs. 93 a 97 *in* Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, y B.A. Stewart, editores. Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press. Boca Raton, FL.

Hao, X., C. Chang, y C.W. Lindwall. (2001). Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. Soil and Tillage Research **62**: págs. 167 a 169.

Harden, J.W., J.M. Sharpe, W.J. Parton, D.S. Ojima, T.L. Fries, T.G. Huntington, y S.M. Dabney. (1999). Dynamic replacement and loss of soil carbon on eroding cropland. Global Biogeochemical Cycles **14**: págs. 885 a 901.

Havlin, J.L., y D.E. Kissel. (1997). Management effects on soil organic carbon and nitrogen in the East-Central Great Plains of Kansas. Págs. 381 a 386 *in* Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, y C.V. Cole, editores. Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press. Boca Raton, FL.

Hendrix PF (1997) Long-term patterns of plant production and soil carbon dynamics in a Georgia piedmont agroecosystem. Págs. 235 a 245 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

Hernanz, J.L., R. Lopez, L. Navarrete, y V. Sanchez-Giron. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. Soil and Tillage Research **66**: págs. 129 a 141.

Hulugalle, N.R. (2000). Carbon sequestration in irrigated vertisols under cotton-based farming systems. Communications in Soil Science and Plant Analysis **31**: págs. 645 a 654.

Hussain, I., K.R. Olson, M.M. Wander, y D.L. Karlen. (1999). Adaption of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. Soil and Tillage Research **50**: págs. 237 a 249.

Ihori, T., I.C. Burke, W.K. Lauenroth, y D.P. Coffin. (1995). Effects of cultivation and abandonment on soil organic matter in Northeastern Colorado. Soil Science Society of America Journal **59**: págs. 1112 a 1119.

Janzen, H.H. (1987). Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations. Canadian Journal of Soil Science **67**: págs. 845 a 856.

Jastrow, J.D., R.M. Miller, y J. Lussenhop. (1998). Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. Soil Biology and Biochemistry **30**: págs. 905 a 916.

Karlen, D.L., A. Kumar, R.S. Kanwar, C.A. Cambardella, y T.S. Colvin. (1998). Tillage system effects on 15-year carbon-based and simulated N budgets in a tile-drained Iowa field. Soil and Tillage Research **48**: págs. 155 a 165.

Karlen, D.L., M.J. Rosek, J.C. Gardner, D.L. Allan, M.J. Alms, D.F. Bezdicek, M. Flock, D.R. Huggins, B.S. Miller, y M.L. Staben. (1999). Conservation Reserve Program effects on soil quality indicators. Journal of Soil and Water Conservation **54**: págs. 439 a 444.

Karlen, D.L., N.C. Wollenhaupt, D.C. Erbach, E.C. Berry, J.B. Swan, N.S. Eash, y J.L. Jordahl. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. Soil and Tillage Research **32**: págs. 313 a 327.

Kushwaha, C.P., S.K. Tripathi, y K.P. Singh. (2000). Variations in soil microbial biomass and n availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. Soil and tillage Research **56**: págs. 153 a 166.

Lal, R., A.A. Mahboubi, y N.R. Fausey. (1994). Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. Soil Science Society of America Journal **58**: págs. 517 a 522.

Lal, R. (1998). Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons of an alfisol in western nigeria. Land Degradation and Development **9**: págs. 259 a 274.

Larney, F.J., E. Bremer, H.H. Janzen, A.M. Johnston, y C.W. Lindwall. (1997). Changes in total, mineralizable and light fraction soil organic matter with cropping and tillage intensities in semiarid southern Alberta, Canada. Soil and Tillage Research **42**: págs. 229 a 240.

Lilienfein J., Wilcke W., Vilela L., do Carmo Lima S., Thomas R., Zech W. (2000). Effect of no-tillage and conventional tillage systems on the chemical composition of soil solid phase and soil solution of brazilian savanna. J. Plant Nutr. Soil Sci. **163**: págs. 411 a 419.

McCarty, G.W., N.N. Lyssenko, y J.L. Starr. (1998). Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. Soil Science Society of America Journal **62**: págs. 1564 a 1571.

Mielke, L.N., J.W. Doran, y K.A. Richards. (1986). Physical environment near the surface of plowed and no-tilled soils. Soil and Tillage Research **7**: págs. 355 a 366.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

Mikhailova, E.A., R.B. Bryant, I.I. Vassenev, S.J. Schwager, y C.J. Post. (2000). Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem. Soil Science Society of America Journal **64**: págs. 738 a 745.

Mrabet R., N. Saber, A. El-brahli, S. Lahlou, F. Bessam. (2001). Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. Soil & Tillage Research **57:** págs. 225 a 235.

Nyborg, M., E.D. Solberg, S.S. Malhi, y R.C. Izaurralde. (1995). Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade. Págs. 93 a 99 *in* Lal, R., J. Kimble, E. Levine, y B.A. Stewart, editores. Advances in Soil Science: Soil Management and Greenhouse effect. CRC Press. Boca Raton, FL.

Parfitt, R.L., B.K.G. Theng, J.S. Whitton, y T.G. Shepherd. (1997). Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. Geoderma **75**: págs. 1 a 12.

Paustian, K. y E.T. Elliott. Unpublished data. Field sampling of long-term experiments in U.S. and Canada for EPA carbon sequestration project.

Pennock, D.J., y C. van Kessel. (1997). Effect of agriculture and of clear-cut forest harvest on landscape-scale soil organic carbon storage in Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science **77**: págs. 211 a 218.

Rhoton FE, Bruce RR, Buehring NW, Elkins GB, Langdale CW, Tyler DD. (1993). Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. Soil and Tillage Research **28**: págs. 51 a 61.

Sherrod, L.A., G.A. Peterson, D.G. Westfall, y L.R. Ahuja. En prensa. Cropping intensification enhances soil organic carbon and nitrogen in a no-till agroecosystem. Soil Science Society of America Journal.

Pierce, F.J. y M.-C. Fortin. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. Págs. 141 a 149 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

Potter, K.N., O.R. Jones, H.A. Torbert, y P.W. Unger. (1997). Crop rotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern Great Plains. Soil Science **162**: págs. 140 a 147.

Potter, K.N., H.A. Torbert, H.B. Johnson, y C.R. Tischler. (1999). Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. Soil Science **164**: págs. 718 a 723.

Powlson D.S. y D.S.Jenkinson. (1982). A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils, J. Agric. Sci. Camb. **97:**págs. 713 a 721.

Rasmussen, P.E, y S.L. Albrecht. (1998). Crop management effects on organic carbon in semi-arid Pacific Northwest soils. Págs. 209 a 219 *in* Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, y B.A. Stewart, editors. Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press. Boca Raton, FL.

Reeder, J.D., G.E. Schuman, y R.A. Bowman. (1998). Soil C and N changes on Conservation Reserve Program lands in the Central Great Plains. Soil and Tillage Research **47**: págs. 339 a 349.

Robles, M.D., y I.C. Burke. (1997). Legume, grass, and conservation reserve program effects on soil organic matter recovery. Ecological Applications **7**: págs. 345 a 357.

Ross, C.W., y K.A. Hughes. (1985). Maize/oats forage rotation under 3 cultivation systems, 1978-83 2. Soil properties. New Zealand Journal of Agricultural Research **28**: págs. 209 a 219.

Sa, J.C.M., C.C. Cerri, W.A. Dick, R. Lal, S.P.V. Filho, M.C. Piccolo, y B.E. Feigl. (2001). Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. Soil Science Society of America Journal **65**: págs. 1486 a 1499.

Saffigna, P.G., D.S. Powlson, P.C. Brookes, y G.A. Thomas. (1989). Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. Soil Biology and Biochemistry **21**: págs. 759 a 765.

Saggar, S., G.W. Yeates, y T.G. Shepherd. (2001). Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. Soil and Tillage Research **58**: págs. 55 a 68.

Sainju, U.M., B.P. Singh, y W.F. Whitehead. (2002). Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. Soil and Tillage Research **63**: págs. 167 a 179.

Salinas-Garcia, J.R., F.M. Hons, y J.E. Matocha. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. Soil Science Society of America Journal **61**: págs. 152 a 159.

Schiffman, P.M., y W.C. Johnson. (1989). Phytomass and detrital carbon storage during forest regrowth in the southeastern United States Piedmont. Canadian Journal of Forest Research **19**: págs. 69 a 78.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

Sidhu, A.S., y H.S. Sur. (1993). Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize-wheat sequence. Tropical Agriculture (Trinidad) **70**: págs. 226 a 229.

Six, J., E.T. Elliot, K. Paustian, y J.W. Doran. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Science Society of America Journal **62**: págs. 1367 a 1377.

Six, J., K. Paustian, E.T. Elliott, y C. Combrink. (2000). Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. Soil Science Society of America Journal **64**: págs. 681 a 689.

Slobodian, N., K. Van Rees, y D. Pennock. (2002). Cultivation-induced effects on belowground biomass and organic carbon. Soil Science Society of America Journal **66**: págs. 924 a 930.

Solomon, D., F. Fritzsche, J. Lehmann, M. Tekalign, y W. Zech. (2002). Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian Highlands: evidence from natural 13C abundance and particle-size fractionation. Soil Science Society of America Journal **66**: págs. 969 a 978.

Sparling, G.P., L.A. Schipper, A.E. Hewitt, y B.P. Degens. (2000). Resistance to cropping pressure of two New Zealand soils with contrasting mineralogy. Australian Journal of Soil Research **38**: págs. 85 a 100.

Stenberg, M., B. Stenberg, y T. Rydberg. (2000). Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil. Applied Soil Ecology **14**: págs. 135 a 145.

Taboada, M.A., F.G. Micucci, D.J. Cosentino, y R.S. Lavado. (1998). Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. Soil and Tillage Research **49**: págs. 57 a 63.

Tiessen, H., J.W.B. Stewart, y J.R. Bettany. (1982). Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. Agronomy Journal **74**: págs. 831 a 835.

Unger PW. (2001). Total carbon, aggregation, bulk density, and penetration resistance of cropland and nearby grassland soils. Págs. 77 a 92 *in*: R. Lal (ed.). Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. SSSA Special Publication No. 57, Madison, WI.

Voroney, R.P., J.A. Van Veen, y E.A. Paul. (1981). Organic C dynamics in grassland soils. 2. Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. Canadian Journal of Soil Science **61**: págs. 211 a 224.

Wander, M.M., M.G. Bidart, y S. Aref. (1998). Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils. Soil Science Society of America Journal **62**: págs. 1704 a 1711.

Wanniarachchi SD, Voroney RP, Vyn TJ, Beyaert RP, MacKenzie AF. (1999). Tillage effects on the dynamics of total and corn-residue-derived soil organic matter in two southern Ontario soils. Canadian Journal of Soil Science **79**: págs. 473 a 480.

Westerhof, R., L. Vilela, M. Azarza, y W. Zech. (1998). Land use effects on labile N extracted with permanganate and the nitrogen management index in the Cerrado region of Brazil. Biology and Fertility of Soils **27**: págs. 353 a 357.

Yang, X.M., y B.D. Kay. (2001). Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. Canadian Journal of Soil Science **81**: págs. 149 a 156.

Yang, X.M., y M.M. Wander. (1999). Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. Soil and Tillage Research **52**: págs. 1 a 9.

Zhang, H., M.L. Thompson, y J.A. Sandor. (1988). Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated Argiudolls and Hapludalfs derived from loess. Soil Science Society of America Journal **52**: págs. 216 a 222.

3.4 PRADERAS

Tal como han sido definidas en el Capítulo 2, las praderas representan aproximadamente la cuarta parte de la superficie terrestre (Ojima *et al*., 1993) y abarcan muy diversos tipos de clima, desde el árido hasta el húmedo. La gestión de las praderas puede ser muy diversa en cuanto a nivel e intensidad, y abarca desde las praderas y sabanas gestionadas extensivamente –donde las tasas de reproducción animal y los regímenes de incendio son las principales variables de gestión– hasta los pastos y henares continuos gestionados intensivamente (p. ej., mediante fertilización, regadío, o cambio de especies). En las praderas suele predominar la vegetación perenne, utilizada sobre todo para pastar, y se diferencian de los "bosques" por tener un dosel arbóreo inferior al umbral utilizado para la definición de bosque.

En las praderas predomina el carbono bajo el suelo, principalmente en las raíces y en la materia orgánica de los suelos. Para un régimen climático dado, las praderas suelen tener un contenido de carbono en el suelo mayor que otros tipos de vegetación. El pastoreo y los incendios son perturbaciones habituales con las que han evolucionado las praderas; por consiguiente, tanto el carbono de la vegetación como el de los suelos son relativamente resistentes a las alteraciones moderadas causadas por los regímenes de pastoreo y de incendio (Milchunas y Lauenroth, 1993). En muchas praderas, los incendios son un factor clave para evitar la invasión de especies leñosas que pueden afectar en gran medida al almacenamiento de carbono en los ecosistemas (Jackson *et al*., 2002).

En las Directrices revisadas del IPCC de 1996 sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*Directrices del IPCC*) se examina la variación de las reservas de carbono en la biomasa y en el suelo para conversiones de uso de la tierra que conviertan praderas para otros usos (p. ej., cultivos), la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto de los cambios de gestión entre pastos mejorados y no mejorados, y las emisiones de CO_2 en humedales drenados por efecto del encalado de los pastos.

La presente publicación complementa las *Directrices del IPCC*:

- Adentrándose en las metodologías necesarias para tratar la variación de las reservas de C en los dos principales depósitos de las praderas: la biomasa viva, y los suelos;
- Incluyendo explícitamente los impactos de las alteraciones naturales y de los incendios de la vegetación en praderas gestionadas; y
- Examinando en todos sus detalles la estimación de la conversión de un uso de la tierra para transformar ésta en pradera.

En la presente sección se ofrecen orientaciones sobre la utilización de metodologías básicas y avanzadas para inventariar y notificar las emisiones y absorciones en praderas que siguen siendo praderas y en tierras convertidas en praderas, respecto de los depósitos de carbono en la biomasa y en el suelo. Se examinan también los métodos aplicables a las emisiones de gases distintos del CO_2. Las metodologías están estructuradas en niveles jerárquicos, de tal modo que los métodos del Nivel 1 utilizan valores por defecto, normalmente con un desglose limitado de los datos sobre áreas. En el Nivel 2 se utilizan coeficientes específicos del país y/o un desglose de las superficiesa escala más fina, que reducirá la incertidumbre de las estimaciones de emisión/absorción. En los métodos del Nivel 3 se utilizan metodologías específicas del país más complejas. Cuando ha sido posible, los valores por defecto de las *Directrices del IPCC* se han actualizado, y se han ofrecido nuevos valores por defecto sobre la base de los resultados más recientes de las investigaciones.

3.4.1 Praderas que siguen siendo praderas

Las reservas de carbono en las praderas permanentes están influidas por las actividades humanas y las alteraciones naturales, en particular la recolección de biomasa boscosa, la degradación de los pastizales, el pastoreo, los incendios, la rehabilitación, la gestión de pastos, etc. La producción anual de biomasa en las praderas puede ser cuantiosa, pero debido a su rápida renovación y eliminación por efecto del pastoreo y de los incendios, las reservas en pie de biomasa sobre el suelo raramente exceden de algunas toneladas por hectárea. Pueden acumularse cantidades mayores en el componente boscoso de la vegetación, en la biomasa de las raíces y en los suelos. El grado de aumento o disminución de las reservas de carbono en cada uno de esos depósitos resultará afectado por prácticas de gestión como las descritas.

En la presente sección se ofrecen orientaciones para estimar la variación de las reservas de carbono en praderas que siguen siendo praderas (PP) para dos depósitos de carbono: biomasa viva, y suelos. En el momento actual no se dispone de información suficiente para desarrollar coeficientes por defecto que permitan estimar el depósito de materia orgánica muerta. La variación anual total de las reservas de carbono en praderas que siguen

siendo praderas será, por consiguiente, la suma de las estimaciones anuales de las variaciones de las reservas de carbono en cada depósito de carbono –biomasa viva y suelo–, como se indica en la Ecuación 3.4.1. Las técnicas de estimación para cada depósito se describen por separado más adelante.

ECUACIÓN 3.4.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP} = \Delta C_{PP_{BV}} + \Delta C_{PP_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{PP} = variación anual de las reservas de carbono en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año^{-1}

C_{PPBV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PP_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año^{-1}

Para convertir toneladas de C en Gg de CO_2 se multiplicará el valor por 44/12 y por 10^{-3}. Con respecto a la convención utilizada (signos), véase la Sección 3.1.7 o el Anexo 3AA.2 (Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

CUADRO 3.4.1
DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

Nivel / Sub-Categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa viva	Se supone que no hay variación de las reservas de carbono	Utilizar valores específicos del país para las tasas de acumulación y absorción, y estudios anuales o periódicos para estimar las superficies de diferentes clases de praderas, por regiones climáticas.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición)
Suelos	Para las variaciones del carbono en suelos minerales, utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima y de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado, utilizar factores de emisión por defecto.	Para los suelos minerales y orgánicos utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición)

3.4.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

Aunque los métodos utilizados para estimar las variaciones de la biomasa son conceptualmente similares para las praderas, las tierras agrícolas y los bosques (descritos en detalle en la Sección 3.2.1.1), las praderas son singulares en varios sentidos. Las praderas están sometidas a frecuentes incendios de la vegetación que pueden influir en el espesamiento de la sabana[1], en la mortalidad y el rebrote, y en la relación raíz-vástago. Otras actividades de gestión, como el descuaje de árboles y de maleza, la mejora de los pastos, la plantación de árboles

[1] El término "espesamiento de la sabana" denota con carácter general un aumento de la densidad y de la biomasa de las especies boscosas en ecosistemas de pradera a lo largo del tiempo por efecto de los cambios de régimen de incendio y/o de pastoreo, y de los cambios de clima. Por ejemplo, en la región sur del centro de los Estados Unidos se estima que el espesamiento de la biomasa boscosa en las praderas ha incrementado las reservas de biomasa en unas 0,7 toneladas m.s. ha^{-1} año^{-1} durante un período de varios años (Pacala *et. al*. 2001).

(silvipastoreo), así como el pastoreo excesivo y la degradación, pueden influir en las reservas de biomasa. Para las especies leñosas de las sabanas (praderas con árboles), las relaciones alométricas difieren de las utilizadas para los bosques, debido al gran número de árboles de tronco múltiple, al elevado número de arbustos y de árboles huecos, a la elevada proporción de árboles muertos en pie, a las altas relaciones raíz-vástago, y a las talas regenerativas.

3.4.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La Ecuación 3.4.2 permite estimar sinópticamente la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas que siguen siendo praderas. Según el nivel que se utilice y la disponibilidad de datos, las praderas pueden desglosarse por tipos, regiones o zonas climáticas.

ECUACIÓN 3.4.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{BV}} = \sum_c \sum_i \sum_m \Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}}$$

Donde:

ΔC_{PPBV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas, sumada para todos los tipos de praderas *i*, zonas climáticas *c* y regímenes de gestión *m*, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva para un tipo específico de pradera *i*, de zona climática *c* y de régimen de gestión *m*, en toneladas de C año^{-1}

El depósito de biomasa viva en praderas incluye las reservas de carbono sobre el suelo y bajo el suelo en la vegetación boscosa y herbácea (hierbas y herbazales). Sin embargo, las reservas de carbono en el componente herbáceo sobre el suelo suelen ser pequeñas y relativamente insensibles a la gestión; por ello, la biomasa de la hierba sobre el suelo se tiene en cuenta únicamente para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 por efecto de la quema. Las reservas de carbono en la biomasa de la hierba bajo el suelo son mayores y más sensibles a los cambios de gestión, por lo que se incluyen en las estimaciones de la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas.

3.4.1.1.1.1 Elección del método

Todos los países deberían tratar de mejorar sus metodologías de inventario y de notificación adoptando el nivel más alto posible en función de las circunstancias del país. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en praderas que lo siguen siendo constituyen una categoría esencial, y cuando las subcategorías de biomasa viva se consideran significativas con arreglo a los principios expuestos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 como ayuda para la elección de un método.

Nivel 1: En las praderas en que las prácticas de gestión son estáticas, las reservas de carbono en la biomasa se encontrarán en un estado aproximadamente estacionario (es decir, la acumulación de carbono derivada del crecimiento vegetal queda aproximadamente compensada por las pérdidas debidas a la descomposición y a los incendios). En las praderas en que los cambios de gestión se producen a lo largo del tiempo (p. ej., por espesamiento de la sabana, por descuaje o tala de árboles/maleza para el pastoreo, por la gestión mejorada de los pastos o por otras prácticas), la variación de las reservas puede ser significativa. Sin embargo, no se dispone de información que permita derivar unas tasas por defecto aplicables en términos generales para la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas para esos regímenes de gestión. Por consiguiente, el supuesto del Nivel 1 es la permanencia de las reservas de carbono en la biomasa viva.

Nivel 2: En el Nivel 2, la variación de las reservas de carbono se estima para la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo en la vegetación boscosa perenne y para la biomasa bajo el suelo en la hierba, como se resume en la Ecuación 3.4.3.

ECUACIÓN 3.4.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}} = (\Delta B_{perenne} + \Delta B_{pasto}) \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva para un tipo de pradera específico *i*, para una zona climática *c* y para un régimen de gestión *m*, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta B_{perenne}$ = variación de la biomasa boscosa perenne sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas m.s. año^{-1}

ΔB_{pasto} = variación de la biomasa subterránea de la hierba, en toneladas m.s. año^{-1}

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Las variaciones de la biomasa viva (Ecuación 3.4.4) pueden estimarse utilizando: a) las tasas anuales de crecimiento y de pérdida (Ecuación 3.4.4), o b) el valor de las reservas de biomasa en dos momentos diferentes (Ecuación 3.4.5).

ECUACIÓN 3.4.4
VARIACIÓN ANUAL EN LA BIOMASA VIVA (METODOLOGÍA BASADA EN LAS TASAS)

$$\Delta B_i = S_i \bullet (C - P)$$

Donde:

ΔB_i = variación anual en la biomasa viva en praderas de tipo *i*, en toneladas m.s. año^{-1}

S_i = superficie de praderas del tipo *i*, en ha

C = crecimiento anual medio de la biomasa, en toneladas m.s. ha-1 año^{-1}

P = pérdida anual media de biomasa, en toneladas m.s. ha-1 año^{-1}

La metodología de las diferencias de biomasa (Ecuación 3.4.5) puede aplicarse cuando los datos sobre las reservas de biomasa se estiman a intervalos de tiempo regulares mediante ciertos tipos de sistemas de inventario nacional. Se calcula la diferencia entre las reservas de biomasa total en dos momentos diferentes. El valor resultante se divide por el número de años transcurridos entre las mediciones, con objeto de obtener una tasa anual de variación en las reservas de biomasa.

ECUACIÓN 3.4.5
VARIACIÓN ANUAL EN LA BIOMASA VIVA (METODOLOGÍA BASADA EN LAS DIFERENCIAS)

$$\Delta B = (B_{t_2} - B_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Donde:

ΔB = variación anual en la biomasa viva, en toneladas m.s. año^{-1}

B_{t_2} = biomasa en el momento t_2, en toneladas m.s.

B_{t_1} = biomasa en el momento t_1, en toneladas m.s.

Los métodos del Nivel 2 se basan en estimaciones específicas del país o de la región de las reservas de biomasa para los principales tipos de praderas y de actividades de gestión, y en estimaciones de la variación de las reservas en función de la actividad de gestión principal (es decir, regímenes de pastoreo y de incendios, gestión de la productividad).

Cualquiera de los dos planteamientos expuestos puede utilizarse para estimar las variaciones de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo. En las praderas establecidas desde hace tiempo, las variaciones de la biomasa se producirán probablemente sólo en respuesta a cambios relativamente recientes (por ejemplo, en los últimos 20 años) de las prácticas de gestión. Por consiguiente, es una *buena práctica* asociar las estimaciones de la variación de la biomasa a determinadas condiciones de gestión, clasificadas si fuera posible por climas y por tipos de pradera. Por ejemplo, cuando se utilice la metodología basada en las tasas, las superficies de praderas semiáridas sometidas a pastoreo intensivo se multiplicará por unos coeficientes (C y P) específicos de las praderas áridas sometidas a pastoreo intensivo. Si se utiliza la metodología basada en las diferencias, las reservas de biomasa se medirán o se estimarán por separado para diferentes tipos de pradera sometidos a regímenes de gestión específicos. Una estratificación de los regímenes de gestión o de las condiciones de las praderas podría incluir categorías tales como: praderas nativas gestionadas extensivamente, praderas con espesura boscosa, praderas que experimentan degradación moderada y severa, praderas gestionadas intensivamente y mejoradas (véanse las condiciones de gestión definidas en la Sección 3.4.1.2, Variación de las reservas de carbono en el suelo).

Mientras que las Ecuaciones 3.4.4 y 3.4.5 pueden utilizarse para estimar directamente la variación de las reservas de biomasa bajo el suelo, las reservas de biomasa bajo el suelo suelen aproximarse mediante factores de expansión aplicados a las reservas de biomasa sobre el suelo. Tales factores de expansión son relaciones entre la biomasa bajo el suelo y sobre el suelo, conocidos también como relaciones raíz-vástago. Las relaciones pueden variar en función del tipo de pradera, de la región climática o de la actividad de gestión. La Ecuación 3.4.6

indica la manera de estimar las reservas totales de biomasa (sobre el suelo y bajo el suelo). Obsérvese que la biomasa sobre el suelo (B_{SS}) deberá estimarse en primer lugar para, seguidamente, aplicarla a la Ecuación 3.4.6. Para estimar la variación de las reservas de biomasa a lo largo del tiempo pueden utilizarse, en las Ecuaciones 3.4.5, las reservas totales de biomasa (B_{Total}), las reservas de biomasa bajo el suelo (B_{BS}), o las reservas de biomasa sobre el suelo (B_{SS}) de la Ecuación 3.4.6.

ECUACIÓN 3.4.6
BIOMASA TOTAL

$$B_{Total} = B_{SS} + B_{BS}$$

y

$$B_{BS} = B_{SS} \bullet R$$

Donde:

B_{Total} = biomasa total, incluida la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas m.s.

B_{SS} = biomasa sobre el suelo, en toneladas m.s.

B_{BS} = biomasa bajo el suelo, en toneladas m.s.

R = relación raíz-vástago, sin dimensiones

Nivel 3: En el Nivel 3 se utilizan sistemas de inventario basados en un muestreo estadístico de las reservas de carbono a lo largo del tiempo y/o en modelos de procesos, estratificados por climas, por tipos de pradera y por regímenes de gestión. Así, por ejemplo, para estimar la variación neta de las reservas de carbono en la biomasa de praderas a lo largo del tiempo pueden utilizarse modelos de crecimiento específicos de la especie y validados que incorporen efectos de la gestión, como la intensidad de pastoreo, los incendios o la fertilización, junto con los correspondientes datos sobre las actividades de gestión. Los modelos pueden utilizarse junto con estimaciones periódicas de las reservas, basadas en muestreos, similares a las utilizadas en los inventarios detallados de los bosques, para estimar la variación de las reservas del mismo modo que en la Ecuación 3.4.5, a fin de efectuar extrapolaciones espaciales en superficies de praderas.

3.4.1.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: En el Nivel 1 se supone por defecto que las reservas de biomasa no varían. Por consiguiente, no se proporcionan factores de emisión/absorción por defecto.

Nivel 2: Se dispone de ciertos datos como ayuda para realizar las estimaciones en el Nivel 2. Los factores necesarios para realizar una estimación en el Nivel 2 son: crecimiento (C) y pérdida (P) de biomasa, o reservas de biomasa en momentos diferentes (B_t, B_{t-1}), y factores de expansión respecto de la biomasa bajo el suelo.

La metodología basada en las tasas (Ecuación 3.4.4) conlleva la obtención de las tasas de pérdida (es decir, P en la Ecuación 3.4.4) para la biomasa boscosa (p. ej., pérdidas por recolección o por descuaje de arbustos) y para la biomasa bajo el suelo de las especies herbáceas (p. ej., por efecto de la degradación de los pastos), y de las tasas de crecimiento neto (p. ej., por espesamiento de la sabana o por mejoras en los pastos) de la biomasa boscosa y bajo el suelo (C en la Ecuación 3.4.4). Para desarrollar los coeficientes de crecimiento y pérdida de carbono a partir de los valores notificados de las reservas de carbono se necesitan estimaciones en al menos dos momentos diferentes. Se calcula seguidamente la variación de las reservas de carbono entre esos dos momentos, y la cantidad obtenida se divide por el número de años de dicho período, con objeto de obtener una tasa anual. Las tasas de variación deberían estimarse en respuesta a los cambios de determinadas actividades de gestión/uso de la tierra (p. ej., fertilización de pastos, descuaje de matorrales, espesamiento de la sabana). Los resultados de las investigaciones *in situ* se compararán con las estimaciones de crecimiento y pérdida de carbono obtenidas de otras fuentes, para verificar que se encuentran en los intervalos de valores documentados. Las tasas de crecimiento y pérdida de carbono notificadas podrán modificarse si se cuenta con datos adicionales y con la opinión de expertos, siempre y cuando en el informe del inventario se incluyan una justificación clara y una documentación. (Nota: Es importante que, al obtener la estimación de las tasas de acumulación de biomasa, se tenga presente que la variación neta de las reservas de biomasa se producirá principalmente en los primeros años (p. ej., 20 años) tras los cambios de gestión. Transcurrido ese tiempo, las reservas de biomasa tenderán a un nuevo nivel de estado estacionario, y habrá muy pocos cambios o ninguno de las reservas de biomasa a menos que vuelvan a cambiar las condiciones de gestión).

Para la Ecuación 3.4.5 son necesarios datos específicos de la región o del país sobre las reservas de biomasa a lo largo del tiempo. Los datos se pueden obtener mediante diversos métodos, y en particular estimando la densidad (cobertura de copas) de la vegetación boscosa a partir de fotos aéreas (o de imágenes satelitales de alta resolución) y de parcelas de medición sobre el terreno. La composición de especies, la densidad y la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo pueden variar ampliamente para diferentes tipos y condiciones de praderas; por ello, lo más eficaz podría ser estratificar las actividades de muestreo y de reconocimiento por tipos de praderas.

El Capítulo 5 contiene orientaciones generales sobre las técnicas de reconocimiento y muestreo para los inventarios de biomasa (Sección 5.3).

En el Cuadro 3.4.2 figuran estimaciones por defecto de las reservas de biomasa sobre el suelo y de la productividad anual sobre el suelo. Se trata de valores promediados a escala mundial por principales zonas climáticas, y no está previsto utilizarlos en las estimaciones de la variación de las reservas de biomasa en el Nivel 2, sino que pueden servir como valores por defecto para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema (véase la Sección 3.4.1.3), y para efectuar una comparación de primer orden con las estimaciones de reservas de biomasa obtenidas de los países.

CUADRO 3.4.2
ESTIMACIONES POR DEFECTO DE LA BIOMASA EN PIE EN PRADERAS (EN FORMA DE MATERIA SECA) Y DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA SOBRE EL SUELO, CLASIFICADAS POR ZONAS CLIMÁTICAS DEL IPCC

Zona climática del IPCC	Biomasa viva sobre el suelo máxima (en toneladas m.s. ha^{-1})			Producción primaria neta sobre el suelo (PPNSS) (en toneladas m.s. ha^{-1} $año^{-1}$)		
	Promedio	Nº de estudios	Error[1]	Promedio	Nº de estudios	Error[1]
Boreal – Seca y muy húmeda[2]	1,7	3	± 75%	1,8	5	± 75%
Templada fría – Seca	1,7	10	± 75%	2,2	18	± 75%
Templada fría – Muy húmeda	2,4	6	± 75%	5,6	17	± 75%
Templada cálida – Seca	1,6	8	± 75%	2,4	21	± 75%
Templada cálida – Muy húmeda	2,7	5	± 75%	5,8	13	± 75%
Tropical – Seca	2,3	3	± 75%	3,8	13	± 75%
Tropical – Húmeda y muy húmeda	6,2	4	± 75%	8,2	10	± 75%

Los datos sobre la biomasa viva en pie han sido compilados a partir de promedios multianuales notificados en praderas registradas en la base de datos de productividad primaria neta (PPN) del DAAC del ORNL [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/npp_site.html]. Las estimaciones de la producción primaria sobre el suelo provienen de: Olson, R. J., J. M. O. Scurlock, S. D. Prince, D. L. Zheng, y K. R. Johnson (eds.). 2001. NPP Multi-Biome: NPP and Driver Data for Ecosystem Model-Data Intercomparison. Las fuentes están disponibles en línea en [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/EMDI_des.html]).

[1] Representa una estimación nominal de error, equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

[2] Debido al escaso volumen de datos, se combinaron las zonas seca y húmeda para el régimen de temperatura boreal con las zonas húmeda y muy húmeda para el régimen de temperatura tropical.

La estimación de la biomasa bajo el suelo puede ser un componente importante de los estudios sobre la biomasa en praderas, pero las mediciones *in situ* son laboriosas y difíciles, por lo que frecuentemente se utilizan factores de expansión para estimar la biomasa bajo el suelo a partir de la biomasa sobre el suelo. Las adaptaciones a los incendios y al pastoreo han arrojado relaciones raíz-vástago más elevadas que en muchos otros ecosistemas; por ello, no es posible aplicar los factores de expansión de biomasa basados en los bosques sin modificarlos. Las relaciones raíz-vástago presentan una amplia gama de valores tanto a nivel de especie (p. ej., Anderson *et al*., 1972) como de comunidad (p. ej., Jackson *et al*., 1996; Cairns *et al.*, 1997). Por ello, se recomienda utilizar, en la medida de lo posible, relaciones raíz-vástago obtenidas empíricamente, que sean específicas de una región o de un tipo de vegetación. En el Cuadro 3.4.3 se ofrecen relaciones raíz-vástago por defecto para los principales ecosistemas de praderas del mundo; tales datos pueden utilizarse como valores por defecto cuando los países no dispongan de información más específica a nivel regional para desarrollar relaciones específicas del país. Se incluyen también las relaciones correspondientes a los bosques/sabanas y a las tierras de arbustos para que los utilicen los países que incluyen esas tierras en la sección de praderas de sus inventarios.

Nivel 3: En las metodologías del Nivel 3 basadas, por ejemplo, en una combinación de modelos dinámicos y de mediciones de inventario de la variación de las reservas de biomasa, los factores de variación de las reservas o de emisión simples no se utilizan *per se*. Las estimaciones de las emisiones/absorciones mediante metodologías basadas en modelos se obtienen de la interacción de múltiples ecuaciones que permiten estimar la variación neta de las reservas de biomasa en los modelos. Para seleccionar el modelo apropiado, un criterio clave es que pueda representar todas las prácticas de gestión representadas en los datos de actividad. Es esencial validar el modelo mediante observaciones independientes efectuadas en terrenos específicos del país o de la región, que sean representativas de la variabilidad del clima, del suelo y de los sistemas de gestión de las praderas del país.

CUADRO 3.4.3
FACTORES DE EXPANSIÓN POR DEFECTO (RELACIONES RAÍZ-VÁSTAGO [R:V])
PARA LOS PRINCIPALES ECOSISTEMAS DE SABANA/PASTIZALES DEL MUNDO

	Tipo de vegetación	Zona climática aproximada del IPCC [1]	Cociente R:V	N	Error[2]
Pradera	Estepa/tundra/pradera	Boreal (seca y muy húmeda), muy húmeda templada fría, muy húmeda templada cálida	4,0	7	± 150%
	Pradera semiárida	Seca (templada fría, templada cálida y tropical)	2,8	9	± 95%
	Pradera subtropical/tropical	Tropical húmeda y muy húmeda	1,6	7	± 130%
Otros	Bosques/sabana		0,5	19	± 80%
	Tierra de arbustos		2,8	9	± 144%

[1] Los datos de la fuente están clasificados por tipos de biomasa de pradera, por lo que la correspondencia con las zonas climáticas del IPCC es aproximada.

[2] Las estimaciones de error se indican como el doble de la desviación estándar, expresado como porcentaje de la media.

3.4.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad de esta sección remiten a estimaciones de superficies de tierra (S_i) de praderas durante mucho tiempo (es decir, no convertidos recientemente a ese uso de la tierra). Además, los países tendrán que estimar la superficie quemada cada año para poder estimar las emisiones de gases distintos del CO_2. El Capítulo 2 contiene orientaciones generales sobre las metodologías que permiten obtener y clasificar las superficies por diferentes clases de uso de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente, los países tendrán que obtener estimaciones de superficie para las praderas, adecuadamente desglosadas para que se correspondan con los factores de emisión y otros parámetros disponibles. Dado que el Nivel 1 no presupone ninguna variación neta de la biomasa de las praderas por crecimiento y pérdida, no es necesario desarrollar datos de actividad en ese nivel, excepto para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 asociadas a la quema (Sección 3.4.1.3). Las orientaciones siguientes permiten obtener datos de actividad para los métodos de los Niveles 2 y 3.

Los estudios anuales o periódicos se utilizan, junto con las metodologías descritas en el Capítulo 2, para estimar la superficie de tierra anual media de praderas. Las estimaciones de superficie se subdividen después en regiones climáticas generales y en prácticas de gestión para que concuerden con los valores C y P. Para estimar la superficie de praderas pueden utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC*, u otras fuentes que permitan estimar ese valor. La superficie de praderas quemadas puede estimarse si se conoce en promedio la frecuencia de quema para diferentes tipos de pradera, o a partir de evaluaciones más exactas, como las que se sirven de la teledetección para inventariar superficiesquemadas.

Para mejorar las estimaciones se utilizan estudios detallados anuales o periódicos a fin de estimar las superficies de praderas, estratificadas por tipos de pradera, por regiones climáticas y por regímenes de gestión. Cuando se disponga sólo parcialmente de datos específicos del país de resolución más fina, se sugiere a los países que extrapolen al conjunto de praderas registradas, utilizando supuestos razonables basados en la máxima información de que se disponga.

En el Nivel 3 es necesario desglosar los datos de actividad de alta resolución a escalas desde subnacional hasta de retícula fina. Al igual que en el Nivel 2, la superficie de tierra se clasifica en tipos de praderas específicos por climas principales y por categorías de gestión. Cuando sea posible, se utilizarán estimaciones de superficie espacialmente explícitas para facilitar una cobertura completa de las praderas y asegurarse de que no se sobreestiman ni se subestiman las superficies. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden relacionarse con las correspondientes tasas de acumulación y absorción de carbono a nivel local, y con el impacto de la reposición de reservas y de la gestión, mejorando con ello la exactitud de las estimaciones.

3.4.1.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Dado que el Nivel 1 presupone una variación nula de la biomasa de las praderas, no tiene sentido desarrollar estimaciones de incertidumbre en esas metodologías. Las orientaciones siguientes permitirán desarrollar estimaciones de incertidumbre para los métodos de los Niveles 2 y 3.

Algunas fuentes de incertidumbre son: el grado de exactitud de las estimaciones de superficie de tierra (S_i), la fracción de superficie de tierra quemada ($f_{quemada,i}$), el aumento y la pérdida de carbono (C y P), las reservas de carbono (B), y el factor de expansión (FE). Es una *buena práctica* calcular estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, error típico, o intervalos de error) para cada uno de esos términos definidos para el país, y utilizar dichas estimaciones para una evaluación de incertidumbre básica. Las estimaciones de incertidumbre por defecto proporcionadas en el Cuadro 3.4.3 pueden utilizarse para los factores de expansión de la biomasa.

Las metodologías del Nivel 2 pueden utilizar también datos de actividad de alta resolución, como estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de gestión de praderas en territorio nacional. Los datos de resolución más fina reducirán los niveles de incertidumbre cuando estén asociados a los factores de acumulación de carbono definidos para esos conjuntos de tierras a escala más fina.

Esta información puede utilizarse, con cierto grado de incertidumbre, en las estimaciones de superficie del Capítulo 2 para evaluar la incertidumbre de la estimación de las emisiones y absorciones de carbono en la biomasa de las praderas utilizando la metodología del Nivel 1 para un análisis de incertidumbre del Capítulo 5.2 (Identificación y cuantificación de la incertidumbre).

3.4.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3.4.1.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Las *Directrices del IPCC* proporcionan métodos para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 en los suelos por efecto de los usos y la gestión de la tierra (Sección 5.3), que pueden aplicarse a todos los usos de la tierra, incluido el de pradera. La metodología tiene en cuenta la variación de las reservas de carbono orgánico (emisiones o absorciones de CO_2) para los suelos minerales, las emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos (es decir, suelos de turba o de detritus orgánicos) convertidos en pastos, y las emisiones de CO_2 procedentes del encalado del suelo de las praderas.

Con respecto a la variación de las reservas de carbono en suelos minerales, en las *Directrices del IPCC* se definen las reservas de carbono en el suelo como el carbono orgánico incorporado a los horizontes de suelo mineral hasta una profundidad de 30 cm, sin incluir el C de los residuos de superficie (es decir, la materia orgánica muerta) o las variaciones del carbono inorgánico (es decir, los minerales carbonatados). En la mayoría de los suelos de pradera, los residuos de superficie representan un volumen de reservas de carbono menor que el suelo.

La Ecuación sinóptica 3.4.7 permite estimar la variación de las reservas de carbono en los suelos:

ECUACIÓN 3.4.7
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{Suelos}} = \Delta C_{PP_{Minerales}} - \Delta C_{PP_{Orgánicos}} - \Delta C_{PP_{Encalado}}$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PP_{Orgánicos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos en praderas que siguen siendo praderas (estimadas como flujo anual neto), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PP_{Encalado}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado de praderas, en toneladas de C año^{-1}

En los métodos de los Niveles 1 y 2, la variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta y de carbono inorgánico deberían suponerse nulas. Si se incluye la materia orgánica muerta en el Nivel 3, las mediciones deberían estar basadas en las cantidades más bajas presentes durante un ciclo anual para no incluir material vegetal recientemente envejecido que represente un depósito de materia orgánica transitorio. La selección del nivel más adecuado dependerá de: i) la disponibilidad y grado de detalle de los datos de actividad con respecto a la gestión de la tierra y a los cambios de gestión a lo largo del tiempo, ii) la disponibilidad de información adecuada para estimar las reservas y la variación de las reservas de C básicas y los factores de emisión, y iii) la disponibilidad de sistemas de inventario nacionales especialmente ideados para suelos.

Todos los países deberían tratar de mejorar sus métodos de inventario y de notificación escogiendo el nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en praderas que siguen siendo praderas constituyan una categoría esencial, y cuando la subcategoría de materia orgánica en el suelo se considere significativa con arreglo a los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 como ayuda para la elección de método.

3.4.1.2.1.1 Elección del método

El método que se utiliza para estimar la variación de las reservas de carbono en suelos minerales es distinto del que se utiliza para los suelos orgánicos. Es también posible que los países utilicen niveles diferentes para

elaborar estimaciones de los distintos componentes de esta subcategoría, en función de los recursos disponibles. Así, los suelos minerales, los suelos orgánicos y las emisiones procedentes del encalado se examinan a continuación por separado.

Suelos minerales

Para los suelos minerales, el método de estimación se basa en la variación de las reservas de C en el suelo durante un período finito tras un cambio de gestión que influya en el C del suelo, como se indica en la Ecuación 3.4.8. El valor anterior de las reservas de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) y el valor en el año de inventario (COS_0) para una superficie de pradera del inventario se estiman a partir de las reservas de carbono de referencia (Cuadro 3.4.4) y de los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.4.5), aplicados a los momentos respectivos. En este contexto, un sistema de pradera se entiende como una combinación específica de clima, suelo y gestión. Las tasas anuales de emisión (fuentes) o absorción (sumideros) se calculan como la diferencia de las reservas (a lo largo del tiempo), dividida por el período de inventario. El período por defecto es 20 años.

ECUACIÓN 3.4.8
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES PARA UN SOLO SISTEMA DE PRADERA

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S\ ] / T$$

$$COS = COS_{REF} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año^{-1}

COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha^{-1}

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de cada parcela, en ha

COS_{REF} = reservas de carbono de referencia, en toneladas de C ha^{-1}; véase el Cuadro 3.4.4

F_{UT} = factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.4.5

F_{RG} = factor de variación de las reservas para un régimen de gestión, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.4.5

F_E = factor de variación de las reservas para el aporte de materia orgánica, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.4.5

Los tipos de factores de uso de la tierra y de gestión proporcionados están definidos a grandes rasgos, y abarcan: 1) un factor de uso de la tierra (F_{UT}) que refleje los niveles de reservas de C en relación con los ecosistemas nativos; 2) un factor de gestión (F_{RG}) que represente categorías generales de praderas mejoradas y degradadas; y 3) un factor de aporte (F_E) que represente diferentes niveles de aporte de C al suelo, que se aplica sólo en praderas mejoradas. Si el área de tierra estaba destinada a otros usos (p. ej., tierra forestal, tierras agrícolas) al comienzo del período de inventario, se aplicarán las orientaciones indicadas en la Sección 3.4.2, Tierras convertidas en praderas.

El cálculo para determinar COS_0 y $COS_{(0-T)}$ y la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha de tierra se desarrolla en las etapas siguientes:

Etapa 1: Seleccionar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), basándose en el clima y en el tipo de suelo, para cada superficie de pradera que se someta a inventario.

Etapa 2: Seleccionar la forma de gestión de la pradera (F_{RG}) presente al comienzo del período de inventario (p. ej., hace 20 años) y el nivel de aporte de C (F_E). Estos factores, multiplicados por el valor de referencia de las reservas de C en el suelo, proporcionan la estimación del valor "inicial" de las reservas de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) para el período de inventario. Obsérvese que para las praderas que siguen siendo praderas, el factor de uso de la tierra (F_{UT}) es siempre igual a 1.

Etapa 3: Calcular COS_0 repitiendo la Etapa 2 y utilizando el mismo valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), y F_{UT} = 1, pero con unos factores de gestión y de aporte que representen las condiciones en el año de inventario (año actual).

Etapa 4: Calcular en promedio la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario ($\Delta C_{PP_{Minerales}}$)

Ejemplo: Para un suelo de tipo ultisol en un clima húmedo tropical, COS_{Ref} (0-30 cm) es igual a 47 toneladas de C ha^{-1}. En un régimen de gestión que produzca un pasto no mejorado, moderadamente sobrepastado, las reservas de carbono en el suelo al comienzo del período de inventario (el valor por defecto es igual a 20 años antes) será igual a (COS_{Ref} ● F_{UT} ● F_{RG} ● F_E) = 47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 0,97 ● 1 = 45,6 toneladas de C ha^{-1}. El régimen de pastos mejorados con adición de fertilizantes (F_{RG} = 1,17) es el régimen de gestión en el año de inventario (año actual), y arroja una estimación de las reservas de carbono en el suelo igual a 47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 1,17 ● 1 = 55 toneladas de C ha^{-1}. Así, el promedio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario se calcula como sigue: (55 toneladas de C ha^{-1} – 45,6 toneladas de C ha^{-1}) / 20 años = 0,47 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan valores de referencia por defecto de las reservas de carbono y factores de variación de las reservas (como se indica en la Ecuación 3.4.8) para los principales sistemas de praderas de un país, estratificados con arreglo a los tipos de suelo y de clima por defecto (Ecuación 3.4.9). Para la superficie total de praderas que siguen siendo praderas, la variación de las reservas puede calcularse o bien siguiendo la evolución de los cambios de gestión y calculando las variaciones de reservas en determinadas parcelas de tierra (Ecuación 3.4.9A), o bien calculando el valor global de las reservas de carbono en el suelo al comienzo y al final del período de inventario, a partir de datos más generales sobre la distribución superficial de los sistemas de praderas (Ecuación 3.4.9B). Los resultados globales serán los mismos en cualquiera de los dos métodos, que se diferencian principalmente en que para atribuir los efectos de determinados cambios de gestión son necesarios datos de actividad que sigan la evolución de los cambios de gestión en determinadas superficies de tierra. Los valores por defecto para este cálculo se describen en la Sección 3.4.1.2.1.2.

ECUACIÓN 3.4.9
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES EN LA TOTALIDAD DE PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = \sum_c \sum_s \sum_i [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S]_{c,s,i} / T \qquad A)$$

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = \sum_c \sum_s \sum_i (COS_0 \bullet S)_{c,s,i} - \sum_c \sum_s \sum_i (COS_{(0-T)} \bullet A)_{c,s,i} / T \qquad B)$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C $año^{-1}$

COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha^{-1}

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de tierra de cada parcela, en ha

c representa las zonas climáticas, *s* los tipos de suelo, e *i* el conjunto de los principales tipos de praderas presentes en un país.

Ejemplo: El ejemplo siguiente ilustra el cálculo del valor total de las superficies en que varían las reservas de carbono en suelos de pradera, mediante la Ecuación 3.4.9B. En un clima húmedo tropical, con suelos de tipo ultisol, hay 1 Mha de praderas permanentes. El valor de referencia de las reservas de carbono nativo (COS_{Ref}) para ese clima/tipo de suelo es igual a 47 toneladas de C ha^{-1}. Al comienzo del período de cálculo del inventario (es decir, 20 años antes), la distribución de los sistemas de pradera representaba 500.000 ha de praderas nativas sin gestionar, 400.000 ha de tierras de pastoreo no mejoradas, moderadamente degradadas, y 100.000 ha de praderas muy degradadas. Así, el valor inicial de las reservas de carbono en el suelo para esa superficie era la siguiente: 500.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 1 ● 1) + 400.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 0,97 ● 1) + 100.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 0,7 ● 1) = 45,026 millones de toneladas de C. En el año de inventario (actual) hay: 300.000 ha de praderas nativas no gestionadas, 300.000 ha de tierras de pastoreo no mejoradas, moderadamente degradadas, 200.000 ha de pradera muy degradada, 100.000 ha de pastos mejorados que reciben fertilizantes, y 100.000 ha de pastos muy mejorados que reciben fertilizantes y riego. Así, las reservas totales de carbono en el suelo en el año de inventario son: 300.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 1 ● 1) + 300.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 0,97 ● 1) + 200.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 0,7 ● 1) + 100.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 1,17 ● 1) + 100.000 ha ● (47 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 1,17 ● 1,11) = 45,960 millones de toneladas de C. El promedio de la variación anual de las reservas durante el período dado para la totalidad de la superficie es: (45,960 – 45,026) millones de toneladas de carbono abreviado/20 años = 0,934 millones de toneladas/20 años = 46,695 toneladas por año de aumento de las reservas de C en el suelo.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan las mismas ecuaciones básicas que en el Nivel 1, aunque con valores específicos del país para las reservas de carbono de referencia y/o los factores de variación de las reservas. Además, las metodologías del Nivel 2 conllevarán probablemente una estratificación más detallada de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3, basadas en una combinación de modelos dinámicos y de mediciones detalladas de inventario sobre la variación de las emisiones/reservas de C en el suelo, probablemente no utilizarán *per se* factores simples de variación de las reservas o de emisiones. La estimación de las emisiones mediante metodologías basadas en modelos se obtiene de la interacción de múltiples ecuaciones que estiman la variación neta de las reservas de C en el suelo en los modelos. Existen diversos modelos diseñados para simular la dinámica del carbono en los suelos (véanse, por ejemplo, las revisiones de McGill *et al*., 1996; Smith *et al*., 1997).

Para seleccionar un modelo apropiado, es un criterio clave que el modelo pueda representar todas las prácticas de gestión representadas y que los aportes al modelo (es decir, las variables determinantes) sean compatibles con la disponibilidad de datos de aporte para todo el país. Es esencial validar el modelo mediante observaciones independientes obtenidas en lugares específicos del país o de la región que sean representativos de la variabilidad del clima, del suelo y de los sistemas de gestión del país. Algunos ejemplos de conjuntos de datos de validación apropiados son los experimentos de larga duración en praderas (p. ej., Conant *et al*., 2001) o las mediciones durante largos períodos del flujo de carbono en ecosistemas para los sistemas de pradera, utilizando técnicas tales como la covarianza de turbulencia (Baldocchi *et al*., 2001). En términos ideales, un sistema de inventario de parcelas de praderas permanentes, estadísticamente representativas, que abarque las principales regiones climáticas, tipos de suelo, sistemas de gestión y cambios de sistema, se aplicaría en aquellos casos en que pudieran efectuarse mediciones repetidas de las reservas de carbono en el suelo a lo largo del tiempo. Las frecuencias de remuestreo recomendadas en la mayoría de los casos no serán inferiores a entre 3 y 5 años (IPCC, 2000b). Cuando sea posible, se realizarán mediciones de las reservas de carbono en el suelo en términos de equivalente en masa (p. ej., Ellert *et al*., 2001). Se aplicarán procedimientos que reduzcan al mínimo la influencia de la variabilidad espacial cuando el muestreo se repita a lo largo del tiempo (por ejemplo, Conant y Paustian, 2002a). Tales mediciones de inventario podrían integrarse con una metodología basada en modelos de procesos.

Suelos orgánicos

La metodología para estimar la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos utilizada para las praderas gestionadas consiste en asignar una tasa de pérdida anual de C por efecto del drenaje y de otras perturbaciones de la gestión al adaptar los suelos a praderas gestionadas[2]. El drenaje y las prácticas de gestión de los pastos estimulan la oxidación de la materia orgánica previamente constituida en un entorno muy anóxico (aunque las tasas de emisión son menores que para las tierras agrícolas anuales cuando la labranza repetida estimula aún más la descomposición). La superficie de suelos orgánicos de pradera para cada tipo climático se multiplica por el factor de emisión para obtener una estimación de las emisiones de C anuales, como se indica en la Ecuación 3.4.10:

ECUACIÓN 3.4.10
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{Orgánicos}} = \sum_c (S \bullet FE)_c$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Orgánicos}}$ = emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados en praderas que siguen siendo, praderas en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de suelos orgánicos para el tipo de clima *c*, en ha

FE = factor de emisión para el tipo de clima *c* (véase el Cuadro 3.4.6), en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

Nivel 1: En el Nivel 1, los factores de emisión por defecto (Cuadro 3.4.6) se utilizan junto con las estimaciones de superficie en suelos orgánicos gestionados como praderas, para cada región climática presente en el país (Ecuación 3.4.10). Pueden obtenerse estimaciones de superficie utilizando las orientaciones del Capítulo 2.

Nivel 2: El Nivel 2 está basado en la Ecuación 3.4.10, en que los factores de emisión se estiman a partir de datos específicos del país, estratificados por regiones climáticas, como se describe en la Sección 3.4.1.2.1.2. Las estimaciones de superficie se obtendrán con arreglo a las orientaciones del Capítulo 2.

[2] Las praderas naturales de tipo 'humedal' que pueden utilizarse para el pastoreo estacional pero que no han sido drenadas artificialmente no deberían incluirse en esta categoría.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 para los suelos orgánicos incluirán sistemas más detallados que integren modelos dinámicos y redes de mediciones, como se ha descrito anteriormente para los suelos minerales.

Encalado

En las *Directrices del IPCC* se examina la aplicación de carbonatos que contienen cal (p. ej., caliza cálcica ($CaCO_3$) o dolomita $CaMg(CO_3)_2$) a los suelos como fuente de emisiones de CO_2. En algunas regiones húmedas se aplica periódicamente cal a los pastos gestionados intensivamente para reducir la acidez del suelo. Una explicación simplificada de este proceso es la siguiente: cuando la cal carbonatada se disuelve en el suelo, los cationes básicos (Ca^{++}, Mg^{++}) se intercambian con iones de hidrógeno (H^+) en los coloides del suelo (reduciendo con ello la acidez del suelo), y el bicarbonato formado ($2HCO_3$) puede reaccionar ulteriormente para producir CO_2 y agua (H_2O). Aunque el efecto del encalado suele durar unos cuantos años (después de lo cual se vuelve a añadir cal) en función del clima, del suelo y de las prácticas de gestión, las *Directrices del IPCC* contabilizan las emisiones como CO_2 proveniente de la totalidad del carbono agregado en forma de carbonatos en el año del encalado. Así, la metodología básica consiste simplemente en multiplicar la cantidad de cal aplicada por un factor de emisión que varía ligeramente en función de la composición del material que se añade.

ECUACIÓN 3.4.11
EMISIONES DE CARBONO ANUALES PROCEDENTES DEL ENCALADO CON FINES AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{PP_{Encalado}} = M_{Caliza} \bullet FE_{Caliza} + M_{Dolomita} \bullet FE_{Dolomita}$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Encalado}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas, en toneladas de C año^{-1}

M = cantidad anual de caliza cálcica ($CaCO_3$) o de dolomita ($CaMg(CO_3)_2$), en toneladas año^{-1}

FE = factor de emisión, en toneladas de C (toneladas de caliza o de dolomita)$^{-1}$ (equivalentes al contenido en carbono del carbonato de los materiales (12% para $CaCO_3$, 12,2% para $CaMg(CO_3)_2$)

Nivel 1: En el Nivel 1 puede utilizarse la cantidad total de cal carbonatada aplicada anualmente a los suelos de pradera, además de un factor de emisión general igual a 0,12 para estimar las emisiones de CO_2, sin establecer diferencias entre las distintas composiciones del material de cal. Obsérvese que, mientras que las cales carbonatadas son el material más utilizado, los óxidos e hidróxidos de cal, que no contienen carbono inorgánico, se utilizan en cierta medida para el encalado agrícola, y no deberían incluirse aquí (se produce CO_2 al fabricarlos, pero no después de aplicarlos al suelo).

Nivel 2: Una metodología del Nivel 2 podría conllevar la diferenciación entre las diferentes formas de cal y unos factores de emisión específicos si se dispone de datos, ya que diferentes materiales de cal carbonatada (caliza u otras fuentes, como los depósitos de marga o de caparazones de moluscos) pueden variar ligeramente en cuanto a su contenido de carbono y a su pureza general.

Nivel 3: Una metodología del Nivel 3 puede proporcionar una contabilidad de las emisiones procedentes del encalado más detallada que los Niveles 1 y 2. En función del tipo de clima y de suelo, no todo el bicarbonato obtenido del encalado podría liberarse en forma de CO_2 en el suelo o en el agua de drenaje: una parte se puede lixiviar y precipitar a mayor profundidad del perfil del suelo, o ser transportada a aguas subterráneas profundas, lagos y océanos, y secuestrada. Si se dispone de datos y de conocimientos suficientes sobre la transformación del carbono orgánico para determinados tipos de clima-suelo, podrán obtenerse factores de emisión específicos. Sin embargo, este tipo de análisis obligaría probablemente a incluir los flujos de carbono asociados a los minerales carbonatados primario y secundario del suelo, así como su respuesta a las prácticas de gestión de las praderas.

3.4.1.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

En el Nivel 1 ó 2 se necesitarán los factores de emisión/absorción siguientes para los suelos minerales: el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}); el factor de variación de las reservas para los cambios de uso de la tierra (F_{UT}); el factor de variación de las reservas para un régimen de gestión (F_{RG}); y el factor de aporte de materia orgánica (F_E).

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Los suelos con vegetación nativa que no han resultado muy afectados por el uso y la gestión de la tierra se utilizan como elemento de referencia para las variaciones del carbono en el suelo por efecto de la gestión.

Nivel 1: En el Nivel 1 es una buena práctica utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.4.4. Estos valores son actualizaciones de los indicados en las *Directrices del*

IPCC, con las mejoras siguientes: i) las estimaciones se han obtenido estadísticamente de compilaciones recientes de perfiles del suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de zonas boreal y templada en la clasificación BMR, y como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen como categoría independiente; iii) se incluyen los suelos de las regiones de clima boreal.

Nivel 2: En el Nivel 2, los valores de referencia de las reservas de C en el suelo pueden determinarse a partir de mediciones de los suelos, por ejemplo en el marco de los estudios de campo y de la cartografía del suelo del país. Algunas de sus ventajas son unos valores más representativos para el país, y la capacidad para estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden utilizarse en un análisis de incertidumbre formal. Deberían utilizarse normas aceptadas de muestreo y análisis del carbono orgánico en el suelo y de la densidad aparente.

Factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1 es una *buena práctica* utilizar los factores por defecto de variación de las reservas **(F_{UT}, F_{RG}, F_E)** proporcionados en el Cuadro 3.4.5.

Esos valores se han actualizado con respecto a las *Directrices del IPCC*, basándose en un análisis estadístico de las investigaciones publicadas. Cuando existan datos suficientes, se calcularán por separado los valores para las praderas de las zonas templadas y tropicales. A todos las praderas (con la excepción de los suelos orgánicos) se les asigna un factor básico de uso de la tierra igual a 1. Se definen cuatro categorías de condiciones de gestión de las praderas (no mejoradas/no degradadas, moderadamente degradadas, severamente degradadas, y mejoradas; véanse las definiciones en el Cuadro 3.4.5). Las praderas mejoradas se definen como praderas gestionadas de manera sostenible (no degradadas) que reciben al menos un tipo de aporte externo (p. ej., especies mejoradas, fertilización o riego) para aumentar la productividad. Para las praderas mejoradas hay dos niveles de factor de aporte: "nominal" (que representa el caso básico (F_E=1), cuando no hay una mejora *adicional* de la gestión, aparte de la necesaria para clasificarla como praderas mejoradas), y "elevado", cuando se ha introducido al menos una mejora adicional (p. ej., fertilización más riego), que representa una gestión de praderas muy intensiva. Para la categoría de praderas moderadamente degradadas, los valores se obtuvieron de estudios que informaban de situaciones o tratamientos representativos de un pastoreo excesivo y/o de una degradación. Sin embargo, en muchos casos, particularmente en los trópicos, la degradación de los pastos está asociada a una pérdida de especies herbáceas más sabrosas y a su sustitución por especies de "malas hierbas" (frecuentemente, plantas leñosas). Aunque una situación así constituye una degradación a los efectos del pastoreo, los impactos negativos sobre el C del suelo pueden ser menos graves (como denota la escasa reducción de F_{UT} para las praderas moderadamente degradadas respecto de su estado nativo). En las *Directrices del IPCC* se especificaba solamente una categoría de pradera degradada con un valor muy inferior de F_{RG} (0,7), que conlleva una degradación grave y una cuantiosa pérdida de C en los suelos. No hay suficientes estudios publicados para reestimar el valor del factor para ese estado gravemente degradado, por lo que se ha conservado el valor anterior para representar tales estados.

Nivel 2: En las aplicaciones del Nivel 2, los valores del factor de variación de las reservas pueden estimarse mediante experimentos realizados durante largos períodos o mediante otras mediciones *in situ* (por ejemplo, cronosecuencias sobre el terreno) para una región o un país determinados. Algunas de sus ventajas son valores más exactos y representativos para el país en cuestión, y la posibilidad de estimar las funciones de distribución de probabilidad para los valores del factor que podrían utilizarse en un análisis de incertidumbre científico. Existen pocos experimentos de larga duración replicados que investiguen los impactos de la gestión de las praderas sobre las reservas de C en suelos, por lo que las incertidumbres asociadas a los factores de emisión son mayores para la gestión de praderas que para las tierras agrícolas permanentes. Numerosos estudios evalúan la diferencia de las reservas en parcelas emparejadas, por lo que es importante que las parcelas que se comparan tengan historias similares de uso/gestión de la tierra antes de la aplicación de los tratamientos de gestión experimental. Si se dispone de suficientes datos sobre la tasa de secuestro y la gestión de la tierra, pueden calcularse valores de los factores para determinadas prácticas de gestión de praderas (p. ej., fertilización, siembra de especies de hierba y de leguminosas mejoradas, gestión del pastoreo, etc.).

La información recopilada a partir de estudios publicados y de otras fuentes debería incluir las reservas de C (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad especificada), o bien toda la información necesaria para calcular las reservas de COS, es decir, el porcentaje de materia orgánica y la densidad aparente. Si se notifica el porcentaje de materia orgánica y no el porcentaje de carbono orgánico, podrá utilizarse un factor de conversión de 0,58 para el contenido de carbono de la materia orgánica del suelo. Otros datos que deberán incluirse en el análisis son el tipo de suelo (p. ej., la referencia taxonómica de suelos USDA o BMR), la profundidad de medición, y el período durante el que se expresa la diferencia de gestión. Los factores de variación de las reservas deberían abarcar una profundidad suficiente para incluir la influencia total de los cambios de gestión sobre las reservas de C en el suelo, y corregir los posibles cambios de densidad aparente (Ellert *et al*., 2001). Es una *buena práctica* incluir una profundidad mínima de al menos 30 cm (es decir, la profundidad utilizada para los cálculos del Nivel 1); la variación de las reservas a profundidades superiores

puede ser conveniente si se dispone de un número suficiente de estudios, y si se evidencian diferencias estadísticamente significativas de las reservas por efecto de la gestión de la tierra a esas profundidades.

Suelos orgánicos

Con objeto de estimar las emisiones en suelos orgánicos modificados mediante drenaje artificial y otras prácticas para usarlos como praderas gestionadas, se necesita un factor de emisión (FE) para diferentes regímenes climáticos.

Nivel 1: En el Nivel 1, el Cuadro 3.4.6 contiene factores de emisión por defecto idénticos a los de las *Directrices del IPCC*. Se excluyen las praderas naturales de "humedal" utilizadas para el pastoreo estacional pero que no han sido artificialmente drenadas.

Nivel 2: Para el Nivel 2 existen escasos datos publicados sobre las emisiones en suelos orgánicos utilizados para praderas gestionadas; los estudios publicados suelen basar sus estimaciones en la subsidencia, con un número limitado de mediciones directas del flujo de CO_2 en suelos orgánicos de praderas (Ogle *et al*., 2003). Algunos procesos que contribuyen a la subsidencia son la erosión, la compactación, la quema y la descomposición, de los cuales sólo este último debería incluirse en la estimación de los factores de emisión. Si se utilizan datos de subsidencia, deberían utilizarse factores de conversión regionales apropiados para determinar la proporción de subsidencia atribuible a la oxidación, basándose en estudios que midan tanto la subsidencia como el flujo de CO_2. A falta de esa información, se recomienda un factor por defecto de 0,5 para la relación oxidación-subsidencia en términos de equivalencia gramo por gramo, basándose en las revisiones de Armentano y Menges (1986). Si fuera posible, se recomienda utilizar mediciones directas de los flujos de carbono, ya que proporcionan el mejor medio para estimar las tasas de emisión en suelos orgánicos.

CUADRO 3.4.4
VALOR DE REFERENCIA POR DEFECTO (CON VEGETACIÓN NATIVA) DE LAS RESERVAS DE C ORGÁNICO EN EL SUELO (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)

Región	Suelos AAA[1]	Suelos ABA[2]	Suelos arenosos[3]	Suelos espódicos[4]	Suelos volcánicos[5]	Suelos de humedal[6]
Boreal	68	NA	10#	117	20#	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20#	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70#	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50#	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70#	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130#	

Nota: Los datos han sido obtenidos de bases de datos sobre el suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar, en forma de porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", ya que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

[1] Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcilla silicatada 2:1 (en la clasificación de la Base mundial de referencia para los recursos edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, y regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

[2] Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación de la BMR, se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferralsoles, y durisoles; en la clasificación del USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

[3] Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla, en base a análisis de textura tipificados (en la clasificación de la BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

[4] Suelos muy podzolizados (en la clasificación de la BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación del USDA, los espodosoles)

[5] Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

[6] Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

CUADRO 3.4.5
FACTORES DE VARIACIÓN RELATIVA DE LAS RESERVAS PARA LA GESTIÓN DE LAS PRADERAS [VÉANSE EN LA SECCIÓN 3.4.7 LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE VARIACIÓN DE LAS RESERVAS]

Factor	Nivel	Régimen climático	Valores por defecto de las *Directrices del IPCC*	Valor revisado por defecto de OBP	Error [1,2]	Definición
Uso de la tierra (F_{UT})	Todos	Todos	1,0	1,0	NA	A todas las praderas permanentes se les asigna un factor de uso de la tierra igual a 1.
Gestión (F_{RG})	Gestionado nominalmente (no – degradado)	Todos	1,0	1,0	NA	Representa praderas no degradadas y gestionadas de manera sostenible, pero sin mejoras de gestión importantes.
Gestión (F_{RG})	Pradera moderada-mente degradada	Templado/ Boreal	NA	0,95	± 12%	Representa praderas sobrepastoreadas o moderadamente degradadas, con una productividad ligeramente reducida (en comparación con las praderas nativas o gestionadas nominalmente) y que no reciben aportes de gestión.
		Tropical	NA	0,97	± 10%	
Gestión (F_{RG})	Muy degradado	Todos	0,7	0,7	± 50%	Implica a largo plazo una importante pérdida de productividad y de cubierta vegetal, debido a un grave daño mecánico de la vegetación y/o a una erosión grave del suelo.
Gestión (F_{RG})	Pradera mejorada	Templado/ Boreal	1,1	1,14	± 10%	Representa praderas gestionadas de manera sostenible con presión de pastoreo moderada y que son objeto de al menos una mejora (p. ej., fertiliza-ción, mejora de la especie, regadío).
		Tropical	1,1	1,17	± 10%	
Aporte (aplicado sólo a las praderas	Nominal	Todos	NA	1,0	NA	Aplicable a las praderas mejoradas cuando no se han utilizado aportes de gestión adicionales.
Aporte (aplicado sólo a las praderas mejoradas) (F_E)	Alto	Templado/ Boreal	NA	1,11	± 8%	Aplicable a las praderas mejoradas cuando se han utilizado uno o más aportes/mejoras de gestión adicionales (además de las necesarias para clasificarlas como praderas mejoradas).
		Tropical	NA	1,11	± 8%	

[1] ± dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje de la media; cuando no existan estudios suficientes para realizar un análisis estadístico se utilizarán valores por defecto, basados en el dictámen de expertos, de ±50%. NA significa "no aplicable" para los valores de factores que constituyen valores de referencia, o cuando los valores de los factores no han sido estimados previamente en las *Directrices del IPCC*.

[2] En esta escala de error no se incluye el error sistemático potencial debido a las muestras de pequeño tamaño que podrían no ser representativas del verdadero impacto para todas las regiones del mundo.

CUADRO 3.4.6
FACTORES DE EMISIÓN (FE) ANUALES PARA LOS SUELOS ORGÁNICOS EN PRADERAS GESTIONADAS

Régimen de temperatura climática	Valor por defecto de las *Directrices del IPCC* (en toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Error [#]
Templado, frío	0,25	± 90%
Templado cálido	2,5	± 90%
Tropical/subtropical	5,0	± 90%

[#]Representa una estimación nominal de error, equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

Encalado

Véase el texto de la Sección 3.4.1.2.1.1.

3.4.1.2.1.3 Elección de datos de actividad

Suelos minerales

Para estimar las emisiones/absorciones en suelos minerales se necesita conocer la superficie de pradera sometida a prácticas de gestión diferentes (S).

Para las praderas existentes, los datos de actividad deberían reflejar cambios o tendencias en las prácticas de gestión o en la utilización de las praderas que afecten al almacenamiento de carbono en el suelo por efecto de su impacto sobre la producción. Existen dos tipos principales de datos de actividad: i) estadísticas agregadas a nivel nacional o por zonas administrativas del país (p. ej., provincia, comarca, distrito), o ii) inventarios puntuales de uso y gestión de la tierra que conformen una muestra estadística de las tierras del país. La utilización de ambos tipos de datos de actividad se describe en el Capítulo 2, y la utilización de los métodos aquí indicados en los tres niveles descritos dependerá de la resolución espacial y temporal requerida. Para los inventarios de los Niveles 1 y 2, los datos de actividad tendrán que estar estratificados por grandes diferencias climáticas y por tipos de suelos, ya que los valores de referencia de las reservas de C en el suelo varían notablemente en función de esos factores. Para aplicar modelos dinámicos y/o un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se necesitan datos similares o más detallados sobre las combinaciones de climas, suelos, datos topográficos y de gestión, pero las necesidades exactas dependerán en parte del modelo que se utilice.

Ciertas estadísticas de uso de la tierra disponibles a nivel mundial, como las bases de datos de la FAO (http://www.fao.org/waicent/portal/glossary_en.asp), ofrecen recopilaciones anuales de superficiestotales de tierra por principales tipos de uso de la tierra, sin aportar detalles adicionales sobre la gestión de las praderas, el clima o el suelo. Por ello, los datos de la FAO o los datos totales del país deberían ir acompañados de información adicional del país con objeto de estratificar las superficiespor tipos de gestión, de clima y de suelo. Si no se hubiera recopilado todavía esa información, se podría empezar superponiendo los mapas disponibles de cubierta terrestre/uso de la tierra (de origen nacional, u obtenidos de conjuntos de datos mundiales como el Sistema de información y de datos (PIGB)) a mapas de suelos de origen nacional o de fuentes mundiales, como el Mapa de Suelos del Mundo de la FAO. Cuando sea posible, deberían delimitarse superficies de tierra asociadas a una gestión característica de las praderas, y asociarse a los valores apropiados de los factores de gestión generales (es decir, de tierras degradadas, nativas o mejoradas) o específicos (p. ej., fertilización, o intensidad de pastoreo). Los mapas de la degradación del suelo pueden ser una fuente útil de información para estratificar las praderas en términos de gestión (p. ej., Conant y Paustian, 2002b).

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y de recursos, integrados por una colección de puntos de muestra permanentes en que los datos se obtienen a intervalos regulares, presentan ciertas ventajas sobre las estadísticas agregadas de pastoreo y de uso de la tierra. Los puntos de inventario pueden asociarse más fácilmente a un sistema dado de gestión de praderas, y el tipo de suelo asociado a su ubicación puede determinarse mediante muestreos, o referenciando dicha ubicación en un mapa de suelos apropiado. Los puntos de inventario seleccionados, basados en un planteamiento estadístico apropiado, permiten también estimar la variabilidad asociada a los datos de actividad, que puede integrarse en un análisis formal de incertidumbre. Los principios del muestreo aparecen descritos en el Capítulo 2; un inventario de recursos puntuales es, por ejemplo, el Inventario Nacional de Recursos de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

Suelos orgánicos

La superficie de suelos orgánicos cultivados por regímenes climáticos (S) es un dato necesario para estimar las emisiones en los suelos orgánicos. Para obtener las estimaciones de superficie pueden utilizarse bases de datos y metodologías similares a las descritas anteriormente. Superponiendo mapas de suelos que indiquen la distribución espacial de los histosoles (es decir, de los suelos orgánicos) a mapas de la cubierta vegetal que representan la superficie de praderas puede obtenerse información inicial sobre las superficies de suelo orgánico de las praderas. Para obtener una estimación más refinada de las correspondientes superficies de pradera gestionada con suelos orgánicos pueden utilizarse datos específicos del país sobre los proyectos de drenaje, además de mapas de suelos y de estudios de campo.

3.4.1.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Para realizar una evaluación de la incertidumbre es necesario estimar la incertidumbre de las tasas de emisión/absorción por unidad de superficie, así como la incertidumbre de los datos de actividad (es decir, las superficies de tierra que experimentan cambios de uso y de gestión de la tierra), así como su interacción.

Cuando ha sido posible, se han incluido en los cuadros estimaciones de la desviación estándar (y del tamaño de la muestra) de los valores por defecto mundiales revisados desarrollados en esta publicación; los cuadros pueden utilizarse con las correspondientes estimaciones de variabilidad de los datos de actividad con objeto de estimar la incertidumbre, utilizando las directrices del Capítulo 5. Los organismos encargados de los inventarios deberían tener presente que unos valores por defecto mundiales simples conllevan un nivel relativamente alto de incertidumbre cuando se aplican a determinados países. Además, dado que los estudios disponibles para obtener los valores por defecto mundiales no están distribuidos uniformemente entre regiones climáticas, tipos de suelo y sistemas de gestión, algunas superficies–particularmente en las regiones tropicales– están insuficientemente representadas. En los métodos del Nivel 2, pueden obtenerse funciones de densidad de probabilidad (es decir, que proporcionan estimaciones de media y de varianza) para los factores de variación de las reservas, para los

factores de emisión en suelos orgánicos y para los valores de referencia de las reservas de C en el marco del proceso de obtención de datos específicos de la región o del país. La incertidumbre respecto de las tasas de emisión y de absorción en el suelo puede reducirse realizando estudios de las influencias de la gestión sobre las reservas de carbono en el suelo para los principales tipos de pradera y regímenes de gestión. Cuando se utilicen datos de cronosecuencias, la incertidumbre en las estimaciones de la variación de las reservas de carbono puede ser relativamente alta, por lo que sería deseable utilizar la media de varios estudios "replicados" para obtener unos valores más representativos.

3.4.1.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Orientaciones sobre los gases distintos del CO_2 en las *Directrices del IPCC*

En las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* (Capítulo 4, Agricultura) se examinan ya los tipos de emisión siguientes:

- Emisiones de N_2O procedentes de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, residuos orgánicos y fijación de nitrógeno biológico en praderas gestionadas;
- Emisiones de N_2O, NOx, CH_4 y CO procedentes de la quema de praderas (sabanas) en los trópicos; y
- Emisiones de CH_4 procedentes del ganado de pastoreo.

Es una *buena práctica* atenerse a la versión existente de las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) y de *OBP2000* a fin de estimar y notificar esos flujos en la sección *Agricultura*.

Otras fuentes adicionales de emisión y absorción no incluidas en las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) ni en *OBP2000* son las emisiones de N_2O procedentes de la mineralización del nitrógeno orgánico del suelo en praderas orgánicas drenadas[3], la disminución de la absorción de CH_4 en suelos de praderas gestionadas, y las emisiones procedentes de quemas en praderas de zonas templadas. La insuficiencia de datos sobre las emisiones de N_2O procedentes de una mayor mineralización del nitrógeno orgánico en los suelos de praderas orgánicas y sobre la reducción de los sumideros de CH_4 en suelos de praderas por efecto de la gestión impiden por el momento recomendar metodologías específicas. En la mayoría de los casos representarán probablemente flujos menores y, a medida que se investigue y se obtenga información adicional, podría prestarse mayor atención a esas fuentes.

Con respecto a la quema de praderas fuera de los trópicos (y, por consiguiente, no incluidos en las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) y en *OBP2000*), los métodos de estimación de N_2O, NOx, CH_4 y CO liberados por la quema de praderas están descritos en la Sección 3.2.1.4. En el Cuadro 3.4.2 pueden obtenerse estimaciones por defecto de la biomasa en pie, utilizadas para estimar la cantidad de combustible consumido. Obsérvese que la cantidad de biomasa que puede servir de combustible podría variar notablemente según la época del año y el régimen de pastoreo, por lo que se recomienda que las estimaciones de biomasa específicas del país se correspondan con el momento del año y el lugar en que se queman las praderas.

3.4.2 Tierras convertidas en praderas

En términos de carbono, las implicaciones de la conversión de tierras destinadas a otros usos (en su mayor parte tierras forestales, tierras agrícolas y, en menor grado, humedales y, raramente, asentamientos) en praderas son menos claras que para la conversión en tierras agrícolas. Los trabajos publicados sobre el tipo de conversión principal (de tierras forestales en praderas, en los trópicos) indican ganancias y pérdidas netas de carbono en los suelos, y el efecto de la gestión sobre las variaciones del carbono en los suelos de praderas después de la conversión es de importancia vital (véase, por ejemplo, Veldkamp, 2001). La conversión en praderas de tierras destinadas a otros usos y en estado natural pueden producir emisiones netas (o absorciones netas) de CO_2 en la biomasa y en el suelo. Las emisiones procedentes de la biomasa se examinan en la Sección 3.4.2.1, y las del suelo en la Sección 3.4.2.2. El método para calcular la variación de las reservas de carbono en la biomasa como consecuencia de la conversión de tierras en praderas se encuentra en la Sección 5.2.3 de las *Directrices del IPCC* (Conversión de bosques y de praderas).

[3] Las emisiones procedentes de la fertilización y de la aplicación de estiércol en este tipo de praderas *sí* se incluyen en las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) y en *OBP2000*.

La finalidad de los métodos descritos en esta sección es tener en cuenta la variación de las reservas en la biomasa y en el suelo asociadas a la conversión del uso de la tierra y al establecimiento de una nueva pradera. Las variaciones posteriores de las reservas deberían estimarse con arreglo al apartado *Praderas que siguen siendo praderas*.

Se ofrece a continuación la ecuación resumida de la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas (Ecuación 3.4.12). Se estiman las dos subcategorías de la categoría de *Tierras convertidas en praderas*: biomasa viva, y materia orgánica del suelo. En el Cuadro 3.4.7 se resumen los distintos niveles correspondientes a cada una de las subcategorías de carbono.

ECUACIÓN 3.4.12
VARIACIÓN TOTAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS

$$\Delta C_{TP} = \Delta C_{TP_{BV}} + \Delta C_{TP_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TP} = variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TP_{BV}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TP_{Suelos}}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

3.4.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA

3.4.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

En la presente sección se ofrecen orientaciones sobre *buenas prácticas* para calcular las emisiones y absorciones de CO_2 en la biomasa por efecto de la conversión en praderas de tierras previamente en estado natural o destinadas a otros usos, y en particular mediante deforestación y conversión de tierras agrícolas en pastos y en tierras de pastoreo. Las emisiones y absorciones de carbono en la biomasa por efecto de la conversión de las tierras en praderas son consecuencia de la eliminación de la vegetación existente y de su sustitución por otra. Este proceso puede originar aumentos o disminuciones de las reservas de carbono en la biomasa en función del tipo de conversión de uso de la tierra. Estos conceptos son diferentes de los asociados a la variación de las reservas de carbono en la biomasa de las praderas que siguen siendo praderas cuando los cambios están vinculados a las prácticas de gestión.

En términos genéricos, los métodos para cuantificar las emisiones y absorciones de carbono por efecto de la conversión en praderas de tierras destinadas a otros usos obligan a estimar las reservas de carbono antes y después de la conversión (dependiendo de si las tierras eran anteriormente bosques, cultivos o humedales), y a estimar las superficies de tierra convertidas durante el período en el que surte efecto la conversión. Como resultado de la conversión en praderas, se supondrá que la vegetación predominante ha desaparecido completamente, después de lo cual se planta algún tipo de hierba u otra especie vegetal establecida (p. ej., al establecer pastos). Una pradera podría ser también consecuencia del abandono de tierras anteriormente destinadas a otros usos (p. ej., cultivos). La vegetación que sustituye a la eliminada durante la conversión debería contabilizarse utilizando esta metodología junto con los métodos de la Sección 3.4.1.

3.4.2.1.1.1 Elección del método

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 se ajustan a lo indicado en las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3, Conversión de bosques y de praderas, en que la cantidad de carbono eliminada se estima multiplicando la superficie convertida anualmente por la diferencia entre el promedio de las reservas de carbono en la biomasa antes y después de la conversión, contabilizando de ese modo el carbono de la biomasa que sustituye a la vegetación eliminada. Es una *buena práctica* contabilizar íntegramente todas las conversiones de tierras en praderas. Así, en la presente sección se examina el método aplicable de modo que abarque cada uso de la tierra inicial, incluidos –aunque no exclusivamente– los bosques. Todos los países deberían tratar de mejorar sus métodos de inventario y de notificación escogiendo el nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 ó 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en praderas sean una categoría esencial y cuando la subcategoría de biomasa viva se considere significativa sobre la base de los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

En la Ecuación 3.4.13 se resumen los elementos principales de una aproximación de primer orden a la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión de tierras en praderas. Para cada tipo de conversión se estimará el valor medio de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie. El promedio de la variación de las reservas de carbono será igual a la variación de las reservas de carbono por efecto de la absorción de biomasa en el uso inicial de la tierra (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa antes de la conversión), más las reservas de carbono procedentes del crecimiento de la biomasa tras la conversión. Como se indica en las *Directrices del IPCC*, es necesario contabilizar toda la vegetación que sustituya a la eliminada durante la conversión de la tierra. En las *Directrices del IPCC* se reúnen en un solo término el carbono de la biomasa tras la conversión y el carbono de la biomasa que crece en la tierra después de la conversión. Utilizando este método, los valores mencionados se separarán en dos términos, $C_{Después}$ y $C_{Crecimiento}$, para mayor claridad. En el Nivel 1 se supone que las reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión ($C_{Después}$) son nulas, es decir, que la tierra ha quedado desprovista de toda vegetación antes de sembrar, plantar o regenerar por medios naturales las hierbas o la vegetación boscosa. El promedio de variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para una conversión de uso de la tierra se multiplicará por la superficie estimada de tierra que experimenta esa conversión en un año dado. En años posteriores, la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas por efecto de los cambios de gestión se contabilizará con arreglo a la metodología de la Sección 3.4.1.1 (Variación de la biomasa en: Praderas que siguen siendo praderas).

CUADRO 3.4.7
DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS

Nivel / Sub-Categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa viva	Utilizar coeficientes por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa por efecto de la conversión del uso de la tierra, y el carbono de la biomasa que sustituye a la vegetación eliminada.	Utilizar al menos algunos parámetros específicos del país respecto de las reservas de carbono para estimar la variación de las reservas de carbono en la conversión de tierras en praderas. Asignar el carbono asociado a la eliminación de biomasa a los procesos de quemado, descomposición y otros procesos de conversión importantes a nivel nacional. Estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 en la porción de biomasa quemada tanto en el lugar como fuera del lugar. Utilizar estimaciones de superficie desglosadas por zonas climáticas y otras divisiones de interés para el país de modo que coincidan con los parámetros sobre las reservas de carbono específicos del país.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición).
Reservas de carbono en el suelo	Para las variaciones del carbono en suelos minerales, utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima y de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado, utilizar factores de emisión por defecto.	Para los suelos minerales y orgánicos utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición).

Las etapas básicas para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa durante la conversión de tierras en praderas son las siguientes:

1. Estimar la superficie media de tierra que experimenta una transición a pradera durante un año ($S_{conversión}$), por separado para cada uso de la tierra inicial (es decir, para tierras forestales, tierras agrícolas, etc.) y para cada tipo de pradera final.

2. Para cada tipo de transición de uso de la tierra en praderas, utilizar la Ecuación 3.4.13 para estimar la variación resultante de las reservas de carbono. Los datos por defecto de la Sección 3.4.2.1.1.2 para $C_{Después}$, C_{Antes}, y $C_{Crecimiento}$ pueden utilizarse para estimar la variación total de las reservas por unidad de superficie para cada tipo de transición de uso de la tierra. Seguidamente, la estimación de la variación de las reservas por unidad de superficie podrá multiplicarse por las correspondientes estimaciones de superficie de la Etapa 1.

3. Estimar la variación total de las reservas de carbono asociada a todas las conversiones de tierras en praderas sumando las distintas estimaciones correspondientes a cada transición.

En el Nivel 1, el supuesto por defecto es que todo el carbono de la biomasa se pierde en la atmósfera mediante procesos de descomposición, tanto en el lugar como fuera de lugar. Por sí mismos, los cálculos del Nivel 1 no establecen diferencias entre las emisiones inmediatas procedentes de la quema y otras actividades de conversión.

ECUACIÓN 3.4.13
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS

$$\Delta C_{TP_{BV}} = S_{Conversión} \bullet (T_{Conversión} + \Delta C_{Crecimiento})$$

$$T_{Conversión} = C_{Después} - C_{Antes}$$

Donde:

$\Delta C_{TP_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

$S_{Conversión}$ = superficie anual de tierras convertidas en praderas a partir de un uso inicial, en ha año^{-1}

$T_{Conversión}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión cuando la tierra es convertida en pradera, en toneladas de C ha^{-1}

$\Delta C_{Crecimiento}$ = reservas de carbono resultantes de un año de crecimiento de la vegetación de la pradera tras la conversión, en toneladas de C ha^{-1}

$C_{Después}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en pradera, en toneladas de C ha^{-1}

C_{Antes} = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en pradera, en toneladas de C ha^{-1}

Las reservas de biomasa en las praderas recientemente establecidas tienden a nivelarse al cabo de unos años después de la conversión (p. ej., entre 1 y 2 años para la biomasa herbácea sobre el suelo, y entre 3 y 5 años para la biomasa bajo el suelo), en función del tipo de conversión de la tierra (por ejemplo, los pastos sembrados pueden arraigar rápidamente, mientras que la regeneración natural en tierras agrícolas abandonadas puede durar varios años), del clima y de las condiciones de gestión. En el Nivel 1, *Praderas que siguen siendo praderas*, el valor por defecto de la variación de las reservas de biomasa es 0, por lo que la variación de las reservas de carbono en la biomasa para las praderas establecidas tras la conversión se contabilizará en el año de la conversión.

Nivel 2: En el Nivel 2, los cálculos son estructuralmente similares a los del Nivel 1, con las siguientes diferencias. En primer lugar, el Nivel 2 se basa en al menos ciertas estimaciones específicas del país respecto de las reservas de carbono en los usos inicial y final, en lugar de los valores por defecto indicados en la Sección 3.4.2.1.1.2. Las estimaciones de superficie respecto de las tierras convertidas en praderas se desglosan a escalas espaciales más finas, para reflejar las variaciones regionales del valor de las reservas de carbono específico del país.

En segundo lugar, el Nivel 2 permite modificar el supuesto de que las reservas de carbono son nulas inmediatamente después de la conversión. Con ello, los países podrán tomar en cuenta las transiciones de uso de la tierra en que se elimina una parte, aunque no la totalidad, de la vegetación del uso original de la tierra. Además, el Nivel 2 permite contabilizar la acumulación de biomasa tras el establecimiento de la pradera durante un período de varios años (en lugar de contabilizar la variación total de las reservas de biomasa en el año de conversión) si se dispone de datos para estimar la fecha de establecimiento íntegro de la biomasa y las variaciones anuales de las reservas.

En tercer lugar, en el Nivel 2 es una *buena práctica* asignar pérdidas de carbono a los procesos de combustión y de descomposición, si fuera procedente. Las emisiones de dióxido de carbono se producen por efecto de la quema y de la descomposición en las conversiones de uso de la tierra. Además, la combustión produce emisiones de gases de traza distintos del CO_2. Distribuyendo las pérdidas entre la quema y la descomposición, los países pueden calcular las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 procedentes de las quemas. En el Libro de Trabajo de las *Directrices del IPCC* se ofrecen instrucciones paso a paso para estimar las absorciones

de carbono por quema y descomposición de la biomasa en el lugar y fuera de lugar, y para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 procedentes de las quemas (págs. 5.7-5.17). A continuación se ofrecen orientaciones para estimar las absorciones de carbono por quema y descomposición, y en la Sección 3.2.1.4 del presente capítulo se ofrecen orientaciones adicionales para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 procedentes de las quemas.

Las ecuaciones básicas para estimar la cantidad de carbono que se quema o se deja descomponer son las Ecuaciones 3.4.15 y 3.4.16, respectivamente. Esta metodología aborda la quema como medio para desbrozar la tierra. Las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema en praderas que siguen siendo praderas se examinan en la Sección 3.4.3. En las Ecuaciones 3.4.15 y 3.4.16, el supuesto por defecto es que sólo se quema o se descompone la biomasa sobre el suelo. Se sugiere a los países que utilicen información adicional para evaluar este supuesto, particularmente en lo que respecta a la descomposición de la biomasa bajo el suelo. La metodología básica puede modificarse para otras actividades de conversión, y en respuesta a las circunstancias del país. Ambas ecuaciones utilizan como dato de entrada la cantidad total de carbono en la biomasa eliminada durante el desbroce de la tierra ($\Delta C_{conversión}$) (Ecuación 3.4.14), equivalente a la superficie de tierra convertida ($S_{Conversión}$) multiplicada por la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión (($T_{Conversión}$) en la Ecuación 3.4.13).

La porción de biomasa boscosa eliminada se utiliza en ocasiones como productos de la madera. En el caso de los productos de madera, los países pueden utilizar el supuesto por defecto de que el carbono de los productos de madera se oxida en el año de la absorción. Alternativamente, los países pueden consultar en el Apéndice 3a.1 diversas técnicas de estimación del almacenamiento de carbono en productos de madera recolectada, que pueden ser contabilizados siempre y cuando el carbono del depósito del producto aumente.

ECUACIÓN 3.4.14
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO POR EFECTO DEL DESBROCE DE BIOMASA DURANTE LA CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{conversión} = S_{conversión} \bullet (T_{conversión})$$

Donde:

$\Delta C_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$S_{conversión}$ = superficie de tierra convertida en pradera, en ha

$T_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión, en toneladas de C ha^{-1} (obtenida de la Ecuación 3.4.13)

ECUACIÓN 3.4.15
PÉRDIDAS DE CARBONO POR QUEMA DE BIOMASA, EN EL LUGAR Y FUERA DEL LUGAR

$$T_{quema\ en\ el\ lugar} = \Delta C_{conversión} \bullet \rho_{quemada\ en\ el\ lugar} \bullet \rho_{óxido}$$

$$T_{quema\ fuera\ del\ lugar} = \Delta C_{conversión} \bullet \rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar} \bullet \rho_{óxido}$$

Donde:

T_{quema} = pérdidas de carbono por efecto de la quema de biomasa, en toneladas de C

$\Delta C_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{quemada\ en\ el\ lugar}$ = proporción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{óxido}$ = proporción de biomasa que se oxida al arder, sin dimensiones

$\rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar}$ = proporción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

ECUACIÓN 3.4.16
PÉRDIDAS DE CARBONO POR DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA

$$P_{descomposición} = \Delta C_{conversión} \bullet \rho_{descomposición}$$

$$\rho_{descomposición} = 1 - (\rho_{quemada\ en\ el\ lugar} + \rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar})$$

Donde:

$P_{descomposición}$ = pérdidas de carbono por descomposición de la biomasa, en toneladas de C

$\Delta C_{conversión}$ = variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de la biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{descomposición}$ = proporción de biomasa abandonada en el lugar que se descompone, sin dimensiones

$\rho_{quemada\ en\ el\ lugar}$ = proporción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{quemada\ fuera\ del\ lugar}$ = proporción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

Es una *buena práctica* que los países utilicen los términos $P_{quemada\ en\ el\ lugar}$ y $P_{quemada\ fuera\ del\ lugar}$ como datos de entrada para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO_2 derivadas de la quema ateniéndose a las orientaciones de la Sección 3.2.1.4.

Nivel 3: El Nivel 3 es similar al Nivel 2, con las diferencias siguientes: en lugar de basarse en las tasas anuales medias de conversión, los países utilizan estimaciones directas de superficies desglosadas espacialmente y convertidas anualmente para cada uso de la tierra inicial y final; la variación de las reservas de carbono está basada en información específica de tipo local. Además, los países pueden utilizar modelos dinámicos, permitiendo con ello vincular espacial y temporalmente las estimaciones de la biomasa y de la variación de las reservas de carbono en el suelo.

3.4.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: En la primera etapa de esta metodología son necesarios los parámetros de las reservas de carbono antes de la conversión para cada uso inicial de la tierra (C_{Antes}) y tras la conversión ($C_{Después}$). Cuando se prepare un terreno para utilizarlo como pradera se supondrá que toda la biomasa ha sido eliminada, con lo cual el valor por defecto de ($\Delta C_{Crecimiento}$) será de 0 toneladas de C ha^{-1}. En el Cuadro 3.4.8 se ofrecen a los usuarios orientaciones para obtener el valor de las reservas de carbono C_{Antes} durante usos de la tierra previos al desbroce. En el Cuadro 3.4.9 se ofrecen valores por defecto de las reservas de carbono en praderas tras la conversión ($\Delta C_{Crecimiento}$). Estos valores están basados en los valores por defecto de las reservas de biomasa sobre el suelo (Cuadro 3.4.2) y en relaciones raíz-vástago (Cuadro 3.4.3) indicados en la Sección 3.4.1.1.1.2, Praderas que siguen siendo praderas, y son aplicables sólo a la biomasa herbácea (es decir, no leñosa).

CUADRO 3.4.8
VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO DE LA BIOMASA ABSORBIDAS POR EFECTO DE LA CONVERSIÓN DE TIERRAS EN PRADERAS

Categoría de uso de la tierra	Reservas de carbono en la biomasa antes de la conversión (C_{Antes}) (en toneladas de C ha^{-1})	Escala de error[1]
Tierras forestales	Véanse en el Cuadro 3A.1.2 las reservas de carbono para diversos tipos de bosque, por regiones climáticas. Las reservas están expresadas en términos de materia seca. *Para convertir la materia seca en carbono, se multiplican los valores por una fracción de carbono (FC) igual a 0,5.*	
Tierras agrícolas: cultivos leñosos perennes	Véanse en el Cuadro 3.3.2 las reservas de carbono para diversas regiones climáticas y para tierras agrícolas boscosas perennes en términos genéricos. Utilizar el término de las reservas de carbono en la biomasa sobre el suelo en el momento de la recolección. Los valores están expresados en toneladas de C ha^{-1}.	± 75%
Tierras agrícolas: cultivos anuales	Utilizar el valor por defecto de las *Directrices del IPCC*, es decir, 5 toneladas de carbono ha^{-1} (o 10 toneladas de materia seca ha^{-1})	± 75%

[1] Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

Nivel 2: Los métodos del Nivel 2 deberían incluir varias estimaciones específicas del país respecto de las reservas y absorciones de biomasa por efecto de la conversión de la tierra, así como estimaciones de las pérdidas en el lugar y fuera de lugar por efecto de la quema y de la descomposición tras la conversión de las tierras en praderas. Estas mejoras pueden consistir en estudios sistemáticos del contenido y de las emisiones y absorciones de carbono en relación con los usos de la tierra y con las conversiones de uso de la tierra en el país, así como un reexamen de los supuestos por defecto atendiendo a las condiciones específicas del país.

Aunque se ofrecen parámetros por defecto para las emisiones procedentes de la quema y de la descomposición, se sugiere a los países que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. En las *Directrices del IPCC* se utiliza un valor por defecto general de 0,5 para la proporción de biomasa quemada en el lugar durante la conversión de los bosques. Diversos estudios de investigación sugieren que esa fracción es muy variable, y que podría tener un valor de tan sólo 0,2 (p. ej., Fearnside, 2000; Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). En el presente texto se ofrecen valores por defecto actualizados de la proporción de biomasa quemada en el lugar. El Cuadro 3A.1.12 contiene valores por defecto de la proporción de biomasa consumida por quema en el lugar, para diversos tipos de vegetación boscosa. Estos valores por defecto deberían utilizarse para las transiciones de bosques a praderas. Para los usos de la tierra iniciales no forestales, la proporción por defecto de biomasa dejada en el lugar y quemada es de 0,35. Este valor se ha obtenido teniendo en cuenta ciertas investigaciones que sugieren que esa fracción debería situarse entre 0,2 y 0,5 (Fearnside, 2000;

Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). Es una *buena práctica* que los países utilicen el valor 0,35, u otro valor situado en ese intervalo, siempre y cuando se documenten las razones para ello. No hay valores por defecto para la cantidad de biomasa llevada fuera de lugar y quemada; los países tendrán que desarrollar una proporción basándose en las fuentes de datos nacionales. En la Ecuación 3.4.15, el valor por defecto de la proporción de biomasa oxidada por efecto de la quema es 0,9, como se indicó originalmente en las *Directrices del IPCC*.

El método para estimar las emisiones procedentes de la descomposición se basa en el supuesto de que toda la biomasa se descompone en un período de diez años. A efectos de notificación, los países tienen dos posibilidades: notificar todas las emisiones causadas por la descomposición en un año, reconociendo que en realidad suceden durante un período de diez años, o notificar anualmente todas las emisiones procedentes de la descomposición, estimando esa tasa como la décima parte de los totales de la Ecuación 3.4.16. Si los países escogieran esta última opción, deberían agregar el factor multiplicativo 0,10 a la Ecuación 3.4.16.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deberían estar definidos por el país, y deberían utilizarse valores más exactos que los valores por defecto.

CUADRO 3.4.9
VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA PRESENTES EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS

Zona climática del IPCC	Biomasa no boscosa total (sobre el suelo y bajo el suelo) (en toneladas m.s. ha^{-1})	Error [1]
Boreal – Seca y muy húmeda [2]	8,5	± 75%
Templada fría – Seca	6,5	± 75%
Templada fría – Muy húmeda	13,6	± 75%
Templada cálida – Seca	6,1	± 75%
Templada cálida – Muy húmeda	13,5	± 75%
Tropical – Seca	8,7	± 75%
Tropical – Húmeda y muy húmeda	16,1	± 75%

[1] Representa una estimación nominal de error, equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

[2] Debido al escaso volumen de datos, se combinaron las zonas seca y húmeda para el régimen de temperatura boreal con las zonas húmeda y muy húmeda para el régimen de temperatura tropical.

3.4.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles es necesario estimar las superficies de tierra convertidas en praderas. Esos mismos datos deberían utilizarse para calcular la biomasa y las estimaciones del suelo descritas en la Sección 3.4.2.2. En caso necesario, los datos de superficie utilizados en los análisis de suelos pueden agregarse para coincidir con la escala espacial necesaria para las estimaciones de orden inferior de la biomasa; sin embargo, en niveles superiores, la estratificación debería reflejar los principales tipos de suelos. Los datos sobre superficies deberían obtenerse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 2. En niveles superiores será necesario un mayor grado de detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios concuerden con las *Directrices del IPCC* es que sea posible identificar por separado las superficies que se convierten en bosques. La razón es que los bosques tendrán por lo general mayor densidad de carbono antes de la conversión. Ello implica un conocimiento al menos parcial de la matriz de cambios de uso de la tierra y, por consiguiente, cuando se utilizan los procedimientos 1 y 2 del Capítulo 2, podrían ser necesarios reconocimientos topográficos suplementarios para identificar la proporción de tierras convertidas en praderas que anteriormente eran bosques. Como se ha indicado en el Capítulo 2, cuando se realicen los estudios se obtendrá a menudo un mayor grado de exactitud que si se intentan determinar directamente las superficies objeto de conversión en lugar de estimarlas a partir de las diferencias de superficie total de tierra para determinados usos y en diferentes momentos.

Nivel 1: En este nivel es necesario cierto tipo de datos de actividad: la estimación de las superficies convertidas en praderas a partir del uso inicial de la tierra (es decir, tierras forestales, tierras agrícolas, asentamientos, etc.) para obtener el tipo de pradera final ($S_{conversión}$). Esta metodología se basa en el supuesto de que las estimaciones de superficie corresponden a un período de un año. Si las estimaciones de superficie se evalúan para períodos más largos, habría que convertirlas en superficies anuales medias para coincidir con los valores por defecto de las reservas de carbono indicados. Si los países no dispusieran de esos datos, sería posible extrapolar a partir de muestras parciales a la totalidad de las tierras, o extrapolar en el tiempo estimaciones históricas de las conversiones basándose en el criterio de expertos nacionales. Como mínimo, los países podrán basarse en las

tasas de desforestación medias y en datos sobre la conversión de tierras en praderas obtenidos de fuentes internacionales, y en particular de la FAO. En el Nivel 1 podrán utilizarse las tasas anuales medias de conversión y las superficies estimadas en lugar de las estimaciones directas.

Nivel 2: Los países deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles desde un uso inicial de la tierra hasta el tipo de pradera final. Para una notificación completa pueden utilizarse análisis de imágenes de las pautas de uso de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidas periódicamente por teledetección y/o un muestreo periódico efectuado en tierra, o bien sistemas de inventario híbridos.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en una contabilidad total de todas las transiciones de tierras en praderas, y deberían desglosarse para reflejar las diferentes condiciones del país. El desglose puede efectuarse atendiendo a criterios políticos (comarca, provincia, etc.), al bioma, al clima, o a una combinación de estos parámetros. En muchos casos, es posible que los países dispongan de información sobre las tendencias multianuales de conversión de tierras (a partir de inventarios de los usos de la tierra y de las cubiertas terrestres basados en muestreos periódicos o en teledetección).

3.4.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En este método, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de tasas de conversión medias mundiales o nacionales y de estimaciones de las superficies de tierra convertidas en praderas. Además, la utilización de parámetros por defecto de las reservas de carbono en las condiciones iniciales y finales contribuye a unos niveles de incertidumbre relativamente altos. En este método, los valores por defecto conllevan los correspondientes intervalos de error, cuyos valores figuran en los cuadros de valores por defecto.

Nivel 2: Utilizando estimaciones de superficies reales en lugar de tasas medias de conversión se mejorará la exactitud de las estimaciones. Además, si se vigila la evolución de cada área de tierra para todas las posibles transiciones de uso de la tierra se podrá obtener una contabilidad más transparente, y los expertos podrán identificar lagunas de datos y superficies de tierra contabilizadas más de una vez. Por último, el Nivel 2 utiliza al menos algunos valores por defecto definidos por el país, con lo cual mejora la exactitud de las estimaciones, siempre y cuando representen mejor las condiciones del país. Las funciones de densidad de probabilidad (que proporcionan las estimaciones de media y de varianza) pueden obtenerse del conjunto de parámetros definidos para el país. Tales datos podrán utilizarse en análisis de incertidumbre avanzados, como las simulaciones de Monte Carlo. En el Capítulo 5 (Sección 5.2) se ofrecen orientaciones para desarrollar estimaciones de incertidumbre basadas en muestreos. Como mínimo, los métodos del Nivel 2 deberían permitir obtener intervalos de error en forma de desviaciones estándar porcentuales respecto a cada parámetro definido para el país.

Nivel 3: Los datos de actividad obtenidos de un sistema de inventario de los usos y gestiones de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies asociadas a cambios de uso de la tierra aplicando diversos métodos, incluidas las simulaciones de Monte Carlo.

3.4.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3.4.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La conversión de tierras en praderas puede efectuarse a partir de tierras no gestionadas, incluidos los ecosistemas nativos relativamente inalterados (por ejemplo, tierras forestales, humedales) y a partir de tierras agrícolas gestionadas intensivamente. En las conversiones a partir de tierras forestales, las alteraciones asociadas al desbroce de la tierra producirán por lo general pérdidas de C en la materia orgánica muerta (detritus de superficie y desperdicios leñosos gruesos). Debería suponerse que todos los depósitos de desperdicios y de desperdicios leñosos gruesos (estimados mediante los métodos descritos en la Sección 3.2.2.2) se oxidan tras la conversión de la tierra, y la variación de las reservas de C en la materia orgánica del suelo debería estimarse como se indica a continuación.

La variación total de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas se indica en la Ecuación 3.4.17:

ECUACIÓN 3.4.17
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS (TP)

$$\Delta C_{TP_{Suelos}} = \Delta C_{TP_{Minerales}} - \Delta C_{TP_{Orgánicos}} - \Delta C_{TP_{Cal}}$$

Donde:

$\Delta C_{TP_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas en el suelo en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TP_{Minerales}}$ = variación de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TP_{Orgánicos}}$ = emisiones de C anuales en suelos orgánicos convertidos en praderas (estimadas en forma de flujo anual neto), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TP_{Cal}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año^{-1}

Los criterios para seleccionar el método de estimación más adecuado dependerán del tipo de conversión de la tierra y de la longevidad de la conversión, así como de la disponibilidad de información adecuada específica del país para estimar los valores de referencia de las reservas de C en el suelo y los factores de variación de las reservas y de emisión. Todos los países deberían tratar de mejorar sus métodos de inventario y de notificación escogiendo del nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 ó 3 si las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en praderas constituyen una categoría esencial, y si la subcategoría de materia orgánica del suelo se considera significativa con arreglo a los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

3.4.2.2.1.1 Elección del método

Suelos minerales

Nivel 1: El Nivel 1 es fundamentalmente similar al aplicado en Praderas que siguen siendo praderas (Ecuación 3.4.8 de la Sección 3.4.1.2.1.1), excepto en que las reservas de carbono antes de la conversión dependen de parámetros correspondientes a otros usos de la tierra. Los métodos del Nivel 1 están basados en valores de referencia por defecto de las reservas de C y de los factores de variación de las reservas, y en datos totales en términos relativos sobre la ubicación y las tasas de conversión de uso de la tierra.

En el Nivel 1, el valor inicial (antes de la conversión) de las reservas de carbono ($COS_{(0-T)}$) se determina a partir del mismo valor de referencia de las reservas de C en el suelo (COS_{REF}) que se utiliza para todos los usos de la tierra (Cuadro 3.4.4), además de los factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) apropiados para el uso anterior de la tierra y para el uso de ésta como pradera. Para las tierras no gestionadas nativas y para los bosques gestionados, se supondrá que las reservas de C en el suelo son iguales a los valores de referencia (en otras palabras, los factores de uso de la tierra, de gestión y de aporte serán iguales a 1). Los valores actuales de las reservas de C en el suelo (COS_0) en tierras convertidas en praderas se estiman exactamente de la misma manera que para las praderas permanentes, es decir, utilizando los valores de referencia de las reservas de carbono (Cuadro 3.4.4) y los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.4.5). Así, las tasas anuales de emisión (fuentes) o de absorción (sumideros) se calculan como la diferencia de las reservas (a lo largo del tiempo), dividida por el período de inventario (valor por defecto: 20 años).

Las etapas para calcular COS_0 y $COS_{(0-T)}$, así como la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha de tierra, son las siguientes:

Etapa 1: Seleccionar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), basándose en el tipo de clima y de suelo, para cada superficie de tierra que se somete a inventario.

Etapa 2: Calcular el valor de las reservas de C antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$) en las tierras que estén siendo convertidas en praderas, basándose en el valor de referencia de las reservas de carbono y en el uso y gestión de la tierra anteriores, que determinan los factores de uso de la tierra (F_{UT}), de gestión (F_{RG}) y de aporte (F_E). Obsérvese que, cuando las tierras que se convierten son bosques, las reservas antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de las reservas de carbono en suelos nativos.

Etapa 3: Calcular (COS_{REF}) repitiendo la Etapa 2 y utilizando el mismo valor de referencia de las reservas de carbono ($\Delta C_{TP_{Minerales}}$), pero con factores de gestión y de aporte que representen las condiciones existentes en las tierras convertidas en praderas.

Etapa 4: Calcular la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario ($\Delta C_{TP_{Minerales}}$).

Ejemplo 1: Para un bosque situado en suelo volcánico y en un entorno húmedo tropical, COS_{REF} = 70 toneladas de C ha^{-1}. Para todos los suelos forestales, los valores por defecto de los factores de variación de reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) son todos igual a 1; así, $COS_{(0-T)}$ será igual a 70 toneladas de C ha^{-1}. Si las tierras son convertidas en pastos moderadamente degradados/sobrepastoreados, se tendrá COS_0 = 70 toneladas de C ha^{-1} ● 1 ● 0,97 ● 1 = 67,9 toneladas de C ha^{-1}. Así, la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario será de (67,9 toneladas de C ha^{-1} - 70 toneladas de C ha^{-1})/20 años = -0,01 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$.

Ejemplo 2: Para un suelo húmedo tropical y volcánico que haya sido durante mucho tiempo tierra agrícola anual con labranza intensiva en que los residuos del cultivo se eliminan del campo, las reservas de carbono al comienzo del período de inventario $COS_{(0-T)}$ serán iguales a 70 toneladas de C ha^{-1} ● 0,58 ● 1 ● 0,91 = 36,9 toneladas de C ha^{-1}. Tras la conversión en pastos mejorados (por ejemplo, fertilizados), las reservas de carbono (COS_0) serán de 70 toneladas de C ha^{-1} ● 1● 1,17 ● 1 = 81,9 toneladas de C ha^{-1}. Así, la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario será igual a (81,9 toneladas de C ha^{-1} – 36,9 toneladas de C ha^{-1}) / 20 años =2,25 toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$.

Nivel 2: El método del Nivel 2, aplicado a los suelos minerales, está basado también en la Ecuación 3.4.8, aunque utiliza valores de referencia de las reservas de C y/o factores de variación de las reservas específicos del país o de la región, junto con datos de actividad más desglosados sobre los usos de la tierra.

Suelos orgánicos

En los Niveles 1 y 2, los suelos orgánicos convertidos en praderas durante el período de inventario reciben el mismo tratamiento que las praderas durante largos períodos en suelos orgánicos, es decir, se les aplica un factor de emisión constante sobre la base del régimen climático (véase la Ecuación 3.4.10 y el Cuadro 3.4.6). En el Nivel 2, los factores de emisión se obtienen de datos específicos del país o de la región.

Suelos minerales y orgánicos

Tanto para los suelos minerales como orgánicos, el Nivel 3 utiliza unos modelos más detallados y específicos del país, y/o metodologías basadas en mediciones, junto con datos muy desglosados sobre el uso y la gestión de las tierras. Las metodologías del Nivel 3 para estimar las variaciones de C en el suelo por efecto de la conversión de las tierras en praderas deberían utilizar modelos y conjuntos de datos que puedan representar las transiciones a lo largo del tiempo entre diferentes tipos de uso de la tierra y de vegetación, en particular los bosques, sabanas, praderas y tierras agrícolas. Los métodos del Nivel 3 deben integrarse con las estimaciones de la eliminación de biomasa y con el tratamiento de los residuos vegetales posterior a la tala (incluidos los restos leñosos y los detritus), dado que las variaciones en la eliminación y el tratamiento de los residuos (p. ej., por la quema o por la preparación del lugar) afectarán a los aportes de C a la formación de la materia orgánica del suelo y a las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es esencial validar los modelos mediante observaciones independientes en ubicaciones específicas del país o de la región que sean representativas de las interacciones del clima, del suelo y del tipo de vegetación con la variación de las reservas de C en el suelo después de la conversión.

Encalado

Cuando se aplica cal a las praderas convertidas a partir de otros usos de la tierra, los métodos para estimar las emisiones de CO_2 por efecto del encalado serán los mismos que los descritos para las *praderas que siguen siendo praderas*, Sección 3.4.1.2.1.1.

3.4.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Cuando se utilicen los métodos del Nivel 1 o del Nivel 2 se necesitarán las variables siguientes:

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.4.4. Esos valores están actualizados con respecto a los indicados en las *Directrices del IPCC*, con las mejoras siguientes: i) las estimaciones se han obtenido estadísticamente de compilaciones recientes de perfiles de suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de las zonas boreal y templada en la clasificación BMR, o como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen en una categoría propia, iii) se incluyen los suelos de las regiones de clima boreal.

Nivel 2: En el método del Nivel 2, el valor de referencia de las reservas de C en el suelo puede determinarse a partir de las mediciones del suelo, por ejemplo como parte integrante de las actividades de reconocimiento y

cartografía del suelo de un país. Es importante utilizar descripciones taxonómicas fiables de suelos medidos para clasificar éstos con arreglo a las clases definidas en el Cuadro 3.4.4 o, si se utiliza una subdivisión más fina del valor de referencia de las reservas de C en el suelo, documentar de manera coherente y adecuada las definiciones de los grupos de suelo. Algunas de las ventajas de utilizar datos específicos del país para estimar el valor de referencia de las reservas de C en el suelo son valores más exactos y representativos para un país dado, y la capacidad de estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden utilizarse en un análisis formal de incertidumbre.

Factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E), como se indica en el Cuadro 3.4.10. Esos valores están actualizados con respecto a las *Directrices del IPCC*, sobre la base de un análisis estadístico de las investigaciones publicadas. En el Cuadro se incluyen definiciones que podrían ayudar a seleccionar los valores apropiados para los factores. Los factores de variación de las reservas se utilizan para estimar las reservas tanto después (COS_0) como antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$); los valores variarán en función de las condiciones de uso y gestión de la tierra antes y después de la conversión. Obsérvese que, cuando se convierten bosques en praderas, los factores de variación de las reservas son todos iguales a 1, de modo que las reservas de carbono en el suelo antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de la vegetación nativa (COS_{REF}).

CUADRO 3.4.10
FACTORES RELATIVOS DE VARIACIÓN DE LAS RESERVAS EN EL SUELO PARA LA CONVERSIÓN DE TIERRAS EN PRADERAS

Tipo de valor del factor	Nivel	Valor por defecto de *OBP*
Uso y gestión de la tierra, aporte	Pradera gestionada	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.4.5
Uso y gestión de la tierra, aporte	Tierra agrícola	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.3.4
Uso y gestión de la tierra, aporte	Tierra forestal	Valores por defecto de F_{UT}, F_{RG}, F_E = 1

Nivel 2: En el Nivel 2, la estimación de los factores de variación de las reservas específicos del país para la conversión de tierras en praderas estará normalmente basada en comparaciones de pares de parcelas que representen tierras convertidas y sin convertir, en que todos los factores distintos de la historia de uso de la tierra serán lo más similares posible (p. ej., Davidson y Ackermann, 1993). En términos ideales, podrían encontrarse varias ubicaciones de muestra que representen un uso de la tierra dado en diferentes momentos después de la conversión: es decir, lo que se denomina una 'cronosecuencia' (p. ej., Neill *et al.*, 1997). Hay pocos experimentos de largo período replicados sobre las conversiones de uso de la tierra, de modo que los factores de variación de las reservas y de emisión para tales conversiones tendrán una incertidumbre relativamente elevada. Al evaluar los estudios existentes o al realizar nuevas mediciones, es esencial que las parcelas que se comparan tengan historias y gestiones similares antes de la conversión, al igual que las posiciones topográficas y las propiedades físicas de sus suelos, y que estén próximas entre sí. En cuanto a las praderas permanentes, la información necesaria incluye las reservas de C (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad especificada) para cada uso de la tierra (y para cada valor de tiempo si se trata de una cronosecuencia). Como ya se ha indicado para las praderas que siguen siendo praderas, a falta de información específica que permita seleccionar un intervalo de profundidad alternativo es una *buena práctica* comparar los factores de variación de las reservas a una profundidad de al menos 30 cm (es decir, la profundidad utilizada para los cálculos en el Nivel 1). Las variaciones de reservas a mayor profundidad serían un dato deseable si se dispusiera de un número suficiente de estudios y si se evidenciaran diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las reservas por efecto de la gestión de la tierra a mayores profundidades. Sin embargo, es esencial que el valor de referencia de las reservas de carbono en el suelo (COS_{Ref}) y los factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) se determinen a una profundidad común.

Suelos orgánicos

En el Nivel 1 y en el Nivel 2, la elección de los factores de emisión de C en suelos orgánicos recientemente convertidos en praderas gestionadas debería atenerse los mismos procedimientos que los utilizados para obtener factores de emisión, conforme se ha indicado en la sección Praderas que siguen siendo praderas.

3.4.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles se necesitan estimaciones de las superficies de tierra convertidas en praderas. Esas mismas estimaciones de superficie deberían utilizarse para los cálculos de biomasa y de suelo en las tierras convertidas en praderas. En niveles superiores es necesario que las superficies sean más específicas. Por coherencia con las *Directrices del IPCC*, al menos el área de tierra convertida en pradera debería identificarse por separado en todos los niveles. Para ello serán necesarios al menos algunos datos sobre los usos de la tierra antes de la conversión;

si se utiliza el procedimiento 1 del Capítulo 2 para identificar las superficies de tierra, puede ser necesario el dictamen de expertos.

Nivel 1: En la metodología del Nivel 1 es necesario cierto tipo de datos de actividad: las estimaciones por separado de las superficiesconvertidas en praderas a partir de los usos de la tierra iniciales (es decir, tierras forestales, tierras agrícolas), por regiones climáticas. Es necesario estimar la distribución de las conversiones de uso de la tierra por tipos de suelos (en una región climática), o bien utilizando métodos espacialmente explícitos (p. ej., superposiciones de mapas de conversiones de uso de la tierra con mapas de suelos), o recurriendo a expertos del país que conozcan la distribución de los principales tipos de suelos en superficiessometidas a conversiones de uso de la tierra. La determinación del área de tierra convertida en pradera ha de ser coherente con el período de tiempo (T en la Ecuación 3.4.8) utilizado en el cálculo de la variación de reservas. Si los países no disponen de esos datos, es posible extrapolar de muestras parciales a la totalidad de las tierras, o extrapolar en el tiempo las estimaciones históricas de las conversiones basándose en el criterio de expertos del país. En los cálculos del Nivel 1 pueden utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC* u otras fuentes, suplementadas por supuestos sólidos establecidos por expertos del país, para estimar el área de tierra convertida en pradera a partir de cada uso inicial de la tierra. En los cálculos de niveles superiores se utilizan fuentes de datos específicas del país para estimar todas las transiciones desde un uso inicial de la tierra al uso de ésta como pradera.

Nivel 2: Los países deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles de usos iniciales a usos de pradera, estratificadas por tipos de gestión. La cobertura total de las superficies de tierra puede conseguirse mediante el análisis de imágenes de uso de la tierra obtenidas por teledetección periódica y de patrones de la cubierta terrestre, mediante un muestreo periódico sobre el terreno de los patrones de uso de la tierra, o mediante sistemas de inventario híbridos. Si se dispone parcialmente de tales datos específicos del país de mayor resolución, se sugiere a los países que utilicen supuestos razonables basados en los conocimientos más apropiados disponibles para extrapolar al conjunto de las tierras. Las estimaciones históricas de las conversiones puede extrapolarse en el tiempo con arreglo al dictamen de expertos del país.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en una contabilidad de todas las transiciones de tierras en praderas, y estar desglosados para reflejar las diferentes circunstancias del país. El desglose puede efectuarse basándose en criterios políticos (comarcas, provincias, etc.), al bioma, al clima o a una combinación de esos parámetros. En muchos casos, los países tendrán información sobre las tendencias multianuales de la conversión de las tierras (tomadas de inventarios periódicos de los usos de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidos mediante muestras o teledetección).

3.4.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En esta metodología, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las tasas de conversión y de estimaciones groseras de superficies de tierra convertidas en praderas. Además, la utilización de parámetros por defecto para las reservas de carbono en las condiciones iniciales y finales contribuye a unos niveles relativamente altos de incertidumbre. En esta metodología, los valores por defecto llevan asociados los correspondientes intervalos de error.

Nivel 2: Las estimaciones de superficie reales correspondientes a diferentes transiciones de uso de la tierra permitirán una contabilidad más transparente y ayudarán a los expertos a identificar lagunas y dobles cómputos de las superficies de tierra. El método del Nivel 2 utiliza al menos algunos valores por defecto definidos para el país, que mejorarán la exactitud de las estimaciones, ya que representan mejor las condiciones de interés para el país. La utilización de valores específicos del país debería implicar un número suficiente de tamaños de la muestra y/o la aplicación del dictamen de expertos para estimar las incertidumbres, que, junto con las estimaciones de incertidumbre sobre los datos de actividad obtenidos mediante las sugerencias del Capítulo 2, deberían utilizarse en las metodologías de análisis de incertidumbre descritas en el Capítulo 5.

Nivel 3: Los datos de actividad obtenidos de un sistema de inventario de usos y tipos de gestión de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies asociadas a cambios de uso de la tierra. Los datos sobre emisiones y actividades, junto con sus correspondientes incertidumbres, pueden combinarse mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total.

3.4.2.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Al igual que para todas las praderas, las fuentes de emisión de CH_4 y de N_2O asociadas a praderas que han experimentado recientemente un cambio de uso de la tierra serán probablemente:

- Emisiones derivadas de incendios de la vegetación;
- Emisiones de N_2O procedentes de la mineralización de la materia orgánica del suelo;

- N_2O procedente del uso de fertilizantes;
- Aumento de las emisiones de N_2O y reducción de las emisiones de CH_4 por efecto del drenaje de suelos orgánicos; y
- Un menor sumidero de CH_4 en suelos aeróbicos por efecto del uso de fertilizantes.

Las emisiones de metano procedentes del ganado herbívoro (fermentación entérica) y el dióxido nitroso procedente del uso de fertilizantes y de desechos animales deberían calcularse y notificarse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 4 (Agricultura) de las *Directrices del IPCC,* y en las partes correspondientes (Secciones 4.2 y 4.7) de *OBP2000*.

Las emisiones derivadas de los incendios deberían calcularse utilizando los métodos descritos en la Sección 3.2.1.4, teniendo en cuenta, cuando se disponga de datos al respecto, que la carga de combustible será frecuentemente mayor durante el período de transición si el uso anterior de la tierra era forestal.

La conversión del uso de la tierra puede entrañar la mineralización del nitrógeno de la materia orgánica del suelo, que a su vez puede incrementar las emisiones de N_2O. Sin embargo, dependiendo del tipo de uso de la tierra anterior, y del tipo de clima y de suelo, la conversión de la tierra en pradera puede incrementar también la materia orgánica del suelo (Guo y Gifford, 2002).

La fertilización de las praderas tenderá a reducir la absorción de metano por el suelo y, cuando los suelos de los humedales han sido drenados, las emisiones de dióxido nitroso pueden aumentar; convendría que los países que notifican sus emisiones en el apartado Agricultura del Nivel 3 tuvieran en cuenta esos efectos como se indica en la Sección 3.4.1.3. En las emisiones de gases distintos del CO_2 pueden influir también otros efectos adicionales de las transiciones a pradera, por ejemplo la perturbación de los suelos por efecto de la labranza, o la compactación cuando se utiliza equipo mecánico para la tala, pero los efectos no serán probablemente muy grandes, y no existen métodos por defecto para contabilizarlos. No se examinarán en estas orientaciones las variaciones de la tasa de absorción de CH_4 en la atmósfera por la capa superior oreada del suelo por efecto de la conversión, aunque es posible que en el futuro se aborden con mayor detalle diversas actividades relacionadas con la oxidación del metano.

3.4.3 Exhaustividad

Una serie de datos completa de las estimaciones de tierras contiene como mínimo el área de tierra del país que se considera pradera durante el período abarcado por las encuestas sobre los usos de la tierra u otras fuentes de datos, cuyas emisiones y absorciones de gas de efecto invernadero se estiman en el sector de UTCUTS. La superficie total abarcada por la metodología de inventario de las praderas es la suma de las tierras que siguen siendo praderas y de las tierras convertidas en praderas durante el período de tiempo dado. Esta metodología podría no incluir ciertas superficies de praderas cuando se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes a lo largo del tiempo, como en el caso de las praderas nativas con pastoreo moderado y con escasos aportes de gestión. Por consiguiente, es posible que el área total de praderas que se estime sea inferior a la superficie total de praderas del país. En tales casos, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen la diferencia de superficies de praderas en el inventario y la supeficie total de praderas de su territorio. Se sugiere a los países que vigilen la evolución a lo largo del tiempo de la superficie total de praderas incluida en el territorio nacional, y que mantengan unos registros transparentes de las partes utilizadas para estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono. Como se ha visto en el Capítulo 2, todas las superficies de praderas, incluidas las que no figuran en el inventario de emisiones, deberían ser objeto de comprobaciones de coherencia para evitar el doble cómputo o la omisión. Una vez sumada a las estimaciones de superficies destinadas a otros usos de la tierra, la serie de datos de superficies de praderas permitirá realizar una evaluación completa de las tierras incluidas en el informe de inventario de los países en el sector de UTCUTS.

Los países que utilizan métodos del Nivel 2 ó 3 para los depósitos de la biomasa y del suelo de las praderas deberían detallar más su inventario de la serie de datos de superficies de praderas. Los países podrían necesitar, por ejemplo, estratificar el área de praderas por tipos principales de clima y de suelo, incluyendo tanto las superficies de praderas inventariadas como las no inventariadas. Cuando en el inventario se utilicen superficies de tierra estratificadas, es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones de área tanto para los depósitos de la biomasa como para los del suelo. Con ello se conseguirá coherencia y transparencia, y una utilización eficaz de las encuestas sobre las tierras y de otros medios de recuperación de datos, y podrá establecerse un vínculo explícito entre las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en los depósitos de la biomasa y del suelo.

3.4.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Para mantener una serie temporal coherente, es una *buena práctica* que los países lleven registros de las superficies de praderas utilizadas en los informes de inventario a lo largo del tiempo. Tales registros deberían recoger la evolución de la superficie de praderas total incluida en el inventario, subdividida por tierras que siguen siendo praderas y por tierras convertidas en praderas. Se sugiere a los países que incluyan una estimación de la superficie de praderas total del territorio nacional. Para asegurarse de que las estimaciones de superficie son objeto de un trato coherente a lo largo del tiempo, las definiciones de uso de la tierra deberían estar claras y mantenerse invariables. Si se introdujeran modificaciones en las definiciones de uso de la tierra, es una *buena práctica* llevar registros transparentes de tales modificaciones. Deberían utilizarse también definiciones coherentes para cada uno de los tipos de praderas y de los sistemas de gestión incluidos en el inventario. Además, para facilitar una adecuada contabilidad de las emisiones y absorciones de carbono durante varios períodos, podrá utilizarse información histórica sobre la conversión de las tierras. Aun en el caso de que un país no pueda utilizar datos históricos para sus inventarios actuales, una mejora de las prácticas que permita seguir la evolución de las conversiones de la tierra será beneficiosa en inventarios futuros.

Para que las estimaciones y notificaciones sean coherentes, es necesario utilizar definiciones comunes de los tipos de actividad, clima y suelo durante el período de inventario, para lo cual puede ser necesario remitirse a las definiciones utilizadas por organismos nacionales encargados de recopilar datos, como se indica en el Capítulo 2.

3.4.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la Sección 3.4 pueden notificarse utilizando los cuadros de notificación del Anexo 3A.2. Las estimaciones pertenecientes a la categoría de praderas pueden equipararse a las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* como sigue:

- Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en la biomasa boscosa de las praderas que siguen siendo praderas se corresponden con la Categoría de notificación 5A del IPCC, Variaciones de la biomasa boscosa;
- Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en el suelo de las praderas que siguen siendo praderas se corresponden con la Categoría de notificación 5D del IPCC, Variaciones del carbono del suelo; y
- Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono resultantes de la conversión de tierras en praderas se corresponden con la Categoría de notificación 5B del IPCC para la biomasa, con la Categoría de notificación 5D del IPCC para los suelos, y con la Categoría de notificación 5E del IPCC para los gases distintos del CO_2.

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir estimaciones de inventario nacionales. Las fuentes de metadatos y de datos utilizadas para estimar los factores específicos del país deberían documentarse, y deberían facilitarse estimaciones de la media y de la varianza. En la práctica, convendría archivar las bases de datos y los procedimientos utilizados para procesar los datos (por ejemplo, los programas estadísticos) con el fin de estimar los factores específicos del país. Los datos de actividad y las definiciones utilizados para clasificar o totalizar los datos de actividad deberán ser documentados y archivados. Los procedimientos utilizados para clasificar los datos de actividad por tipos de clima y de suelo (en los Niveles 1 y 2) deberán estar claramente documentados. En las metodologías del Nivel 3 que utilicen modelos deberán documentarse la versión y la identificación del modelo. Si se utilizan modelos dinámicos, será necesario archivar permanentemente copias de todos los archivos de entrada del modelo, así como copias del código fuente del modelo y de los programas ejecutables.

3.4.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) del inventario

Es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de calidad y revisiones externas de las estimaciones y datos de inventario por expertos. Debería prestarse especial atención a las estimaciones específicas del país respecto de los factores de variación de las reservas y de emisión, para asegurarse de que se basan en datos de alta calidad y en la opinión verificable de expertos.

Algunas comprobaciones específicas de GC/CC para todas las metodologías de praderas son:

Praderas que siguen siendo praderas: Las superficiesen que se notifiquen variaciones de las reservas de biomasa en las praderas y variaciones de las reservas en el suelo de las praderas deberían ser las mismas. Las praderas pueden abarcar superficiesen que se contabilice la variación de las reservas del suelo pero en que las variaciones

de la biomasa se supondrán iguales a 0 (p. ej., cuando haya muy poca cantidad de biomasa no boscosa), superficiesen que varíen tanto las reservas en la biomasa como en el suelo (p. ej., las superficiescon incrustación de biomasa boscosa), y superficiesen que ni las reservas en la biomasa ni en el suelo estén experimentando cambios (p. ej., las praderas nativas gestionadas extensivamente). Para mejorar la transparencia y eliminar errores, debería notificarse la superficie total de praderas en que se haya estimado alguna variación de las reservas, y cuando la variación de las reservas en la biomasa sea igual a 0, deberán notificarse igualmente tales variaciones si se notifica la variación de las reservas de carbono en el suelo para esa misma área.

Tierras convertidas en praderas: El área total de tierras convertidas en praderas debería ser la misma en las estimaciones de biomasa y de suelo. Cuando los depósitos de la biomasa y del suelo estén desglosados en diferentes grados de detalle, deberían utilizarse las mismas categorías generales para desglosar los datos de área.

Para todas las estimaciones de la variación de las reservas de carbono en el suelo utilizando los métodos del Nivel 1 o del Nivel 2 las superficiestotales, para cada combinación de tipo de clima-suelo, deberán ser las mismas para el comienzo ($año_{(0-T)}$) y el final ($año_{(0)}$) del período de inventario (véase la Ecuación 3.4.9).

3.4.7 Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP sobre la gestión de praderas (véase el Cuadro 3.4.5)

Se han calculado los factores de variación de las reservas de C en praderas para tres tipos generales de estado de la pradera: degradada, gestionada nominalmente, y mejorada. Se ha incluido un factor de aporte adicional para aplicarlo a las praderas mejoradas. Las mejoras de la gestión consideradas en el presente texto se han limitado a la fertilización (orgánica o inorgánica), a la siembra de leguminosas o de otras especies herbáceas, y al regadío. Las praderas sobrepastoreadas y los pastos tropicales deficientemente gestionados (es decir, en los que no se ha aplicado ninguna de estas mejoras de gestión) se han clasificado como praderas degradadas. Las praderas nativas o introducidas que permanecieron sin mejoras se han agrupado en la categoría de praderas nominales. Las praderas que experimentaron algún tipo de mejora de la gestión se han clasificado como praderas mejoradas con tasas de aporte de C medias. En las praderas mejoradas sometidas a múltiples mejoras de gestión, las tasas de aporte de C se han considerado elevadas. Los datos se han sintetizado en modelos de efectos mixtos lineales, que dan cuenta tanto de los efectos fijos como de los aleatorios. Entre los efectos fijos se incluyen la profundidad, el número de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (por ejemplo, labranza reducida frente a ausencia de labranza). En lo que se refiere a la profundidad, no se han totalizado los datos, pero se han incluido las reservas medidas de C para cada aumento de la profundidad (p. ej., de 0 a 5 cm, de 5 a 10 cm, y de 10 a 30 cm) como un punto individualizado del conjunto de datos. De modo análogo, no se han totalizado los datos de un mismo estudio obtenidos en fechas diferentes. Por consiguiente, se han utilizado efectos aleatorios para reflejar la interdependencia de los datos de las series temporales y la interdependencia entre los datos puntuales que representaban profundidades diferentes en un mismo estudio. Se han estimado factores representativos de los efectos de las prácticas de gestión a los 20 años en los 30 cm superiores del suelo. Se ha calculado la varianza para cada uno de los valores de los factores, y se ha utilizado ese valor para construir funciones de distribución de probabilidad con una densidad normal.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.4.7

Abril, A., y E. H. Bucher. (1999). The effects of overgrazing on soil microbial community and fertility in the Chaco dry savannas of Argentina. Applied Soil Ecology **12**: págs. 159 a 167.

Aina, P. O. (1979). Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. Soil Science Society of America Journal **43**: págs. 173 a 177.

Arnold, P. W., F. Hunter, y P. Gonzalez Fernandez. (1976). Long-term grassland experiments at Cockle Park. Annales Agronomiques **27**: págs. 1027 a 1042.

Banerjee, M. R., D. L. Burton, W. P. McCaughey, y C. A. Grant. (2000). Influence of pasture management on soil biological quality. Journal of Range Management **53**: págs. 127 a 133.

Bardgett, R. D., C. Frankland Juliet, y J. B. Whittaker. (1993). The effects of agricultural practices on the soil biota of some upland grasslands. Agriculture, Ecosystems and Environment **45**: págs. 25 a 45.

Barrow, N. J. (1969). The accumulation of soil organic matter under pasture and its effect on soil properties. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry **9**: págs. 437 a 445.

Biondini, M. E., B. D. Patton, y P. E. Nyren. (1998). Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA. Ecological Applications **8**: págs. 469 a 479.

Cantarutti, R. B., J. M. Brage, R. M. Boddey, y S. d. P. Resende. (1995). Caracterizacao do status de nitrogenio em solosob pastagm de Brachiaria humidicola pura e consorciada com Desmodium ovalifolium cv. Itabela. Pages 733-735 *in* Proceedings of the XXV Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo, Micosa, MG, Brasil.

Carr, S. C. M., y J. S. Turner. (1959). The ecology of the Bogong high plains II. Fencing experiments in grassland C. Australian Journal of Botany **7**: págs. 34 a 83.

Carter, M. R., D. A. Angers, y H. T. Kunelius. (1994). Soil structural for and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. Soil Science Society of America Journal **58**: págs. 1194 a 1199.

Cerri, C. C., B. Volkoff, y F. Andreaux. (1991). Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. Forest Ecology and Management **38**: págs. 247 a 257.

Chone, T., F. Andreuz, J. C. Correa, B. Volkhoff, y C. C. Cerri. (1991). Changes in organic matter in an Oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture determined by 13C isotopic composition. Pages 397-405 *in* J. Berthelin, editor. Diversity of Environmental Biogeochemistry. Elsiver, Amsterdam.

Chuluun, T., L. L. Tieszen, and D. Ojima. (1999). Land use impact on C4 plant cover of temperate east Asian grasslands. Pages 103-109 *in* K. Otsubo, editor. NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land-use and Land-cover Changes Studies in East Asia. Center for Global Environmental Research.

Desjardins, T., F. Andreauz, B. Volkoff, y C. C. Cerri. (1994). Organic carbon and 13C content in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. Geoderma **61**: págs 103 a 118.

Eden, M. J., D. F. M. McGregor, y N. A. Q. Viera. (1990). Pasture development on cleared forest land in northern Amazonia. The Geographical Journal **156**: págs. 283 a 296.

Escobar, C. J., y J. L. Toriatti Dematte. (1991). Distribution of organic matter and natural carbon-13 in an Ultisol in the Amazon piedmont. Pasturas Tropicales **13**: págs. 27 a 30.

Feigl, B. J., J. Melillo, y C. C. Cerri. (1995). Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondonia (Brazil). Plant and Soil **175**: págs. 21 a 29.

Fisher, M. J., I. M. Tao, M. A. Ayarza, C. E. Lascano, J. I. Sanz, R. J. Thomas, y R. R. Vera. (1994). Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. Nature **371**: págs. 236 a 238.

Frank, A. B., D. L. Tanaka, L. Hofmann, y R. F. Follett. (1995). Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. Journal of Range Management **48**: págs. 470 a 474.

Franzluebbers, A. J., N. Nazih, J. A. Stuedmann, J. J. Fuhrmann, H. H. Schomberg, y P. G. Hartel. (1999). Soil carbon and nitrogen pools under low- and high-endophyte-infected tall fescue. Soil Science Society of America Journal **63**: págs. 1687 a 1694.

Franzluebbers, A. J., J. A. Stuedmann, H. H. Schomberg, y S. R. Wilkinson. (2000). Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. Soil Biology and Biochemistry **32**: págs. 469 a 478.

Garcia-Oliva, F., I. Casar, P. Morales, y J. M. Maass. (1994). Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. Oecologia **99**: págs. 392 a 396.

Goh, K. M., J. D. Stout, y T. A. Rafter. (1977). Radiocarbon enrichment of soil organic matter fractions in New Zealand soils. Soil Science **123**: págs. 385 a 391.

Jackman, R. H. (1964). Accumulation of organic matter in some New Zealand soils under permanent pasture I. Patterns of change of organic carbon, nitrogen, sulphur, and phosphorous. New Zealand Journal of Agricultural Research **7**: págs. 445 a 471.

Kohn, G. D., G. J. Osborne, G. D. Batten, A. N. Smith, y W. J. Lill. (1977). The effect of topdresed superphosphate on changes in Nitrogen : Carbon : Sulphur : Phosphorous and pH on a red earth soil during a long term grazing experiment. Australian Journal of Soil Research **15**: págs. 147 a 158.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.4.7 (CONTINUACIÓN)

Koutika, L. S., F. Bartoli, F. Andreux, C. C. Cerri, G. Burtin, T. Chone, y R. Philippy. (1997). Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. Geoderma **76**.

Loiseau, P., y C. Grignani. (1991). Status of organic nitrogen and fate of mineral nitrogen in mid-mountain pastures. Agronomie **11**: págs. 143 a 150.

Lovell, R. D., S. C. Jarvis, y R. D. Bardgett. (1995). Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. Soil Biology and Biochemistry **27**: págs. 969 a 975.

Lytton Hitchins, J. A., A. J. Koppi, y A. B. McBratney. (1994). The soil condition of adjacent bio-dynamic and conventionally managed dairy pasture in Victoria, Australia. Soil Use and Management **10**: págs. 79 a 87.

Malhi, S. S., J. T. Harapiak, M. Nyborg, K. S. Gill, y N. A. Flore. (2002). Autumn and spring applications of ammonium nitrate and urea to bromegrass influence total and light fraction organic C and N in a thin Black Chernozem. Canadian Journal of Soil Science **82**: págs. 211 a 217.

Malhi, S. S., M. Nyborg, J. T. Harapiak, K. Heier, y N. A. Flore. (1997). Increasing organic C and N in soil under bromegrass with long-term N fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems **49**: págs. 255 a 260.

Manley, J. T., G. E. Schuman, J. D. Reeder, y R. H. Hart. (1995). Rangeland soil carbon and nitrogen responses to grazing. Journal of Soil and Water Conservation **50**: págs. 294 a 298.

Moulin, A. P., D. H. McCartney, S. Bittman, y W. F. Nuttall. Long-term effects of fertilizer on soil carbon in a pasture soil.

Naeth, M. A., A. W. Bailey, D. J. Pluth, D. S. Chanasyk, y R. T. Hardin. (1991). Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. Journal of Range Management **44**: págs. 7 a 12.

Neill, C., J. M. Melillo, P. A. Steudler, C. C. Cerri, J. F. L. d. Moraes, M. C. Piccolo, y M. Brito. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the Southwestern Brazilian Amazon. Ecological Applications **7**: págs. 1216 a 1225.

Nyborg, M., S. S. Malhi, E. D. Solberg, y R. C. Izaurralde. (1999). Carbon storage and light fraction C in a grassland dark gray chernozem soil as influenced by N and S fertilization. Canadian Journal of Soil Science **79**: págs. 317 a 320.

Oberson, A., D. K. Friesen, H. Tiessen, C. Morel, y W. Stahel. (1999). Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian oxisol. Nutrient Cycling in Agroecosystems **55**: págs. 77 a 88.

Reiners, W. A., A. F. Bouwman, W. F. J. Parsons, y M. Keller. (1994). Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties. Ecological Applications **4**: págs. 363 a 377.

Ridley, A. M., W. J. Slattery, K. R. Halyar, y A. Cowling. (1990). The importance of the carbon cycle to acidification of grazed animal pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture **30**: págs. 529 a 537.

Rixon, A. J. (1966). Soil fertility changes in a redbrown earth under irrigated pastures. Australian Journal of Agricultural Research **17**: págs. 303 a 316.

Russell, J. S. (1960). Soil fertility changes in the long term experimental plots at Kybybolite, South Australia. I. Changes in pH, total nitrogen, organic carbon and bulk density. Australian Journal of Agricultural Research **11**: págs. 902 a 926.

Schuman, G. E., J. D. Reeder, J. T. Manley, R. H. Hart, y W. A. Manley. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. Ecological Applications **9**: págs. 65 a 71.

Shiel, R. S. (1986). Variation in amounts of carbon and nitrogen associated with particle size fractions of soils from the Palace Leas meadow hay plots. Journal of Soil Science **37**: págs. 249 a 257.

Skjemstad, J. O., V. R. Catchpoole, R. P. l. Feuvre, y R. P. Le Feuvre. (1994). Carbon dynamics in Vertisols under several crops as assessed by natural abundance 13C. Australian Journal of Soil Research **32**: págs. 311 a 321.

Smoliak, S., J. F. Dormaar, y A. Johnston. (1972). Long-term grazing effects on Stipa-Bouteloua prairie soils. Journal of Range Management **25**: págs. 246 a 250.

Trumbore, S. E., E. A. Davidson, P. Barbosa De Camargo, D. C. Nepstad, y L. A. Martinelli. (1995). Belowground cycling of carbon in forests and pastures of Eastern Amazonia. Global Biogeochemical Cycles **9**: págs. 515 a 528.

Veldkamp, E. (1994). Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. Soil Science Society of America Journal **58**: págs. 175 a 180.

Walker, T. W., B. K. Thapa, y A. F. R. Adams. (1959). Studies on soil organic matter. 3. Accumulation of carbon, nitrogen, sulphur, organic and total phosphorous in improved grassland soils. Soil Science **87**: págs. 135 a 140.

Wang, Y., y Z. Chen. (1998). Distribution of soil organic carbon in the major grasslands of Xilinguole, Inner Mongolia, China. Acta Phytoecologica Sinica **22**: págs. 545 a 551.

Wood, K. M., y W. H. Blackburn. (1984). Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas rolling plains. Journal of Range Management

3.5 HUMEDALES

En el concepto de humedales se incluyen las tierras cubiertas o saturadas de agua durante todo o parte del año (por ejemplo, las turberas) que no pueden clasificarse como tierras forestales, tierras agrícolas, praderas o asentamientos con arreglo a las definiciones del Capítulo 2 (Sección 2.2, Categorías de tierra)[1]. Los humedales de esta categoría pueden subdividirse en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones del país. En los humedales gestionados se incluyen los embalses, y en los no gestionados, los ríos y lagos naturales. Las tierras forestales, las tierras agrícolas y las praderas establecidas en suelos de turba o húmedos se examinan en las Secciones 3.2, 3.3, y 3.4, respectivamente, del presente capítulo. Los arrozales se examinan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. El anegamiento y el drenaje de los humedales se abordan en las *Directrices del IPCC*, en la Sección 5.4.3, Otras posibles categorías de actividades.

Para poder estimar las emisiones de gases de efecto invernadero es necesario diferenciar entre los humedales gestionados y los no gestionados. En esta publicación, los humedales gestionados son aquellos en que se modifica artificialmente la capa freática (p. ej., en las turberas drenadas), o los creados por efecto de las actividades humanas (p. ej., las presas fluviales). Las principales emisiones de gases de efecto invernadero en humedales gestionados, así como las secciones en que se estiman tales emisiones, se resumen en el Cuadro 3.5.1.

CUADRO 3.5.1
SECCIONES Y APÉNDICES
REFERENCIAS SOBRE LAS PRINCIPALES EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE HUMEDALES GESTIONADOS

	Turberas	**Tierras anegadas[2]**
Humedales que siguen siendo humedales		
CO_2	Apéndice 3a.3	Apéndice 3a.3
CH_4	No se examina	Apéndice 3a.3
N_2O	Apéndice 3a.3	Apéndice 3a.3
Tierras convertidas en humedales		
CO_2	Sección 3.5	Sección 3.5
CH_4	No se examina (el drenaje y la rehumidificación de los suelos forestales se examinan en el Apéndice 3a.2)	Se examina en el Apéndice 3a.3 (no se establecen diferencias en función de la edad del embalse)
N_2O	Apéndice 3a.3 (el drenaje y la rehumidificación de los suelos forestales se examinan en el Apéndice 3a.2)	Se examina en el Apéndice 3a.3 (no se establecen diferencias en función de la edad del embalse)

3.5.1 Humedales que siguen siendo humedales

Esta categoría se examina en el Apéndice 3a.3, Humedales que siguen siendo humedales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro.

3.5.2 Tierras convertidas en humedales

En la presente sección se examinan las emisiones de CO_2 asociadas a la extracción de turba o a las inundaciones. La conversión de tierras en humedales puede ser un componente importante de las estimaciones nacionales de la deforestación (o de otras conversiones de uso de la tierra importantes a nivel nacional). Con respecto a las conversiones para la extracción de turba, la variación de las reservas de carbono asociada a la biomasa viva y al

[1] La definición utilizada en esta publicación concuerda con las definiciones habitualmente utilizadas en el Convenio de Ramsar sobre las marismas y en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

[2] Las tierras anegadas se definen como masas de agua reguladas por actividades humanas para la producción de energía, el regadío, la navegación, el recreo, etc. y en las que se producen variaciones sustanciales de la extensión de agua por efecto de su regulación. Los lagos y ríos regulados en que el principal ecosistema anterior al anegamiento era un lago o río natural no se consideran tierras anegadas. Los arrozales se examinan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000*.

suelo se examinará a continuación. En cuanto a las conversiones para el anegamiento de tierras, se examinará únicamente la variación de las reservas de carbono asociada a la pérdida de biomasa viva.

Las tierras convertidas en humedales pueden haber sido inicialmente tierras forestales, tierras agrícolas, praderas o asentamientos. Las conversiones más probables son las que transforman tierras forestales en humedales (por ejemplo, restableciendo el agua en las turberas drenadas para fines forestales), las relacionadas con la extracción de turba (conversión de turberas naturales en tierras gestionadas), o las conversiones en tierras anegadas (para fines hidroeléctricos o de otro tipo). No se examinan aquí las metodologías de restablecimiento del agua debido a la escasez de datos disponibles (en el Apéndice 3a.2 se examinan las emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO_2 procedentes del drenaje y restablecimiento del agua, con especial énfasis en el drenaje). Como se indica en la Ecuación 3.5.1, las orientaciones para estimar la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en humedales abarcan dos tipos de conversión de uso de la tierra: la extracción de turba y el anegamiento.

ECUACIÓN 3.5.1
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN HUMEDALES

$$\Delta C_{TH} = \Delta C_{TH\ turba} + \Delta C_{TH\ anegación}$$

Donde:

ΔC_{TH} = variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en humedales, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TH\ turba}$ = variación de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba (Sección 3.5.1), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TH\ anegación}$ = variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras anegadas (Sección 3.5.), en toneladas de C año^{-1}

Para convertir las toneladas de C en Gg de emisiones de CO_2, se multiplicará el número de toneladas por 44/12 y por 10^{-3}, por coherencia con los requisitos de notificación. Las emisiones se notifican como valores positivos, y las absorciones como valores negativos (la Ecuación 3.5.1 debería arrojar una pérdida de carbono). Para más amplia información sobre la notificación y las reglas de signos, véanse la Sección 3.1.7 y el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

En la Figura 3.1.2 se representa un árbol de decisiones general para seleccionar el nivel apropiado para las conversiones de tierras, aplicable a las tierras convertidas en humedales. Si se dispone de datos, la elección del nivel se hará por separado para cada tipo de conversión de la tierra (de tierras forestales en humedales, de praderas en humedales, de tierras agrícolas en humedales, de otros tipos de tierras en humedales).

3.5.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

3.5.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Se indica a continuación un método de estimación de las emisiones en tierras convertidas para la extracción de turba. En las *Directrices del IPCC* no se abordan explícitamente ni las emisiones procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba ni los cambios de uso de la tierra asociados a suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba. Las emisiones procedentes de la combustión de la turba se examinan en la sección Energía de las *Directrices del IPCC*. Por consiguiente, el método siguiente se refiere únicamente a las emisiones procedentes de la eliminación de vegetación en tierras preparadas para la extracción de turba y de las variaciones en la materia orgánica del suelo por efecto de la oxidación de la turba en la capa aeróbica de la tierra durante la extracción. La extracción de turba está contemplada en las estimaciones relativas a la combustión de turba en la sección sobre energía, y no se examinará en la presente sección. Este método, así como los correspondientes valores por defecto utilizados en las estimaciones del Nivel 1, puede aplicarse tanto a las tierras en que se está extrayendo turba (que se notificarán en la subcategoría de humedales que siguen siendo humedales) como a las tierras convertidas para la extracción de turba.

3.5.2.1.1.1 Elección del método

La estimación de la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba consta de dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3.5.2. La Ecuación 3.5.2 arroja una pérdida de carbono.

ECUACIÓN 3.5.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{TH\ turba} = \Delta C_{TH\ turba_{BV}} + \Delta C_{TH\ turba_{Suelos}}$$

Donde:

$\Delta C_{TH\ turba}$ = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TH\ turba_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TH\ turba_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año^{-1}

Se supone que el depósito de materia orgánica muerta no es significativo. Si un país dispone de datos sobre la materia orgánica muerta, tales datos podrán incluirse en las estimaciones con arreglo a los Niveles 2 ó 3.

La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva asociada a la conversión de tierras para la extracción de turba se estima mediante la Ecuación 3.5.3.

ECUACIÓN 3.5.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{TH\ turba_{BV}} = \Sigma\ S_i \bullet (B_{Después} - B_{Antes})_i \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TH\ turbaBV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba, en toneladas de C año^{-1}

S_i = superficie de tierra convertida anualmente para la extracción de turba a partir del uso original de las tierras *i*, en ha año^{-1}

B_{Antes} = biomasa sobre el suelo inmediatamente antes de la conversión para la extracción de turba, en toneladas de m.s. ha^{-1}

$B_{Después}$ = biomasa sobre el suelo inmediatamente después de la conversión para la extracción de turba, en toneladas m.s. ha^{-1} (valor por defecto: 0)

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

El método se ajusta a la metodología de la Sección 5.2.3 (Conversión de bosques y praderas) de las *Directrices del IPCC*, y es coherente con las metodologías utilizadas en los tres niveles para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva, con arreglo a las Secciones 3.2.2, 3.3.2 y 3.4.2. Como indica la ecuación, la cantidad de biomasa viva sobre el suelo eliminada para la extracción de turba se estima multiplicando la superficie de tierra convertida anualmente para la extracción de turba por la diferencia entre las reservas de carbono en la biomasa para el uso de la tierra original antes de la conversión y en la turbera después de la conversión. Cuando se convierten bosques en turberas, y la madera talada se refleja en las estadísticas de la recolección, convendría ajustar estas últimas con la cantidad de madera recolectada de B_{Antes}, para evitar un doble cómputo.

En el Nivel 1, el supuesto por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba consiste en que toda la biomasa sobre el suelo presente antes de la conversión para la extracción de turba se perderá en ese mismo año a medida que se efectúa la conversión, y en que las reservas de carbono en la biomasa viva después de la conversión ($B_{Después}$) son iguales a 0. Es una *buena práctica* que los países estimen, por categorías de bosques, la superficie de tierra convertida para la extracción de turba a partir de un uso forestal, y que utilicen los valores por defecto de las reservas de carbono del Anexo 3A.1, Cuadros de valores por defecto para la Sección 3.2 (Tierras forestales), a fin de obtener estimaciones de B_{Antes} para cada categoría de bosque inicial y para cada categoría de otros usos de la tierra iniciales, incluidas las turberas no gestionadas. Cuando la tierra haya estado anteriormente destinada a praderas, deberían utilizarse los valores por defecto de biomasa sobre el suelo del Cuadro 3.4.2.

En casos en que se utilice la quema para eliminar vegetación, habrá también emisiones de gases distintos del CO_2, es decir, CH_4 y N_2O. Estas emisiones pueden estimarse en los Niveles 2 y 3 con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.2.1.4. El drenaje de las turberas incrementa también las emisiones de N_2O. Estas emisiones pueden estimarse con arreglo a las orientaciones del Apéndice 3a.3, Emisiones de N_2O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba.

Las emisiones de CO_2 en el suelo se producen en varias etapas en el proceso de obtención de turba, como se indica en la Ecuación 3.5.4.

ECUACIÓN 3.5.4
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELO, EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{TH\ turba_{Suelos}} = \Delta C_{drenaje} + \Delta C_{extracción} + \Delta C_{almacenamiento} + \Delta C_{restablecimiento}$$

Donde:

$\Delta C_{TH\ turba_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas para la extracción de turba, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{drenaje}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo durante el drenado, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{extracción}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo durante la extracción de turba (excluida la cantidad de carbono de la turba extraída), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{almacenamiento}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo durante el almacenamiento de turba antes de su eliminación con fines de combustión, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{restablecimiento}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto de las prácticas realizadas para restablecer tierras anteriormente cultivadas, en toneladas de C año^{-1}

Nivel 1: En relación con las tierras convertidas para la extracción de turba, el nivel 1 contempla sólo el efecto del drenaje de la turba ($\Delta C_{drenaje}$). El Nivel 1 está basado en una identificación básica de las áreas y en los factores de emisión por defecto; el método básico para estimar las emisiones de carbono en suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba se recoge en la Ecuación 3.5.5. Esta ecuación se aplica en términos globales a la totalidad de suelos orgánicos de un país convertidos para la extracción de turba, separados en suelos ricos en nutrientes y suelos pobres en nutrientes, utilizando factores de emisión por defecto. Por el momento, sólo es posible indicar un método y determinados datos para estimar la variación media de las reservas de carbono asociada al drenaje de turba durante períodos largos, aunque las emisiones serán mayores en el primer año de drenaje que en años posteriores.

ECUACIÓN 3.5.5
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO POR EFECTO DEL DRENAJE DE SUELOS ORGÁNICOS CONVERTIDOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{drenaje} = S_{ricosN} \bullet FE_{ricosN} + S_{pobresN} \bullet FE_{pobresN}$$

Donde:

$\Delta C_{drenaje}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto del drenaje de suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba, en toneladas de C año^{-1}

S_{ricosN} = superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en ha

$S_{pobresN}$= superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en ha

FE_{ricosN} = factor de emisión relativo a la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

$FE_{pobresN}$ = factor de emisión relativo a la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

Nivel 2: Los métodos del Nivel 2 pueden ampliar los del Nivel 1 si se dispone de datos de área y de factores de emisión específicos del país. En tales casos, los países podrán subdividir los datos de actividad y los factores de emisión en función de la fertilidad de la turba, del tipo de turba e intensidad de drenaje, y/o del uso de la tierra o de la cubierta vegetal anteriores.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 están basados en estadísticas sobre las áreas de suelos orgánicos gestionadas para la extracción de turba en función del tipo de suelo, de la fertilidad, del tiempo transcurrido desde el drenaje y/o del tiempo transcurrido desde el restablecimiento, que podrían combinarse con los factores de emisión apropiados y/o con modelos basados en procesos. Podrían utilizarse también estudios que utilicen datos sobre la variación de la densidad aparente del suelo, el contenido de carbono y la profundidad de la turba, con objeto de detectar variaciones de las reservas de C en el suelo siempre y cuando la intensidad de muestreo sea suficiente y los muestreos abarquen la totalidad de la capa de turba. Tales datos deberían corregirse a fin de reflejar las pérdidas de carbono por efecto de la lixiviación del carbono orgánico disuelto, las pérdidas de materia orgánica muerta por efecto de la escorrentía, o las pérdidas en forma de emisiones de CH_4.

3.5.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Al estimar la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba dentro del Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar los factores de emisión por defecto indicados en el Cuadro 3.5.2.

CUADRO 3.5.2
FACTORES DE EMISIÓN E INCERTIDUMBRE ASOCIADA EN SUELOS ORGÁNICOS DESPUÉS DEL DRENAJE

Región/tipo de turba	Factor de emisión en toneladas de C ha año^{-1}	Incertidumbre[a] En toneladas de C ha año^{-1}	Referencia/Comentario[b]
Boreal y templada			
Pobre en nutrientes (FE_{pobreN})	0,2	0 a 0,63	Laine y Minkkinen, 1996; Alm *et al.*, 1999; Laine *et al.*, 1996; Minkkinen *et al.*, 2002
Rica en nutrientes (FE_{ricasN})	1,1	0,03 a 2,9	Laine *et al.*, 1996; LUSTRA, 2002; Minkkinen *et al.*, 2002; Sundh *et al.*, 2000
Tropical	2,0	0,06 a 6,0	Calculado a partir de la diferencia relativa entre las regiones templada (pobre en nutrientes) y tropical en el Cuadro 3.3.5.

[a] Intervalo de datos implícitos.

[b] Los valores de las zonas boreal y templada se han obtenidos como media log-normal de una revisión de mediciones de parcelas emparejadas, suponiendo que los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba hayan sido drenados sólo moderadamente. La mayor parte de los datos son de Europa.

Los países boreales que no disponen de información sobre las superficies de turbera ricas en nutrientes y pobres en nutrientes deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas pobres en nutrientes. Los países de zonas templadas que no disponen de tales datos deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas ricas en nutrientes. Para los países tropicales, por el momento sólo puede ofrecerse un único valor por defecto.

Nivel 2: El Nivel 2 está basado en datos específicos del país que reflejan prácticas de gestión tales como el drenaje de diferentes tipos de turba o la intensidad de drenado.

Nivel 3: En el Nivel 3 todos los parámetros deberían estar definidos para el país utilizando valores más exactos que los valores por defecto. Las publicaciones son escasas, y los resultados son a veces contradictorios, por lo que es una *buena práctica* obtener factores de emisión específicos del país a partir de mediciones comparadas con lugares vírgenes de referencia apropiados. Los datos deberían intercambiarse entre países que se encuentren en condiciones ambientales similares.

3.5.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

Nivel 1: Un dato de actividad necesario en todos los niveles es la superficie de suelo orgánico convertido para la extracción de turba. Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva se utiliza el valor de superficie total, mientras que para estimar la variación de las reservas de carbono en los suelos orgánicos es necesario diferenciar entre suelos orgánicos ricos en nutrientes y pobres en nutrientes. En el Nivel 1, lo ideal sería que los países obtuvieran datos adicionales sobre las áreas convertidas para la extracción de turba y sus usos originales. Para obtener tales datos puede recurrirse a estadísticas nacionales, a empresas mineras de extracción de turba, o a ministerios estatales responsables del uso de la tierra. Puede suponerse que la proporción de suelos ricos en nutrientes frente a los pobres en nutrientes es similar a la importancia relativa de esos tipos de turba a nivel nacional.

Nivel 2: En este nivel, los países pueden incorporar información basada en el uso original de la tierra, en el tipo de turba y en la fertilidad, así como en la intensidad de alteración de la turba y de drenaje en las áreas de suelo orgánico convertidas para la extracción de turba. Esta información podría obtenerse de las actualizaciones periódicas del inventario de las turberas nacionales.

Nivel 3: En este nivel puede ser necesaria información pormenorizada sobre el uso original de la tierra, el tipo de turba y la fertilidad, así como sobre la intensidad de alteración de la turba y de drenaje en las áreas de suelo orgánico convertidas para la extracción de turba. El tipo de modelo que se utilice determinará las necesidades específicas de datos y el nivel de desglose.

3.5.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Para estimar las emisiones procedentes de la conversión de la tierra en turba, las principales incertidumbres están asociadas a las estimaciones de superficie y a los factores de emisión.

Nivel 1: En los métodos del Nivel 1, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las reservas de carbono en los bosques antes de la conversión y en estimaciones

groseras de las áreas de tierra y de sus usos originales antes de la extracción de turba, aunque la mayoría de las áreas convertidas son probablemente turberas con una mayor o menor densidad de árboles. En este método, la mayoría de los valores por defecto no llevan asociados intervalos de error. Los factores de emisión por defecto indicados para el Nivel 1 se han obtenido de tan sólo un pequeño número de datos puntuales (menos de 10), con lo cual podrían no ser representativos de grandes áreas o de zonas climáticas. Por consiguiente, se ha supuesto un nivel de incertidumbre por defecto de +/-75% del valor estimado de las emisiones o absorciones de carbono, basándose en el dictamen de expertos. La distribución de probabilidad de la incertidumbre de las emisiones será probablemente no normal, por lo que se tomará como valor por defecto de la incertidumbre el intervalo del 95% de una distribución log-normal (Cuadro 3.5.2). Es una *buena práctica* utilizar este intervalo en lugar de una desviación estándar simétrica.

Se estima que la superficie de turberas drenadas conlleva una incertidumbre del 50% en Europa y América del Norte, aunque puede llegar a representar un factor de 2 para el resto del mundo. En el Sudeste de Asia la incertidumbre es muy elevada, ya que en esa región las turberas estan sometidas a fuerte presión, sobre todo por efecto de la urbanización y de la intensificación de la agricultura y de la silvicultura, y quizá también de la extracción de turba. Se supone que los datos de conversión de tierras en turberas conllevan el mismo valor de incertidumbre, aunque los países en que predomina la extracción de turba con fines comerciales dispondrán de datos de mayor calidad.

Nivel 2: En este nivel, las estimaciones de superficie en relación con la conversión de la tierra permitirán una contabilización más transparente, y permitirán a los expertos identificar lagunas de datos y evitar el doble cómputo de áreas de tierra. El Nivel 2 está basado en al menos cierto número de valores por defecto definidos para el país que afinarán la exactitud de las estimaciones, siempre y cuando representen mejor las condiciones propias del país. Cuando se obtengan valores por defecto específicos del país, los países deberían utilizar un número de tamaños de muestra y de técnicas que permita reducir al mínimo los errores típicos. Deberían obtenerse funciones de densidad de probabilidad (que proporcionen las estimaciones de media y de varianza) para todos los parámetros definidos para el país. Tales datos podrán utilizarse en análisis avanzados de incertidumbre, como las simulaciones de Monte Carlo. En el Capítulo 5 figuran orientaciones para el desarrollo de tales análisis. Como mínimo, las metodologías del Nivel 2 deberían proporcionar unos intervalos de error para cada parámetro definido para el país.

Nivel 3: En este nivel, los datos de actividad asociados a un sistema de inventario de uso y gestión de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a áreas asociadas a conversiones de la tierra. Es posible combinar los datos sobre emisiones y sobre actividad y sus incertidumbres asociadas utilizando procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza de la totalidad del inventario. Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente unas estimaciones más realistas, pero tendrán que ser calibrados y validados tomando como referencia las mediciones. En el Capítulo 5 (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres) se ofrecen orientaciones genéricas para evaluar la incertidumbre con métodos avanzados. Dado que el drenaje de las turberas compacta la turba y causa oxidación y pérdidas de carbono en formas distintas del CO_2, la variación de las reservas puede ser un punto de partida impreciso para supervisar los flujos de CO_2. Si se utiliza, debería calibrarse tomando como referencia las mediciones de flujo apropiadas.

3.5.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS ANEGADAS (EMBALSES)

En la Ecuación 3.5.6 se indica el método para estimar la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión de las tierras en tierras anegadas. Al igual que en el método descrito en la sección anterior a propósito de las turberas, este método presupone que las reservas de carbono en la tierra antes de la conversión se pierden en el primer año siguiente a la conversión. Las reservas de carbono en la tierra antes de la conversión pueden estimarse aplicando el método correspondiente a la biomasa viva, descrito para diversas categorías de uso de la tierra en otras secciones del presente capítulo. En el Nivel 1, se supondrá que las reservas de carbono tras la conversión son iguales a 0.

ECUACIÓN 3.5.6
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS ANEGADAS

$$\Delta C_{TH\ anegación_{BV}} = [\Sigma\ S_i \bullet (B_{Después} - B_{Antes})_i] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TH\ anegaciónBV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras anegadas, en toneladas de C año^{-1}

S_i = superficie de tierra convertida anualmente en tierra anegada a partir de un uso de la tierra original *i*, en ha año^{-1}

B_{Antes} = biomasa viva en la tierra inmediatamente antes de la conversión en tierras anegadas, en toneladas m.s. ha^{-1}

$B_{Después}$ = biomasa viva inmediatamente después de la conversión en tierras anegadas, en toneladas m.s. ha^{-1} (valor por defecto: 0)

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

En realidad, es posible que el carbono que permanece en las tierras convertidas antes de la anegación se emita durante varios años después de la anegación. En el Nivel 2, este proceso de emisión puede representarse mediante un modelo. Los países tendrán que desarrollar factores de emisión específicos del país, y pueden consultar el texto relativo del Apéndice 3a.3 sobre las emisiones procedentes de tierras anegadas que lo siguen siendo si desean directrices generales sobre la manera de aplicar ese método.

Por el momento no se ofrecen directrices sobre la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto de la conversión de las tierras en tierras anegadas. Las emisiones de gases distintos del CO_2 en tierras convertidas en tierras anegadas se examinan en el Apéndice 3a.3.

3.5.3 Exhaustividad

Una estimación completa de las emisiones en tierras convertidas en humedales debería abarcar todas las tierras convertidas para la extracción de turba o convertidas en tierras anegadas. En relación con los suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba, un inventario completo debería abarcar todas las tierras convertidas en turberas industriales. Debería ser coherente con un inventario completo de todas las turberas industriales, incluidas las áreas de extracción de turba abandonadas en las que todavía hay drenado, y las áreas drenadas para una futura extracción de turba, aunque omitiendo las que retornan al estado de humedal.

3.5.4 Elaboración de una serie temporal coherente

En la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales) se ofrecen orientaciones generales sobre la coherencia de las series temporales. El método de estimación de las emisiones debería aplicarse de manera coherente a cada año de la serie temporal, con el mismo nivel de desglose. Además, cuando se utilicen datos específicos del país, el organismo encargado del inventario nacional debería utilizar el mismo protocolo de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) a lo largo del tiempo, con arreglo a las orientaciones de la Sección 5.3, Muestreo. Si no fuera posible utilizar el mismo método o protocolo de medición a lo largo de la serie temporal, deberían aplicarse las orientaciones del Capítulo 5 sobre nuevos cálculos.

Con series temporales o tendencias de mayor duración, podría ser necesario interpolar la superficie de los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba. Si fuera necesario, deberían efectuarse comprobaciones de coherencia (contactando con las empresas de extracción de turba), a fin de obtener información temporal sobre las áreas afectadas por la extracción de turba en el pasado o en el futuro. Convendría explicar las diferencias entre la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos años de inventario, por ejemplo evidenciando cambios en las áreas de turbera industriales, o mediante factores de emisión actualizados.

3.5.5 Presentación de informes y documentación

Conviene documentar y archivar toda la información necesaria para producir las estimaciones de inventario nacionales de emisiones/absorciones, como se indica en el Capítulo 5, con sujeción a las consideraciones específicas siguientes. Las emisiones procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba no se mencionan explícitamente en las *Directrices del IPCC.* Para notificarlas pueden utilizarse los Cuadros de notificación del Anexo 3A.2.

Factores de emisión: Dada la escasez de datos publicados, deberían describirse y documentarse en detalle los fundamentos científicos en que se basen los nuevos factores, parámetros y modelos de emisión específicos del país. Ello implica definir los parámetros de entrada y describir el proceso en virtud del cual se han obtenido los factores, parámetros y modelos de emisión, así como describir las fuentes de incertidumbre.

Datos de actividad: Deberían registrarse las fuentes de todos los datos de actividad utilizados en los cálculos (fuentes de datos, bases de datos y referencias cartográficas del suelo), además (con sujeción a las consideraciones de confidencialidad que correspondan) de la comunicación con empresas que trabajen en la

extracción de turba. Tal documentación debería incluir la frecuencia de recopilación de datos y de estimación, y las estimaciones de exactitud y precisión, así como las razones a que responden las variaciones importantes en los niveles de emisión.

Resultados de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones importantes de las emisiones entre un año y otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los factores de emisión, parámetros y métodos de un año a otro, y deberían documentarse las razones de esas variaciones. Si se utilizan factores de emisión, parámetros y métodos diferentes en años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones.

3.5.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios

Sería apropiado efectuar comprobaciones de garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) como se indica en el Capítulo 5 (Sección 5.5), y someter las estimaciones de emisión a una revisión por expertos. Dada la escasez de datos, tales revisiones deberían realizarse regularmente para tener en cuenta nuevos resultados de las investigaciones. Podrían ser también aplicables comprobaciones adicionales de control de la calidad, como se indica en los procedimientos del Nivel 2 del Capítulo 8, GC/CC, de *OBP2000*, y procedimientos de garantía de la calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles elevados para cuantificar las emisiones procedentes de esa categoría de fuentes. Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, deberían estar basados en datos experimentales de alta calidad y desarrollados mediante un programa de mediciones que constituya una *buena práctica*, y deberían estar adecuadamente documentados.

En el momento actual no es posible cotejar con otros métodos de medición las estimaciones de emisión en suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba. Sin embargo, el organismo encargado del inventario debería asegurarse de que las estimaciones de emisión se someten a controles de calidad:

- cotejando los factores de emisiones específicos del país notificados con los valores y datos por defecto de otros países; y
- comprobando la plausibilidad de los resultados estableciendo referencias cruzadas para las áreas de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba que remitan a datos de industrias dedicadas a la extracción y producción de turba.

3.6 ASENTAMIENTOS

Esta categoría de uso de la tierra se define en el Capítulo 2 como el conjunto de todas las tierras desarrolladas, comprendidos la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías de uso de la tierra. En el presente capítulo, el aspecto más destacado de los asentamientos son los componentes terrestres de las tierras desarrolladas gestionadas que pueden influir en los flujos de CO_2 entre los depósitos de carbono de la atmósfera y del planeta. En ese contexto, la categoría "asentamientos" abarca todos los tipos de formaciones de árboles urbanos, a saber: los árboles plantados en las calles, en los jardines públicos y privados, y en diferentes tipos de parques, siempre cuando tales árboles estén funcionalmente o administrativamente asociados a ciudades, poblaciones, etc. Aunque los depósitos de carbono en la materia orgánica muerta y en el suelo pueden ser también fuentes o sumideros de CO_2 en los asentamientos, y las prácticas de gestión de las tierras urbanas pueden producir emisiones de CH_4 y de N_2O, se sabe poco sobre el papel y la magnitud de esos depósitos en el conjunto de los flujos de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, el análisis metodológico se centrará en la subcategoría de la variación de reservas de carbono en la biomasa viva, sobre la que se han realizado algunas investigaciones (Nowak 1996, 2002).

La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en la categoría "asentamientos" puede estimarse en dos partes: "asentamientos que siguen siendo asentamientos (AA)", y "tierras convertidas en asentamientos (TA)". Esta última parte puede ser un componente importante de las estimaciones nacionales de deforestación (o de otras conversiones de uso de la tierra importantes a nivel nacional). Por consiguiente, se ofrece a continuación un breve texto orientativo sobre la estimación de la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión de tierras forestales en asentamientos. En esta sección se examinará sólo la biomasa viva.

3.6.1 Asentamientos que siguen siendo asentamientos

En el Apéndice 3a.4 se indica un método básico para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 en asentamientos que siguen siendo asentamientos, ya que los métodos y datos por defecto disponibles para ese tipo de conversión de la tierra son preliminares. Si los países disponen de datos sobre la materia muerta, el carbono de los suelos y los gases distintos del CO_2 en los asentamientos, se sugiere que notifiquen también esa información.

3.6.2 Tierras convertidas en asentamientos

La ecuación fundamental para estimar la variación de las reservas de carbono asociada a las conversiones de uso de la tierra se ha explicado en otras secciones del presente capítulo (Secciones 3.2.2, 3.3.2 y 3.4.2) en relación con las tierras convertidas en tierras forestales, tierras agrícolas y praderas, respectivamente. Para estimar la variación de las reservas de carbono en tierras forestales convertidas en asentamientos puede aplicarse el mismo árbol de decisiones (véase la Figura 3.1.2) y el mismo método básico, con arreglo a la Ecuación 3.6.1.

ECUACIÓN 3.6.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS FORESTALES CONVERTIDAS EN ASENTAMIENTOS (TFA)

$$\Delta C_{TFA_{BV}} = S \bullet (C_{Después} - C_{Antes})$$

Donde:

ΔC_{TFABV} = variación anual de las existencias de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de tierras forestales en asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

S = superficie de tierras forestales convertida anualmente en asentamientos, en ha año^{-1}

$C_{Después}$ = reservas de carbono en la biomasa viva inmediatamente después de la conversión en asentamientos, en toneladas de C ha^{-1}

C_{Antes} = reservas de carbono en la biomasa viva de tierras forestales inmediatamente antes de su conversión en asentamientos, en toneladas de C ha^{-1}

Este método adopta el planteamiento de las *Directrices del IPCC* (Sección 5.2.3, Conversión de bosques y praderas), en virtud del cual la cantidad de biomasa viva sobre el suelo eliminada para la ampliación de los asentamientos se ha estimado multiplicando la superficie de bosques convertida anualmente en asentamientos por la diferencia en reservas de carbono entre la biomasa del bosque antes de la conversión (C_{Antes}) y después de la conversión ($C_{Después}$). Son aplicables también aquí las metodologías de las Secciones 3.2.2, 3.3.2 y 3.4.2 para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva. Con objeto de desarrollar las estimaciones en el Nivel 1, se utilizan supuestos por defecto y valores por defecto de las reservas de carbono. En el Nivel 2, las reservas de carbono específicas del país se aplican a los datos de actividad desglosados, en las escalas apropiadas.

En el Nivel 3 los países utilizan métodos de estimación avanzados que pueden conllevar la utilización de modelos complejos y de datos de actividad muy desglosados.

Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en las tierras convertidas en asentamientos, los supuestos del Nivel 1 consisten en que toda la biomasa viva presente antes de la conversión en asentamiento se perderá en el mismo año en que se realiza la conversión, y las reservas de carbono en la biomasa viva después de la conversión ($C_{Después}$) son iguales a 0. Los países deberían estimar, por principales tipos de bosque, la superficie de tierras forestales convertidas en asentamientos, y utilizar los valores por defecto de las reservas de carbono de los Cuadros 3A.1.2 y 3A.1.3 para desarrollar estimaciones de las reservas de carbono en la biomasa viva antes de la conversión (C_{Antes}) para cada tipo de bosque inicial.

Cuando se utilice la quema para eliminar vegetación, habrá también emisiones de gases distintos del CO_2, es decir, de CH_4 y N_2O. Los países pueden optar por estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema cuando se utiliza ese método para eliminar la vegetación con objeto de desarrollar asentamientos. El método básico para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema figura en la Sección 3.2.1.4.

3.7 OTRAS TIERRAS

La categoría "Otras tierras" se define en el Capítulo 2 como una categoría que engloba los suelos desprovistos de vegetación, las rocas, el hielo, etc., y todo tipo de áreas de tierra no incluidas en ninguna de las demás categorías de uso de la tierra examinadas en las Secciones 3.2 a 3.6. Esta categoría se incluye con objeto de que la totalidad de las áreas de tierra identificadas concuerden con la superficie del país en que se dispone de datos. En concordancia con las *Directrices del IPCC*, la variación de las reservas de carbono y las emisiones y absorciones de gases distintos del CO_2 no tendrían que evaluarse en la categoría "Otras tierras que siguen siendo otras tierras (OTOT)", suponiendo que normalmente éstas no están gestionadas. En la actualidad no es posible ofrecer orientaciones con respecto a "Otras tierras" que estén gestionadas. La categoría "Otras tierras" se incluye, no obstante, para verificar la coherencia general de las áreas de tierra y para vigilar la evolución de las conversiones en otras tierras y de otras tierras, ya que muchos métodos obligan a conocer las correspondientes reservas de carbono. Es particularmente importante incluir información completa sobre las tierras forestales convertidas para otros tipos de uso, incluida la categoría "Otras tierras", a fin de que exista coherencia con los requisitos de los Capítulos 4 y 5.

3.7.1 Otras tierras que siguen siendo otras tierras

Las variaciones de las reservas de carbono y las emisiones y absorciones de gases distintos del CO_2 no se examinan en esta categoría, como ya se ha señalado.

3.7.2 Tierras convertidas en otras tierras

Aunque es improbable, puede haber conversión de tierras en "Otras tierras", por ejemplo como consecuencia de una deforestación seguida de una degradación. Esta conversión de uso de la tierra, tanto si comienza con una actividad humana como si se debe a una causa natural que afecte a las tierras gestionadas, es necesario calcular las emisiones de CO_2, ya que el proceso de conversión libera el carbono previamente retenido en la tierra, y las emisiones y/o absorciones por efecto de las actividades de gestión cesan. Las emisiones en tierras convertidas en suelos desprovistos de vegetación como consecuencia del desarrollo de asentamientos deberían incluirse en la categoría "Asentamientos" (véase la Sección 3.6.2, Tierras convertidas en asentamientos.).

Es una *buena práctica* estimar la variación de las reservas de carbono asociada a la conversión de todos los tipos de tierras gestionadas en otras tierras. En la Figura 3.1.2 se representa un árbol de decisiones que puede utilizarse para identificar el nivel apropiado para las tierras convertidas en "Otras tierras".

La variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en "Otras tierras" (TOT) se resume en la Ecuación 3.7.1.

ECUACIÓN 3.7.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN "OTRAS TIERRAS"

$$\Delta C_{TOT} = \Delta C_{TOT_{BV}} + \Delta C_{TOT_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TOT} = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año^{-1}

ΔC_{TOTBV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{TOTSuelos}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año^{-1}

3.7.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

En esta sección se ofrecen *orientaciones de buenas prácticas* para calcular la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de tierras que se encuentran en estado natural y dedicadas a otros usos en "Otras tierras". En este método, es necesario disponer de estimaciones del carbono presente en las reservas de biomasa viva antes de la conversión, basadas en la estimación de las áreas de tierra convertidas durante el período comprendido entre los estudios sobre el uso de la tierra. Por efecto de la conversión en "Otras tierras", se supone que la vegetación predominante queda totalmente eliminada, de modo que no subsista carbono en la biomasa viva después de la conversión. La diferencia entre los depósitos de carbono en la biomasa viva inicial y final se utiliza para calcular la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra. En años subsiguientes, no se tienen en cuenta las acumulaciones ni pérdidas en la biomasa viva en la categoría "Otras tierras" (véase la Sección 3.7.1).

3.7.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

3.7.2.1.1.1 Elección del método

La Ecuación 3.7.2 resume el método para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en "Otras tierras". El valor medio de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie se estima suponiéndolo igual a la variación de las reservas de carbono por efecto de la eliminación de biomasa viva en el uso inicial de la tierra. A partir de la definición de "Otras tierras", el supuesto por defecto consiste en que las reservas de carbono después de la conversión serán nulas.

ECUACIÓN 3.7.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN "OTRAS TIERRAS"

$$\Delta C_{TOT_{BV}} = S_{Conversión} \bullet (B_{Después} - B_{Antes}) \bullet FC$$

Donde:

ΔC_{TOTBV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año^{-1}

$S_{Conversión}$ = superficie de tierra convertida anualmente en "Otras tierras" partiendo de ciertos usos iniciales de la tierra, en ha año^{-1}

$B_{Después}$ = cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión en "Otras tierras", en toneladas m.s. ha^{-1}

B_{Antes} = cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión en "Otras tierras", en toneladas m.s. ha^{-1}

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)$^{-1}$

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 obedecen al planteamiento de las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3 (Conversión de bosques y praderas), en virtud de las cuales la cantidad de biomasa sobre el suelo que es eliminada se estima multiplicando la superficie de bosque convertida anualmente en otras tierras por el promedio del contenido de carbono anual en la biomasa de las tierras antes de la conversión. Se supone que la totalidad de la biomasa es eliminada en el año de la conversión. El supuesto por defecto recomendado para los cálculos del Nivel 1 consiste en que la totalidad del carbono de la biomasa es liberado a la atmósfera mediante procesos de degradación tanto en el lugar como fuera de lugar.

Nivel 2: Podrá utilizarse un método del Nivel 2 cuando sea posible obtener datos específicos del país sobre las reservas de carbono en el uso inicial de la tierra. Además, en el Nivel 2 las pérdidas de carbono pueden asignarse a determinados procesos de conversión, como la quema o la recolección. De ese modo, es posible estimar más exactamente las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. (Véase en la Sección 3.2.1.4 el método básico para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 procedentes de la quema de biomasa.) La porción de biomasa eliminada suele utilizarse en forma de productos de madera o como leña. En el caso de los productos de madera, los países podrán considerar, como supuesto por defecto, que el carbono de los productos de madera se oxida en el año de la absorción. Los países pueden consultar también en el Apéndice 3a.1 las técnicas para estimar el almacenamiento de carbono en los productos de la madera recolectada.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 son similares a los del Nivel 2, aunque requieren un mayor número de datos/información que en este último nivel; por ejemplo:

- Para cada tierra forestal convertida en "Otras tierras" se utilizan las superficies efectivamente convertidas cada año;
- Las densidades de carbono y la variación de las reservas de carbono están basadas en información específica local, posiblemente con un vínculo dinámico entre la biomasa y el suelo; y
- Los volúmenes de biomasa eliminados están basados en inventarios reales y/o en estimaciones obtenidas mediante modelos.

3.7.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Tanto en las *Directrices del IPCC* como en la presente publicación se ofrecen parámetros por defecto para que los países con escasos recursos de datos puedan estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente. Para utilizar este método es necesario estimar las reservas de carbono antes de la conversión para el uso inicial de la tierra (C_{Antes}), y suponer que las reservas de carbono después de la conversión ($C_{Después}$) son iguales a 0. Pueden utilizarse los Cuadros 5-4 y 5-6 de las *Directrices del IPCC*, el Cuadro 3A.1.7 (Incremento medio anual neto sobre el suelo, en volumen, en plantaciones por especies) y el Cuadro 3A.1.8 (Relación media biomasa bajo el suelo/biomasa sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales) de esta publicación para estimar las reservas de carbono antes de la conversión en caso de que el uso inicial de la tierra

sea el de tierra forestal. Si la tierra está inicialmente destinada a cultivos o praderas, en las Secciones 3.3.2 o 3.4.2, respectivamente, figuran orientaciones.

Nivel 2: Los valores por defecto de las reservas de carbono indicados en el párrafo anterior pueden aplicarse a ciertos parámetros en el Nivel 2. Sin embargo, el Nivel 2 obliga al menos a disponer de ciertos datos específicos del país, que pueden obtenerse por ejemplo mediante estudios sistemáticos de las reservas de carbono en el bosque inicial y en otras categorías de uso de la tierra. En la Sección 3.2.1.4 se ofrecen parámetros por defecto para las emisiones procedentes de la quema de biomasa. Sin embargo, se sugiere a los encargados de los inventarios que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. El valor por defecto de la proporción de biomasa oxidada por efecto de la quema es 0,9, como se indicaba originalmente en las *Directrices del IPCC*.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deberían ser específicos del país, y más exactos que los valores por defecto.

3.7.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles es necesario algún tipo de estimación de la superficie de tierras convertidas en "Otras tierras" durante un período coherente con los estudios sobre el uso de la tierra. Esas mismas estimaciones de superficie total deberían utilizarse tanto para la biomasa como para el suelo en los cálculos de la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en "Otras tierras". Como se indica a continuación, en niveles superiores son necesarios valores de superficie más específicos.

Nivel 1: En este nivel son necesarios datos de actividad sobre áreas pertenecientes a diferentes categorías de uso de la tierra y convertidas en "Otras tierras". Si los países no disponen de esos datos, es posible extrapolar muestras parciales a la totalidad de las tierras o a las estimaciones históricas de las conversiones, basándose en el dictamen de expertos.

Nivel 2: En el Nivel 2, los encargados del inventario deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie para las transiciones de diversas categorías de uso de la tierra a la categoría "Otras tierras". Para abarcar la totalidad de las superficies de tierra pueden utilizarse análisis de imágenes periódicas obtenidas por teledetección o patrones de uso de las tierras y de la cubierta terrestre, muestreos periódicos sobre el terreno de los patrones de uso de la tierra, o sistemas de inventario híbridos.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en un recuento completo de todas las transiciones de categorías de uso de la tierra a otras tierras, y deberían estar desglosados para reflejar diferentes circunstancias dentro de un mismo país. El desglose puede responder a criterios jurisdiccionales (comarcas, provincias, etc.), o a criterios de bioma o clima, o a una combinación de esos parámetros. En muchos casos, podría disponerse de información sobre las tendencias multianuales de la conversión de las tierras (obtenidos de inventarios basados en muestreos o en teledetección sobre los usos de la tierra y la cubierta terrestre).

3.7.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En el Nivel 1, la incertidumbre está vinculada a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las reservas de carbono en tierras forestales o en tierras destinadas a otros usos antes de la conversión y en estimaciones groseras de áreas convertidas en "Otras tierras". La mayoría de los valores por defecto no van acompañados, en este método, de los correspondientes intervalos de error. Por consiguiente, se ha supuesto un nivel de incertidumbre por defecto de +/-75% de las emisiones o absorciones de CO_2, basándose en el dictamen de expertos.

Nivel 2: Las estimaciones de superficie propiamente dichas respecto de las tierras convertidas en "Otras tierras" permitirán un recuento más transparente, y permitirán a los expertos identificar carencias de datos y un doble cóm-puto de ciertas áreas de tierra. En el Nivel 2 se utilizan al menos algunos valores específicos del país, con lo que mejorará la exactitud de las estimaciones, siempre y cuando representen mejor las condiciones del país. Cuando se desarrollen valores específicos del país, los encargados del inventario deberían utilizar un número suficiente de tamaños y de técnicas de muestreo para reducir al mínimo los errores típicos. Es posible obtener funciones de densidad de probabilidad (es decir, proporcionar estimaciones del valor medio de la varianza) para todos los parámetros específicos del país. Tales datos pueden utilizarse en análisis de incertidumbre avanzados, como las simulaciones de Monte Carlo. Se puede consultar el Capítulo 5 para desarrollar tales análisis. Como mínimo, las metodologías del Nivel 2 deberían proporcionar unos intervalos de error para cada parámetro específico del país.

Nivel 3: Los datos de actividad deberían servir de base para la asignación de estimaciones de incertidumbre a áreas asociadas a conversiones de la tierra. Es posible combinar los factores de emisión/absorción y los datos de actividad, junto con sus incertidumbres correspondientes, mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total.

3.7.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

La conversión de tierras en "Otras tierras" especialmente en suelos sin vegetación, podría originar la liberación de carbono previamente retenido en el suelo de esas tierras. En el caso de las tierras convertidas en "Otras tierras", los encargados del inventario deberían estimar la variación de las reservas de carbono en suelos minerales para los usos iniciales de la tierra. El valor resultante de las reservas de carbono en suelos minerales en el caso "Otras tierras" puede suponerse igual a 0 en muchas situaciones. Se supone también que la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos no es de interés para los fines de esta sección.

3.7.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

3.7.2.2.1.1 Elección del método

El método de estimación en el caso de los suelos minerales está basado en la variación de las reservas de carbono en el suelo durante un período finito después de un cambio de gestión que afecte a las reservas de carbono en el suelo, como se indica en la Ecuación 3.7.3. El valor anterior de las reservas de carbono en el suelo ($COS_{(0-T)}$) y el valor de las reservas de carbono en el año de inventario (COS_0) se estiman a partir del valor de referencia de las reservas de carbono (Sección 3.4, Cuadro 3.3.4), aplicado a los valores de tiempo respectivos. El período de tiempo por defecto entre esos dos momentos es de 20 años. Esta metodología es similar a la descrita en la Sección 3.2.2.3 (carbono en los suelos forestales), aunque se supondrá que las reservas de carbono en el suelo en el año de inventario son iguales a 0 para las tierras convertidas en "Otras tierras".

ECUACIÓN 3.7.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN "OTRAS TIERRAS"

$$\Delta C_{TOT_{Minerales}} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S\ ] / T$$

$$COS = COS_{REF} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E$$

Donde:

$\Delta C_{TOTMinerales}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año^{-1}

COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha^{-1}

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha^{-1}

T = período de tiempo que dura la conversión, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de cada parcela, en ha

COS_{REF} = valor de referencia de las reservas de carbono, en toneladas de C ha^{-1}; véase el Cuadro 3.3.3

F_{UT} = factor de variación de las reservas correspondiente al tipo de uso de la tierra o al tipo de cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

F_{RG} = factor de variación de las reservas correspondiente al régimen de gestión, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

F_E = factor de variación de las reservas correspondiente al aporte de materia orgánica, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 utilizan valores de referencia por defecto de las reservas de carbono en suelos minerales con vegetación nativa (véase el Cuadro 3.3.3) y estimaciones groseras de áreas convertidas en "Otras tierras". Las reservas de carbono en el suelo después de la conversión se suponen iguales a 0 para la categoría "Otras tierras", como en el caso de los suelos sin vegetación o degradados, o en el caso de los desiertos.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan valores de referencia específicos del país o de la región para las reservas de carbono, y los datos sobre la actividad de uso de la tierra están más desglosados.

Nivel 3: En el Nivel 3 pueden utilizarse diversos tipos de datos más detallados y específicos del país, así como metodologías basadas en modelos y/o mediciones, junto con datos muy desglosados sobre el uso y gestión de la tierra. En todos los niveles, se supondrá que las reservas de carbono en el suelo en el año de inventario son iguales a 0 por efecto de su conversión en la categoría "Otras tierras".

3.7.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Al utilizar un método del Nivel 1 o del Nivel 2 se necesitarán las variables siguientes:

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.3.3.

Nivel 2: Para utilizar un método del Nivel 2, puede determinarse el valor de referencia de las reservas de carbono en el suelo a partir de mediciones en el suelo, por ejemplo en el marco de los estudios y actividades de cartografía de suelos del país.

Factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) indicados en el Cuadro 3.3.4. Se trata de valores actualizados de las *Directrices del IPCC*, basados en un análisis estadístico de investigaciones publicadas. Obsérvese que, cuando las tierras son convertidas en "Otras tierras", todos los factores de variación de las reservas son iguales a 1, de tal modo que las reservas de carbono en el suelo antes de la conversión son iguales a los valores de referencia para la vegetación nativa (COS_{Ref}).

Nivel 2: En los métodos del Nivel 2, la estimación de los factores de variación de las reservas específicos del país para la conversión de tierras en tierras agrícolas estará basada normalmente en comparaciones de pares de parcelas que representan tierras convertidas y no convertidas, de tal manera que todos los factores excepto el historial de usos de las tierra sean lo más similares posible (p. ej., Davidson y Ackermann, 1992).

3.7.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

Es una *buena práctica* que los encargados del inventario utilicen las mismas estimaciones de superficie para las tierras convertidas en "Otras tierras" con objeto de estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva y en los suelos. En la Sección 3.7.2.1.1.3 se describen algunas cuestiones generales con respecto a los datos de actividad. Con miras a estimar la variación de las reservas de carbono en el suelo, las estimaciones de superficie correspondientes a las conversiones de tierras en "Otras tierras" deberían estratificarse en función de los principales tipos de suelos, como se ha definido para el Nivel 1, o deberían estar basadas en estratificaciones específicas del país si se utilizan con el Nivel 2 ó 3. Para este procedimiento pueden utilizarse superposiciones con mapas de suelos adecuados y datos espacialmente explícitos sobre la ubicación de las conversiones de tierras.

3.7.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre se deriva de la utilización de tasas medias mundiales o nacionales de conversión, y en estimaciones de áreas de tierra convertidas en "Otras tierras". Además, la circunstancia de utilizar parámetros por defecto de las reservas de carbono en el estado inicial y final contribuye a unos niveles relativamente altos de incertidumbre. En este método, los valores por defecto conllevan intervalos de error, y figuran en los cuadros de valores por defecto.

La utilización de estimaciones de superficie propiamente dichas en lugar de tasas medias de conversión mejorará la exactitud de las estimaciones. Además, un seguimiento a lo largo del tiempo de cada superficie de tierra para todas las posibles transiciones de uso de la tierra permitirá una contabilidad más transparente y permitirá a los expertos identificar lagunas de datos y áreas contabilizadas varias veces.

3.7.3 Exhaustividad

En las metodologías de inventario, se considera que la superficie total de la categoría "Otras tierras" es la suma de "Otras tierras" que siguen siendo otras tierras y de las tierras convertidas en "Otras tierras" durante ese período. Se sugiere a los encargados del inventario que vigilen la evolución del área total de tierra clasificada como "Otras tierras" dentro de las fronteras del país, y que lleven registros transparentes sobre las partes de tierras utilizadas para estimar la variación de las reservas de carbono. Como ya se ha indicado en el Capítulo 2, todas las áreas, incluidas las no contempladas en el inventario de gases de efecto invernadero, deberían estar sujetas a comprobaciones de coherencia para evitar su doble cómputo u omisión. Cuando a las estimaciones de superficie de "Otras tierras" se suman las superficies de la categoría "Otras tierras", es posible realizar una evaluación completa de la totalidad de las tierras incluidas en el informe de inventario de los países para el sector de UTCUTS.

3.7.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Es una *buena práctica* que los responsables del inventario lleven registros cronológicos de las superficies de la categoría "Otras tierras" utilizadas en los informes de inventario. En tales registros debería vigilarse la evolución del área total clasificada como "Otras tierras", tal y como figura en el inventario, subdividida en "Otras tierras" que siguen siendo otras tierras y en tierras convertidas en "Otras tierras".

3.7.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la presente sección pueden notificarse utilizando los cuadros de notificación del Anexo 3AA.2. Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones del inventario nacional. Las fuentes de metadatos y de datos utilizadas para estimar parámetros específicos del país deberían estar documentadas, y deberían ofrecerse tanto estimaciones del valor medio como de la varianza. Deberían archivarse las bases de datos y los procedimientos efectivamente utilizados para procesar los datos (p. ej., en forma de programas estadísticos) a fin de estimar los factores específicos del país. Deberían documentarse y archivarse los datos de actividad y las definiciones utilizadas para clasificar o totalizar los datos de actividad.

3.7.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC)

Es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de calidad y revisiones por expertos externos de las estimaciones y datos del inventario. Debería dedicarse especial atención a las estimaciones específicas del país de los factores de variación de las reservas y de los factores de emisión para asegurarse de que están basadas en datos de gran calidad y en la opinión verificable de expertos.

Anexo 3A.1 Cuadros de valores por defecto de la biomasa para la Sección 3.2, Tierras forestales

Índice

En qué casos utilizar los cuadros 3.163

Cuadro 3A.1.1 Variación de la superficie forestal 3.164

Cuadro 3A.1.2 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques regenerados naturalmente, por categorías generales 3.168

Cuadro 3A.1.3 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques de plantación, por categorías generales 3.169

Cuadro 3A.1.4 Volumen 1) de madera en pie y contenido 2) de la biomasa sobre el suelo (materia seca) en los bosques en 2000, en promedio. 3.170

Cuadro 3A.1.5 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales 3.174

Cuadro 3A.1.6 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en las plantaciones, por categorías generales 3.175

Cuadro 3A.1.7 Incremento medio anual neto sobre el suelo, en volumen, en plantaciones por especies 3.178

Cuadro 3A.1.8 Relación media biomasa bajo el suelo/sobre el suelo (relación raíz–vástago, R) en la regeneración natural, por categorías generales 3.179

Cuadro 3A.1.9-1 Densidades de madera básicas de troncos para las especies de regiones boreales y templadas.....3.182

Cuadro 3A.1.9-2 Densidades de madera básicas (D) de troncos para especies arbóreas tropicales 3.183

Cuadro 3A.1.10 Valores por defecto de los factores de expansión de la biomasa (FEB) 3.189

Cuadro 3A.1.11 Valores por defecto de la fracción de la recolección total que se descompone en los bosques, f_{BD} 3.189

Cuadro 3A.1.12 Valores del factor de combustión (proporción de biomasa consumida antes de la combustión) para los incendios en diversos tipo de vegetación. 3.190

Cuadro 3A.1.13 Valores del consumo de biomasa para los incendios en diversos tipos de vegetación 3.191

Cuadro 3A.1.14 Eficiencia de combustión (proporción de combustible disponible efectivamente quemado) para las quemas de desbroce, y para las quemas de tala intensiva en diversos tipos de vegetación y condiciones de quema 3.195

Cuadro 3A.1.15 Coeficientes de emisión para la quema a cielo abierto de bosques talados 3.196

Cuadro 3A.1.16 Factores de emisión aplicable a los combustibles quemados en diversos tipos de incendios de vegetación 3.196

En qué casos utilizar los cuadros

Cuadro	Aplicación
Cuadro 3A.1.1 Variación de la superficie forestal	Sirve para verificar 'S' en la Ecuación 3.2.4
Cuadro 3A.1.2 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques regenerados naturalmente, por categorías generales	Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'
Cuadro 3A.1.3 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques de plantación, por categorías generales	Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'
Cuadro 3A.1.4 Volumen 1) de madera en pie y contenido 2) de la biomasa sobre el suelo en los bosques en 2000, en promedio	(1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3. (2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.
Cuadro 3A.1.5 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales	Sirve para el valor de C_w en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.6 Incremento medio anual de la biomasa sobre, el suelo en las plantaciones, por categorías generales	Sirve para el valor de C_w en la Ecuación 3.2.5. Si faltasen valores, sería preferible utilizar el incremento de volumen de tallos I_v del Cuadro 3A.1.7
Cuadro 3A.1.7 Incremento medio anual neto sobre el suelo, en volumen, en plantaciones por especies	Sirve para el valor de I_v en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.8 Relación media biomasa bajo el suelo/sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales	Sirve para el valor de R en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.9 –1 Densidades de madera básicas de troncos para las especies de regiones boreales y templadas	Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3., 3.25, 3.2.7, 3.2.8
Cuadro 3A.1.9-2 Densidades de madera básicas (D) de los troncos para especies de árboles tropicales	Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3., 3.25, 3.2.7, 3.2.8
Cuadro 3A.1.10 Valores por defecto de los factores de expansión de la biomasa (FEB)	FEB_2 ha de utilizarse en relación con los datos de la biomasa en pie en la Ecuación 3.2.3; y FEB_1 ha de utilizarse en relación con los datos incrementales en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.11 Valores por defecto de la fracción de la recolección total que se descompone en los bosques	Sirve sólo para f_{BD} en la Ecuación 3.2.7
Cuadro 3A.1.12 Valores del factor de combustión (proporción de biomasa consumida antes de la combustión) para los incendios en diversos tipos de vegetación	Los valores de la columna 'valor medio' pueden utilizarse para el valor de $(1-f_{BD})$ en la Ecuación 3.2.9, y para ρquemada en el lugar en la Ecuación 3.3.10
Cuadro 3A.1.13 Valores de consumo de biomasa para los incendios en diversos tipos de vegetación	Ha de utilizarse en la Ecuación 3.2.9 para la parte de la ecuación: '$B_W \bullet (1- f_{BD})$' , es decir, es una cantidad absoluta
Cuadro 3A.1.14 Eficiencia de combustión (proporción de combustible disponible efectivamente quemado) para las quemas de desbroce, y para las quemas de tala intensiva en diversos tipos de vegetación y condiciones de quema.	Sirve para las secciones 'Tierras forestales convertidas en tierras agrícolas', 'convertidas en praderas', o 'convertidas en asentamientos u otras tierras'
Cuadro 3A.1.15 Coeficientes de emisión para la quema a cielo abierto de bosques talados	Sirve para la Ecuación 3.2.19
Cuadro 3A.1.16 Factores de emisión aplicables a los combustibles quemados en diversos tipos de incendios de vegetación	Ha de utilizarse en relación con la Ecuación 3.2.20

CUADRO 3A.1.1
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

a. ÁFRICA

País	Supeficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Argelia	1 879	2 145	27	1,3
Angola	70 998	69 756	-124	-0,2
Benin	3 349	2 650	-70	-2,3
Botswana	13 611	12 427	-118	-0,9
Burkina Faso	7 241	7 089	-15	-0,2
Burundi	241	94	-15	-9,0
Camerún	26 076	23 858	-222	-0,9
Cabo Verde	35	85	5	9,3
República Centroafricana	23 207	22 907	-30	-0,1
Chad	13 509	12 692	-82	-0,6
Comoras	12	8	n.e.	-4,3
Congo	22 235	22 060	-17	-0,1
Côte d'Ivoire	9 766	7 117	-265	-3,1
Rep. Dem. del Congo	140 531	135 207	-532	-0,4
Djibouti	6	6	n.e.	n.e.
Egipto	52	72	2	3,3
Guinea Ecuatorial	1 858	1 752	-11	-0,6
Eritrea	1 639	1 585	-5	-0,3
Etiopía	4 996	4 593	-40	-0,8
Gabón	21 927	21 826	-10	n.e.
Gambia	436	481	4	1,0
Ghana	7 535	6 335	-120	-1,7
Guinea	7 276	6 929	-35	-0,5
Guinea-Bissau	2 403	2 187	-22	-0,9
Kenya	18 027	17 096	-93	-0,5
Lesotho	14	14	n.e.	n.e.
Liberia	4 241	3 481	-76	-2,0
Jamahiriya Árabe Libia	311	358	5	1,4

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
(www.fao.organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

a. ÁFRICA (Continuación)

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% /año
Madagascar	12 901	11 727	-117	-0,9
Malawi	3 269	2 562	-71	-2,4
Malí	14 179	13 186	-99	-0,7
Mauritania	415	317	-10	-2,7
Mauricio	17	16	n.e.	-0,6
Marruecos	3 037	3 025	-1	n.e.
Mozambique	31 238	30 601	-64	-0,2
Namibia	8 774	8 040	-73	-0,9
Níger	1 945	1 328	-62	-3,7
Nigeria	17 501	13 517	-398	-2,6
Reunión	76	71	-1	-0,8
Rwanda	457	307	-15	-3,9
Santa Elena	2	2	n.e.	n.e.
Santo Tomé y Príncipe	27	27	n.e.	n.e.
Senegal	6 655	6 205	-45	-0,7
Seychelles	30	30	n.e.	n.e.
Sierra Leona	1 416	1 055	-36	-2,9
Somalia	8 284	7 515	-77	-1,0
Sudáfrica	8 997	8 917	-8	-0,1
Sudán	71 216	61 627	-959	-1,4
Swazilandia	464	522	6	1,2
Togo	719	510	-21	-3,4
Túnez	499	510	1	0,2
Uganda	5 103	4 190	-91	-2,0
República Unida de Tanzanía	39 724	38 811	-91	-0,2
Sahara Occidental	152	152	n.e.	n.e.
Zambia	39 755	31 246	-851	-2,4
Zimbabwe	22 239	19 040	-320	-1,5

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
(www.fao.organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

b. ASIA

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Afganistán	1 351	1 351	n.e.	n.e.
Armenia	309	351	4	1,3
Azerbaiyán	964	1 094	13	1,3
Bahrein	n.e.	n.e.	n.e.	14,9
Bangladesh	1 169	1 334	17	1,3
Bhután	3 016	3 016	n.e.	n.e.
Brunei Darussalam	452	442	-1	-0,2
Camboya	9 896	9 335	-56	-0,6
China	145 417	163 480	1 806	1,2
Chipre	119	172	5	3,7
Rep. Pop. Dem. de Corea	8 210	8 210	n.e.	n.e.
Timor Oriental	541	507	-3	-0,6
Banda de Gaza	-	-	-	-
Georgia	2 988	2 988	n.e.	n.e.
India	63 732	64 113	38	0,1
Indonesia	118 110	104 986	-1 312	-1,2
Irán, República Islámica	7 299	7 299	n.e.	n.e.
Iraq	799	799	n.e.	n.e.
Israel	82	132	5	4,9
Japón	24 047	24 081	3	n.e.
Jordania	86	86	n.e.	n.e.
Kazajstán	9 758	12 148	239	2,2
Kuwait	3	5	n.e.	3,5
Kirguistán	775	1 003	23	2,6
Rep. Dem. Pop. Lao	13 088	12 561	-53	-0,4
Líbano	37	36	n.e.	-0,4
Malasia	21 661	19 292	-237	-1,2
Maldivas	1	1	n.e.	n.e.
Mongolia	11 245	10 645	-60	-0,5
Myanmar	39 588	34 419	-517	-1,4
Nepal	4 683	3 900	-78	-1,8
Omán	1	1	n.e.	5,3
Pakistán	2 755	2 361	-39	-1,5
Filipinas	6 676	5 789	-89	-1,4
Qatar	n.e.	1	n.e.	9,6

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
(www.fao.organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

b. ASIA (Continuación)

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
República de Corea	6 299	6 248	-5	-0,1
Arabia Saudita	1 504	1 504	n.e.	n.e.
Singapur	2	2	n.e.	n.e.
Sri Lanka	2 288	1 940	-35	-1,6
República Árabe Siria	461	461	n.e.	n.e.
Tayikistan	380	400	2	0,5
Tailandia	15 886	14 762	-112	-0,7
Turquía	10 005	10 225	22	0,2
Turkmenistán	3 755	3 755	n.e.	n.e.
Emiratos Árabes Unidos	243	321	8	2,8
Uzbekistán	1 923	1 969	5	0,2
Viet Nam	9 303	9 819	52	0,5
Ribera Occidental	-	-	-	-
Yemen	541	449	-9	-1,9
c. OCEANÍA				
Samoa Americana	12	12	n.e.	n.e.
Australia	157 359	154 539	-282	-0,2
Islas Cook	22	22	n.e.	n.e.
Fiji	832	815	-2	-0,2
Polinesia Francesa	105	105	n.e.	n.e.
Guam	21	21	n.e.	n.e.
Kiribati	28	28	n.e.	n.e.
Islas Marshall	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Micronesia	24	15	-1	-4,5
Nauru	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Nueva Caledonia	372	372	n.e.	n.e.
Nueva Zelandia	7 556	7 946	39	0,5
Niue	6	6	n.e.	n.e.
Islas Marianas Septentr.	14	14	n.e.	n.e.
Palau	35	35	n.e.	n.e.
Papua Nueva Guinea	31 730	30 601	-113	-0,4
Samoa	130	105	-3	-2,1
Islas Salomón	2 580	2 536	-4	-0,2
Tonga	4	4	n.e.	n.e.
Vanuatu	441	447	1	0,1

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
(www.fao.organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

d. EUROPA

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Albania	1 069	991	-8	-0,8
Andorra	-	-	-	-
Austria	3 809	3 886	8	0,2
Belarús	6 840	9 402	256	3,2
Bélgica y Luxemburgo	741	728	-1	-0,2
Bosnia y Herzegovina	2 273	2 273	n.e.	n.e.
Bulgaria	3 486	3 690	20	0,6
Croacia	1 763	1 783	2	0,1
República Checa	2 627	2 632	1	n.e.
Dinamarca	445	455	1	0,2
Estonia	1 935	2 060	13	0,6
Finlandia	21 855	21 935	8	n.e.
Francia	14 725	15 341	62	0,4
Alemania	10 740	10 740	n.e.	n.e.
Grecia	3 299	3 599	30	0,9
Hungría	1 768	1 840	7	0,4
Islandia	25	31	1	2,2
Irlanda	489	659	17	3,0
Italia	8 737 [1]	10 003	30	0,3
Letonia	2 796	2 923	13	0,4

[1] El valor correspondiente a Italia ha sido proporcionado por ese país, y está indicado en su Tercera Comunicación Nacional a la CMNU.

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.fao.organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

d. EUROPA

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Liechtenstein	6	7	n.e.	1,2
Lituania	1 946	1 994	5	0,2
Malta	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Países Bajos	365	375	1	0,3
Noruega	8 558	8 868	31	0,4
Polonia	8 872	9 047	18	0,2
Portugal	3 096	3 666	57	1,7
República de Moldova	318	325	1	0,2
Rumania	6 301	6 448	15	0,2
Federación de Rusia	850 039	851 392	135	n.s
San Marino	-	-	-	-
Eslovaquia	1 997	2 177	18	0,9
Eslovenia	1 085	1 107	2	0,2
España	13 510	14 370	86	0,6
Suecia	27 128	27 134	1	n.e.
Suiza	1 156	1 199	4	0,4
Ex República Yugoslava de Macedonia	906	906	n.e.	n.e.
Ucrania	9 274	9 584	31	0,3
Reino Unido	2 624	2 794	17	0,6
Yugoslavia	2 901	2 887	-1	-0,1

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

e. AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Antigua y Barbuda	9	9	n.e.	n.e.
Bahamas	842	842	n.e.	n.e.
Barbados	2	2	n.e.	n.e.
Belice	1 704	1 348	-36	-2,3
Bermuda	-	-	-	-
Islas Vírgenes Brit.	3	3	n.e.	n.e.
Canadá	244 571	244 571	n.e.	n.e.
Islas Caimán	13	13	n.e.	n.e.
Costa Rica	2 126	1 968	-16	-0,8
Cuba	2 071	2 348	28	1,3
Dominica	50	46	n.e.	-0,7
República Dominicana	1 376	1 376	n.e.	n.e.
El Salvador	193	121	-7	-4,6
Groenlandia	-	-	-	-
Granada	5	5	n.e.	0,9
Guadalupe	67	82	2	2,1
Guatemala	3 387	2 850	-54	-1,7
Haití	158	88	-7	-5,7
Honduras	5 972	5 383	-59	-1,0
Jamaica	379	325	-5	-1,5
Martinica	47	47	n.e.	n.e.
México	61 511	55 205	-631	-1,1
Montserrat	3	3	n.e.	n.e.
Antillas Neerlandesas	1	1	n.e.	n.e.
Nicaragua	4 450	3 278	-117	-3,0
Panamá	3 395	2 876	-52	-1,6
Puerto Rico	234	229	-1	-0,2
Saint Kitts y Nevis	4	4	n.e.	-0,6
Santa Lucía	14	9	-1	-4,9
Saint Pierre et Miquelón	-	-	-	-
San Vincente y las Granadinas	7	6	n.e.	-1,4
Trinidad y Tabago	281	259	-2	-0,8
Estados Unidos	222 113	225 993	388	0,2
Islas Vírgenes de los EE.UU.	14	14	n.e.	n.e.

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.FAO.org/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL
(Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)

f. AMÉRICA DEL SUR

País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Argentina	37 499	34 648	-285	-0,8
Bolivia	54 679	53 068	-161	-0,3
Brasil	566 998	543 905	-2 309	-0,4
Chile	15 739	15 536	-20	-0,1
Colombia	51 506	49 601	-190	-0,4
Ecuador	11 929	10 557	-137	-1,2
Islas Malvinas (Falkland Islands)	-	-	-	-
Guyana Francesa	7 926	7 926	n.e.	n.e.
Guyana	17 365	16 879	-49	-0,3
Paraguay	24 602	23 372	-123	-0,5
Perú	67 903	65 215	-269	-0,4
Suriname	14 113	14 113	n.e.	n.e.
Uruguay	791	1 292	50	5,0
Venezuela	51 681	49 506	-218	-0,4

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69págs. (www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.2
RESERVAS DE BIOMASA SOBRE EL SUELO EN BOSQUES REGENERADOS NATURALMENTE, POR CATEGORÍAS GENERALES
(toneladas de materia seca/ha)

(Sirve para el valor de Bw en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques')

Bosques tropicales [1]						
	Muy húmedo	**Húmedo con estación seca corta**	**Húmedo con estación seca larga**	**Seco**	**Montano húmedo**	**Montano seco**
África	310 (131 - 513)	260 (159 – 433)	123 (120 - 130)	72 (16 - 195)	191	40
Asia y Oceanía:						
Continental	275 (123 - 683)	182 (10 – 562)	127 (100 - 155)	60	222 (81 - 310)	50
Insular	348 (280 - 520)	290	160	70	362 (330 - 505)	50
América	347 (118 - 860)	217 (212 - 278)	212 (202- 406)	78 (45 - 90)	234 (48 - 348)	60

Bosques de región templada			
Clase de edad	**Coníferas**	**Hoja ancha**	**Mixtos Hoja ancha-Coníferas**
Eurasia y Oceanía			
≤20 años	100 (17 - 183)	17	40
>20 años	134 (20 - 600)	122 (18 -320)	128 (20-330)
América			
≤20 años	52 (17-106)	58 (7-126)	49 (19-89)
>20 años	126 (41-275)	132 (53-205)	140 (68-218)

Bosques de región boreal			
Clase de edad	**Mixtos Hoja ancha-Coníferas**	**Coníferas**	**Bosque-Tundra**
Eurasia			
≤20 años	12	10	4
>20 años	50	60 (12,3-131)	20 (21- 81)
América			
≤20 años	15	7	3
>20 años	40	46	15

Nota: Los datos se han indicado como valor medio, y como escalas de valores posibles (entre paréntesis).

[1] La definición de los tipos de bosque y los ejemplos por regiones se ilustran en el Recuadro 2 y en los Cuadros 5-1, p 5.7-5.8 de las *Directrices del IPCC* (1996).

CUADRO 3A.1.3
RESERVAS DE BIOMASA SOBRE EL SUELO EN BOSQUES DE PLANTACIÓN, POR CATEGORÍAS GENERALES
(toneladas de materia seca/ha)

(Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques')

Bosques tropicales y subtropicales

	Clase de edad	Muy húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Seco	Montano húmedo	Montano Seco
		P > 2000	2000>P>1000		P<1000	P>1000	P<1000
África							
Hoja ancha spp	≤20 años	100	80	30	20	100	40
	>20 años	300	150	70	20	150	60
Pinus sp	≤20 años	60	40	20	15	40	10
	>20 años	200	120	60	20	100	30
Asia:							
Hoja ancha	Todas	220	180	90	40	150	40
Otras especies	Todas	130	100	60	30	80	25
América							
Pinus	Todas	300	270	110	60	170	60
Eucalipto	Todas	200	140	110	60	120	30
Tectona	Todas	170	120	90	50	130	30
Otras, hoja ancha	Todas	150	100	60	30	80	30

Bosques de región templada

	Clase de edad	Pino	Otras Coníferas	Hoja caduca
Eurasia				
Marítimo	≤20 años	40	40	30
	>20 años	150	250	200
Continental	≤20 años	25	30	15
	>20 años	150	200	200
Mediterráneo y estepario	≤20 años	17	20	10
	>20 años	100	120	80
América del Sur	Todas	100	120	90
América del Norte	Todas	175 (50–275)	300	–

Bosques de región boreal

	Clase de edad	Pino	Otras Coníferas	Hoja caduca
Eurasia	≤20 años	5	5	5
	>20 años	40	40	25
América del Norte	Todas	50	40	25

CUADRO 3A.1.4
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

a. ÁFRICA

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor-mación Fuente
Argelia	44	75	IN
Angola	39	54	IN
Benin	140	195	IP
Botswana	45	63	IN
Burkina Faso	10	16	IN
Burundi	110	187	ES
Camerún	135	131	IP
Cabo Verde	83	127	ES
República Centroafricana	85	113	IP/EX
Chad	11	16	ES
Comoras	60	65	ES
Congo	132	213	EX
Côte d'Ivoire	133	130	IP
Rep. Dem. del Congo	133	225	IN
Djibouti	21	46	ES
Egipto	108	106	ES
Guinea Ecuatorial	93	158	IP
Eritrea	23	32	IN
Etiopía	56	79	IP
Gabón	128	137	ES
Gambia	13	22	IN
Ghana	49	88	ES
Guinea	117	114	IP
Guinea-Bissau	19	20	IN
Kenya	35	48	ES
Lesotho	34	34	ES
Liberia	201	196	ES
Jamahiriya Árabe Libia	14	20	ES

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

a. ÁFRICA (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor-mación Fuente
Madagascar	114	194	IN
Malawi	103	143	IN
Malí	22	31	IP
Mauritania	4	6	ES
Mauricio	88	95	ES
Marruecos	27	41	IN
Mozambique	25	55	IN
Namibia	7	12	IP
Níger	3	4	IP
Nigeria	82	184	ES
Reunión	115	160	ES
Rwanda	110	187	ES
Santa Elena			
Santo Tomé y Príncipe	108	116	IN
Senegal	31	30	IN
Seychelles	29	49	ES
Sierra Leona	143	139	ES
Somalia	18	26	ES
Sudáfrica	49	81	EX
Sudán	9	12	ES
Swazilandia	39	115	IN
Togo	92	155	IP
Túnez	18	27	IN
Uganda	133	163	IN
República Unida de Tanzanía	43	60	IN
Sahara Occidental	18	59	IN
Zambia	43	104	ES
Zimbabwe	40	56	IN

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $TL_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

b. ASIA

País	Volumen (sobre el suelo)	Biomasa (sobre el suelo)	Infor-mación
	m^3 / ha	t / ha	Fuente
Afganistán	22	27	FAO
Armenia	128	66	FAO
Azerbaiyán	136	105	FAO
Bahrein	14	14	FAO
Bangladesh	23	39	FAO
Bhután	163	178	FAO
Brunei Darussalam	119	205	FAO
Camboya	40	69	FAO
China	52	61	IN
Chipre	43	21	FAO
Rep. Pop. Dem. de Corea	41	25	ES
Timor Oriental	79	136	FAO
Banda de Gaza			
Georgia	145	97	FAO
India	43	73	IN
Indonesia	79	136	FAO
Irán, Rep. Islámica	86	149	FAO
Iraq	29	28	FAO
Israel	49	-	FAO
Japón	145	88	FAO
Jordania	38	37	FAO
Kazajstán	35	18	FAO
Kuwait	21	21	FAO
Kirguistán	32	-	FAO
Rep. Dem. Pop. Lao	29	31	IN
Líbano	23	22	FAO
Malasia	119	205	ES
Maldivas	-	-	-
Mongolia	128	80	IN
Myanmar	33	57	IN
Nepal	100	109	IP
Omán	17	17	FAO
Pakistán	22	27	FAO
Filipinas	66	114	IN

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

b. ASIA (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo)	Biomasa (sobre el suelo)	Infor-mación
	m^3 / ha	t / ha	Fuente
Qatar	13	12	FAO
República de Corea	58	36	IN
Arabia Saudita	12	12	FAO
Singapur	119	205	FAO
Sri Lanka	34	59	FAO
Rep. Árabe Siria	29	28	FAO
Tayikistán	14	10	FAO
Tailandia	17	29	IN
Turquía	136	74	FAO
Turkmenistán	4	3	FAO
Emiratos Árabes Unidos	-	-	-
Uzbekistán	6		FAO
Viet Nam	38	66	ES
Ribera Occidental	-	-	-
Yemen	14	19	FAO

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

c. OCEANÍA

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor-mación Fuente
Samoa Americana			
Australia	55	57	FAO
Islas Cook	-	-	-
Fiji	-	-	-
Polinesia Francesa	-	-	-
Guam	-	-	-

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

c.OCEANÍA (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Kiribati	-	-	-
Islas Marshall	-	-	-
Micronesia	-	-	-
Nauru	-	-	-
Nueva Caledonia	-	-	-
Nueva Zelandia	321	217	FAO
Niue	-	-	-
Islas Marianas Septentr.	-	-	-
Palau	-	-	-
Papua Nueva Guinea	34	58	IN
Samoa	-	-	-
Islas Salomón	-	-	-
Tonga	-	-	-
Vanuatu	-	-	-

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'

d. EUROPA

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Albania	81	58	FAO
Andorra	0	0	FAO
Austria	286	250	FAO
Belarús	153	80	FAO
Bélgica y Luxemburgo	218	101	FAO
Bosnia y Herzegovina	110	-	FAO
Bulgaria	130	76	FAO

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

d. EUROPA (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Croacia	201	107	FAO
República Checa	260	125	FAO
Dinamarca	124	58	FAO
Estonia	156	85	FAO
Finlandia	89	50	IN
Francia	191	92	FAO
Alemania	268	134	FAO
Grecia	45	25	FAO
Hungría	174	112	FAO
Islandia	27	17	FAO
Irlanda	74	25	FAO
Italia	145	74	FAO
Letonia	174	93	FAO
Liechtenstein	254	119	FAO
Lituania	183	99	FAO
Malta	232		FAO
Países Bajos	160	107	FAO
Noruega	89	49	FAO
Polonia	213	94	FAO
Portugal	82	33	FAO
República de Moldova	128	64	FAO
Rumania	213	124	FAO
Federación de Rusia	105	56	FAO
San Marino	0	0	FAO
Eslovaquia	253	142	FAO
Eslovenia	283	178	FAO
España	44	24	FAO
Suecia	107	63	IN
Suiza	337	165	FAO
Ex República Yugoslava de Macedonia	70	-	FAO
Ucrania	179	-	FAO
Reino Unido	128	76	FAO
Yugoslavia	111	23	FAO

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

e. AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor-mación Fuente
Antigua y Barbuda	116	210	ES
Bahamas	-	-	-
Barbados	-	-	-
Belice	202	211	ES
Bermuda	-	-	-
Islas Vírgenes Británicas	-	-	-
Canadá	120	83	FAO
Islas Caimán	-	-	-
Costa Rica	211	220	ES
Cuba	71	114	IN
Dominica	91	166	ES
República Dominicana	29	53	ES
El Salvador	223	202	FAO
Groenlandia	-	-	-
Granada	83	150	IP
Guadalupe	-	-	-
Guatemala	355	371	ES
Haití	28	101	ES
Honduras	58	105	ES
Jamaica	82	171	ES
Martinica	5	5	ES
México	52	54	IN
Montserrat	-	-	-
Antillas Neerlandesas	-	-	-
Nicaragua	154	161	ES
Panamá	308	322	ES
Puerto Rico	-	-	-
Saint Kitts y Nevis	-	-	-
Santa Lucía	190	198	ES
Saint Pierre y Miquelón	-	-	-

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

e. AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor-mación Fuente
San Vincente y las Granadinas	166	173	IN
Trinidad y Tabago	71	129	ES
Estados Unidos	136	108	FAO
Islas Vírgenes de los EE.UU.	-	-	-

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

f. AMÉRICA DEL SUR

País	Volumen (sobre el suelo) m^3 / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor-mación Fuente
Argentina	25	68	ES
Bolivia	114	183	IP
Brasil	131	209	ES
Chile	160	268	ES
Colombia	108	196	IN
Ecuador	121	151	ES
Islas Malvinas (Falkland Islands)	-	-	-
Guyana Francesa	145	253	ES
Guyana	145	253	ES
Paraguay	34	59	ES
Perú	158	245	IN
Suriname	145	253	ES
Uruguay	-	-	-
Venezuela	134	233	ES

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.5
INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO EN LA REGENERACIÓN NATURAL, POR CATEGORÍAS GENERALES
(toneladas de materia seca/ha/año)

(Sirve para el valor de C_W en la Ecuación 3.2.5)

Bosques tropicales y subtropicales

Clase de edad	Muy húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Seco	Montano húmedo	Montano seco
	P > 2000	2000>P>1000		P<1000	P>1000	P<1000
África						
≤20 años	10,0	5,3	2,4 (2,3 – 2,5)	1,2 (0,8 – 1,5)	5,0	2,0 (1,0 – 3,0)
>20 años	3,1 (2,3 –3,8)	1,3	1,8 (0,6 – 3,0)	0,9 (0,2 – 1,6)	1,0	1,5 (0,5 – 4,5)
Asia y Oceanía						
Continental						
≤20 años	7,0 (3,0 – 11,0)	9,0	6,0	5,0	5,0	1,0
>20 años	2,2 (1,3 – 3,0)	2,0	1,5	1,3 (1,0 – 2,2)	1,0	0,5
Insular						
≤20 años	13,0	11,0	7,0	2,0	12,0	3,0
>20 años	3,4	3,0	2,0	1,0	3,0	1,0
América						
≤20 años	10,0	7,0	4,0	4,0	5,0	1,8
>20 años	1,9 (1,2 – 2,6)	2,0	1,0	1,0	1,4 (1,0 – 2,0)	0,4

Bosques de región templada

Clase de edad	Coníferas	Hoja ancha
≤20 años	3,0 (0,5 – 6,0)	4,0 (0,5 – 8,0)
>20 años	3,0 (0,5 – 6,0)	4,0 (0,5 – 7,5)

Bosques de región boreal

Clase de edad	Mixtos Hoja caduca-Coníferas	Coníferas	Bosque-Tundra	Hoja ancha
Eurasia				
≤20 años	1,0	1,5	0,4 (0,2 – 0,5)	1,5 (1,0 – 2,0)
>20 años	1,5	2,5	0,4 (0,2 – 0,5)	1,5
América				
≤20 años	1,1 (0,7 – 1,5)	0,8 (0,5 – 1,0)	0,4 (0,2 – 0,5)	1,5 (1,0 – 2,0)
>20 años	1,1 (0,7 – 1,5)	1,5 (0,5 – 2,5)	0,4 (0,2 – 0,5)	1,3 (1,0 – 1,5)

Nota: P = precipitación anual en mm/año
Nota: Los datos se han indicado como valor medio y como escalas de valores posibles.

Cuadro 3A.1.6
INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO EN LAS PLANTACIONES, POR CATEGORÍAS GENERALES
(toneladas de materia seca/ha/año)

(Sirve para el valor de C_W en la Ecuación 3.2.5.
Si faltasen valores sería preferible utilizar los incrementos volumétricos de madera de tronco I_V del Cuadro 3A.1.7)

Bosques tropicales y subtropicales							
	Clase de edad	**Muy húmedo**	**Húmedo con estación seca corta**	**Húmedo con estación seca larga**	**Seco**	**Montano húmedo**	**Montano seco**
		P >2000	**2000>P>1000**		**P<1000**	**P>1000**	**P<1000**
África							
Eucalipto spp	≤20 años	-	20,0	12,6	5,1 (3,0-7,0)	-	-
	>20 añoss	-	25,0	-	8,0 (4,9-13,6)	-	-
Pinus sp	≤20 años	18,0	12,0	8,0	3,3 (0,5-6,0)	-	-
	>20 años		15,0	11,0	2,5	-	-
Otras	≤20 años	6,5 (5,0-8,0)	9,0 (3,0-15,0)	10,0 (4,0-16,0)	15,0	11,0	-
	>20 años	-	-	-	11,0	-	-
Asia							
Eucalipto spp	Todas	5,0 (3,6-8,0)	8,0	15,0 (5,0-25,0)	-	3,1	-
Otras especies	-	5,2 (2,4-8,0)	7,8 (2,0-13,5)	7,1 (1,6-12,6)	6,45 (1,2-11,7)	5,0 (1,3-10,0)	-
América	-	-	-	-	-	-	-
Pinus	-	18,0	14,5 (5,0 – 19,0)	7,0 (4,0 – 10,3)	5,0	14,0	-
Eucalipto	-	21,0 (6,4 – 38,4)	16,0 (6,4 – 32,0)	16,0 (6,4 – 32,0)	16,0	13,0 (8,5 – 17,5)	-
Tectona	-	15,0	8,0 (3,8 – 11,5)	8,0 (3,8 – 11,5)	-	2,2	-
Otras de hoja ancha	-	17,0 (5,0 – 35,0)	18,0 (8,0 – 40,0)	10,5 (3,2 – 11,8)	-	4,0	-

Nota 1 : P = Precipitación anual en mm/año

Nota 2 : Los datos se han indicado como valor medio y como escalas de valores posibles.

Nota 3 : Algnos datos de regiones boreales se han calculado a partir de los valores originales de Zakharov *et al.* (1962), Zagreev *et al.* (1993), Isaev *et al.* (1993) utilizando 0,23 como relación biomasa bajo el suelo/biomasa sobre el suelo y suponiendo un aumento lineal del incremento anual de 0 a 20 años.

Nota 4 : Para las plantaciones de las zonas templadas y boreales, es una *buena práctica* utilizar el incremento volumétrico de madera tronco (I_v en la Ecuación 3.2.5), en lugar del incremento de la biomasa sobre el suelo, conforme se indica en el cuadro precedente.

Referencias de los Cuadros 3A.1.2, 3A.1.3, 3A.1.4, 3A.1.5, y 3A.1.6

Regiones tropicales y subtropicales

Brown, S. (1996). A primer for estimating biomass and biomass change of tropical forest. FAO, Roma, Italia. 55 págs.

Budowski, G. (1985). The place of Agroforestry in managing tropical forest. En La conservación como instrumento para el desarrollo. Antología. San José, Costa Rica. EUNED. 19 págs.

Burrows, W. H.; Henry, B. K.; Back, P. V., *et al.* (2002) Growth and carbon stock change in eucalypt woodlands in northeast Australia: ecological and greenhouse sink implications. Global Change Biology 8 (8): págs. 769 a 784, 2002

Chudnoff, M. (1980). Tropical Timbers of the World. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, W1. 831 págs.

Clarke *et al.* (2001) NPP in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. Ecol. Applic. 11: págs. 371 a 384

Evans, J. (1982). Plantation forestry in the tropics. Oxford.

Favrichon, V. (1997). Réaction de peuplements forestiers tropicaux a des interventions sylvicoles. Bois et des forets des tropiques 254: págs. 5 a 24

FBDS: FUNDACAO BRASILERA PARA O DESEMVOLVIMENTO SUSTENTAVEL. (1997). Avaliacao das emissoes de gases de efeito estufa devido as mudancas no estoques de florestas plantadas. Rio de Janeiro (Brasil). 44 págs.

Fearnside, P.M. (1997). Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. Forest Ecology and Management 90(1): págs. 59 a 87.

FIA: Fundación para la Innovación Agraria. (2001). Potencial de proyectos forestales en el Mecansimo de Desarrollo Limpio en Chile. In IV Seminario Regional forestal del Cono Sur, elaboración de proyectos forestales en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, realizado los días 6 y 7 de diciembre de 2001. Santiago de Chile. 26 págs.

GASTON G., BROWN S., LORENZINI M. & SING. (1998). State and change in carbon pools in the forests of tropical Africa.Global Change Biology 4 (1), págs. 97 a 114.

Gower S.T., Gholz H.L, Nakane K.,Baldwin V.C. (1994). Production and carbon allocation patterns of pine forests Ecological bulletins 43: págs. 115 a 135 (datos convertidos de valores de producción primaria neta sobre suelo, suponiendo una caída de desperdicios =2 x L(-38)C de producción anual de follaje).

Grace J., Malhi Y., Higuchi N., Meir P. (2001). Productivity of tropical Rain Forests in "Terrestrial Global productivity" Roy J, Saugier B., & Mooney H.Eds, Physiological Ecology Series, Academic Press, San Diego , págs. 401 a 426.

Hofmann-Schielle, C., A. Jug, *et al.* (1999). Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. Forest Ecology and Management 121(1/2): págs. 41 a 55.

IBDF. (1983). Potencial madereira do Grande Carajás. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Brasilia, DF, Brasil. 134 págs.

Directrices del IPCC (1996). Libro de Trabajo p 5.22. Tomado de Houghton *et al.* 1983, 1987.

Klinge, H.; Rodrigues, W.A. (1973). Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. Acta Científica Venezolana 24: págs.225 a 237.

Laclau, J. P., J. P. Bouillet, *et al.* (2000). Dynamics of biomass and nutrient accumulation in a clonal plantation of Eucalyptus in Congo. Forest Ecology and Management 128(3): págs.181 a 196.

Lamprecht, H. (1990). Silviculture in the tropics. GTZ. Rossdorf, Deutsche. 333 págs.

Mandouri T. *et al.* in "Annales de la recherche forestière (1951-1999); and Thesis from National High School of Forestry (ENFI); and Hassan II Agronomic Institut(IAVHII).

MDSP/PNCC: MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION; PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS. (2002). Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Bolivia, 1990, 1994, 1998 y 2000. La Paz (Bolivia). 443 págs.

MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2000). Taller Regional Centro Americano sobre el Cambio Climático, 24-26 de junio de 2000. Ciudad de Panamá, Panamá.

Montagnini, F. (2000). Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. Forest Ecology and Management 134(1/3): págs. 257 a 270.

Moreno, H. (2001). Estado de la Investigación sobre dinámica del carbono en proyectos Forestales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ciencias Forestales. Medellín, Colombia.

Norgrove, L. and S. Hauser (2002). Measured growth and tree biomass estimates of Terminalia ivorensis in the 3 years after thinning to different stand densities in an agrisilvicultural system in southern Cameroon. Forest Ecology and Management 166(1/3): págs. 261 a 270.

PAC-NK: NOEL KEMPFF CLIMATE ACTION PROJECT. (2000). Noel Kempff Climate Action Project: project case carbon inventory and offset benefits. Winrock Drive. Arlington, U.S.A. 45 págs.

Pandey, D (1982).

Parrotta, J. A. (1999). Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of Casuarina equisetifolia, Eucalyptus robusta, and Leucaena leucocephala in Puerto Rico. Forest Ecology and Management 124(1): págs. 45 a 77.

Peters, R. (1977). Fortalecimiento al sector forestal Guatemala inventarios y estudios dendrométricos en bosques de coniferas. FO:DP/GUA/72/006, Informe Técnico 2, FAO, Roma, Italia.

Ramírez, P.; Chacón, R. (1996). National Inventory of Sources and Sinks of Greenhouse Gases in Costa Rica. U.S. Contry Studies Program. Kluwer Academic Publishers. Boston, U.K. págs. 357 a 365.

Russell, C.E. (1983). Nutrient cycling and productivity of native and plantation forest at Jari Florestal, Pará, Brazil. Ph.D. dissertation in ecology, University of Georgia, Athens, Georgia, Estados Unidos de América, 133 págs.

Saldarriaga, C.A.; Escobar, J.G.; Orrego, S. A.; Del Valle, I. (2001). Proyectos de Reforestación como parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio: una aproximación preliminar para el análisis financiero y ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ciencias Forestales. Medellín (Colombia). 61 págs.

Wadsworth, F.H. (1997). Forest production for tropical America. USDA Forest Service Agriculture Handbook 710. Washington, DC, USDA Forest Service.

Webb, D.B., Wood, P.J., Smith, J.P. & Henman, G.S. (1984). A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Papers No. 15 Oxford, UK, Commonwealth Forestry Institute.

Regiones templadas

Entre los datos se incluyen valores recopilados por DR. JIM SMITH, USDA FOREST SERVICE, DURHAM NH USA 03824. jsmith11@fs.fed.us, Lheath@fs.fed.us

Botkin D.B., Simpson L.G. (1990) Biomass of North American Boreal Forest. Biogeochemistry, 9: págs. 161 a 174.

Brown S., Schroeder P., Kern J.S. (1999) Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. Forest Ecology and Management, 123: págs. 81 a 90.

Burrows, W. H.; Henry, B. K.; Back, P. V., *et al.* (2002) Growth and carbon stock change in eucalypt woodlands in northeast Australia: ecological and greenhouse sink implications. Global Change Biology 8 (8): págs. 769 a 784, 2002.

Fang, S., X. Xu, *et al.* (1999). Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings. Biomass and Bioenergy 17(5): págs. 415 a 425.

Götz S, D'Angelo SA , Teixeira W G, l Haag and Lieberei R (2002) Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years, For. Ecol. Manage 163 Págs. 131 a 150.

Gower S.T., Gholz H.L, Nakane K.,Baldwin V.C. (1994) Production and carbon allocation patterns of pine forests Ecological bulletins 43: págs. 115 a 135 (datos convertidos de valores de producción primaria neta sobre el suelo, suponiendo una caída de desperdicios =2 x la producción anual de follaje)

Grierson, P. F., M. A. Adams, *et al.* (1992). Estimates of carbon storage in the above-ground biomass of Victoria's forests. Australian Journal of Botany 40(4/5): págs. 631 a 640.

Hall GMJ, Wiser SK, Allen RB, Beets PN and Goulding C J (2001).Strategies to estimate national forest carbon stocks from inventory data: the 1990 New Zealand baseline.Global Change Biology,7: págs. 389 a 403.

Hofmann-Schielle, C., A. Jug, *et al.* (1999). Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. Forest Ecology and Management 121(1/2): págs. 41 a 55.

Mitchell, C. P., E. A. Stevens, *et al.* (1999). Short-rotation forestry - operations, productivity and costs based on experience gained in the UK. Forest Ecology and Management 121(1/2): págs. 123 a 136.

Santa Regina, I. y T. Tarazona (2001). Nutrient cycling in a natural beech forest and adjacent planted pine in northern Spain. Forestry (Oxford) 74(1): págs. 11 a 28

Schroeder, P., S. Brown, *et al.* (1997). Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. Forest Science 43(3): págs. 424 a 434.

Shan, J Morris L A. & Hendrick, R L. (2001) The effects of management on soil and plant carbon sequestration in slash pine plantations. Journal of Applied Ecology 38 (5), págs. 932 a 941.

Smith and Heath. Data includes values compiled by DR. JIM SMITH, USDA FOREST SERVICE, DURHAM NH USA 03824. jsmith11@fs.fed.us, Lheath@fs.fed.us

Son YH; Hwang JW; Kim ZS; Lee WK; Kim JS (2001) Allometry and biomass of Korean pine (Pinus koraiensis) in central Korea. Bioresource Technology 78 (3): págs. 251 a 255, 2001.

Turnbull, C.R.A., McLeod, D.E., Beadle, C.L., Ratkowsky, D.A., Mummery, D.C. and Bird, T. (1993). Comparative growth of Eucalyptus species of the subgenera Monocalyptus and Symphyomyrtus in intensively managed plantations in southern Tasmania. Aust. For. 56, págs. 276 a 286.

UN-ECE/FAO (2000). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and new Zealand (industrialized temperate / boreal countries.UN-ECE/FAO contribution to th Global Forest Resources Assessment 2000, united nations, New-Ypork and Geneva, geneva Timber and Forest Study papers, No 17,.446 págs.

U'soltsev and Van Clay. (1995). Stand Biomass Dynamics of Pine plantations and natural forests on dry steppe in Kazakhstan Scan J For Res, 10, págs. 305 a 312.

Vogt K (1991). Carbon budgets of temperate forest ecosystems. Tree Physiology, 9: págs. 69 a 86.

Zhou, G., Y. Wang, *et al.* (2002). Estimating biomass and net primary production from forest inventory data: a case study of China's Larix forests. Forest Ecology and Management 169(1/2): págs. 149 a 157.

Regiones boreales

Finnish Forest Research Institute (2002). Finnish Statistical Yearbook of Forestry. SVT Agriculture and Forestry, Helsinki, Finlandia.

Isaev, A.S., Korovin, G.N., Utkin A.I., Pryazhnikov A.A., and D.G. Zamolodchikov (1993) *Estimation of Carbon Pool and Its Annual Deposition in Phytomass of Forest Ecosystems in Russia*, Forestry (*Lesovedenie*), 5: págs. 3 a 10 (en ruso).

Kajimoto, T., Y. Matsuura, *et al.* (1999). Above- and belowground biomass and net primary productivity of a Larix gmelinii stand near Tura, central Siberia. Tree Physiology 19(12): págs. 815 a 822.

Koivisto, 1959; Koivisto, P., (1959) Growth and Yield Tables. Commun. Inst. For. Fenn. Vol 51 no. 51.8: págs. 1 a 49 (en finés, con epígrafes en inglés).

Kurz, W.A. y M.J. Apps. (1993): Contribution of northern forests to the global C cycle: Canada as a case study. Water, Air, and Soil Pollution, 70, págs. 163 a 176.

Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V., Glick M., Jonas M., Obersteiner M. (2000). Full carbon account for Russia. Interim Report IR -00-021 Int Inst Appl Anal, 181 páginas.

UN-ECE/FAO (2000). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate / boreal countries.UN-ECE/FAO contribution to th Global Forest Resources Assessment 2000, United Nations, New York and Geneva, Geneva, Timber and Forest Study papers, No 17, 446 págs.

Vuokila, Y. y Väliaho, H. (1980). Growth and yield models for conifers cultures in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 99(2): págs. 1 a 271.

Wirth C. , E.-D. Schulze, W. Schulze, D. von Stünzner-Karbe, W. Ziegler, I. M. Miljukova, A. Sogatchev, A. B. Varlagin, M. Panvyorov, S. Grigoriev, W. Kusnetzova, M. Siry, G. Hardes, R. Zimmermann, N. N. Vygodskaya (1999). Above-ground biomass and structure of pristine Siberian Scots pine forests as controlled by competition and fire. Oecologia 121: págs. 66 a 80

Zakharov, V.K., Trull, O.A., Miroshnikov, V.S., y V.E. Ermakov (1962) The Reference Book on Forest Inventory. Belarus State Publishing, Minsk, pág. 368 (en ruso).

Zagreev, V.V., Sukhikh, B.I., Shvidenko, A.Z., Gusev, N.N., y A.G. Moshkalev (1993) *The All-Union Standards for Forest Inventory*. *Kolos*, Moscow, pág. 495 (en ruso).

CUADRO 3A.1.7
INCREMENTO MEDIO ANUAL NETO SOBRE EL SUELO, EN VOLUMEN, EN PLANTACIONES POR ESPECIES (m^3/ha/año)
(Sirve para el valor de I_v en la Ecuación 3.2.5)

Especies	I_V (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$)	
	Escala	Media*
E. deglupta	14 - 50	32
E. globulus	10 - 40	25
E. grandis	15 - 50	32,5
E. saligna	10 - 55	32,5
E. camaldulensis	15 - 30	22,5
E. urophylla	20 - 60	40
E. robusta	10 - 40	25
Pinus caribaea var. caribaea	10 - 28	19
Pinus caribaea var. hondurensis	20 - 50	35
Pinus patula	8 - 40	24
Pinus radiata	12 - 35	23,5
Pinus oocarpa	10 - 40	25
Araucaria angustifolia	8 - 24	16
A. cunninghamii	10 - 18	14
Gmelina arborea	12 - 50	31
Swietenia macrophylla	7 - 30	18,5
Tectona grandis	6 - 18	12
Casuarina equisetifolia	6 - 20	13
C. junghuhniana	7 - 11	9
Cupressus lusitanica	8 - 40	24
Cordia todosiadora	10 - 20	15
Leucaena leucocephala	30 - 55	42,5
Acacia auriculiformis	6 - 20	13
Acacia mearnsii	14 - 25	19,5
Terminalia superba	10 - 14	12
Terminalia ivorensis	8 - 17	12,5
Dalbergia sissoo	5 - 8	6,5

* Si una Parte tiene razones para creer que sus plantaciones están ubicadas en lugares de fertilidad superior a la media, se sugiere utilizar el valor medio + 50%, y si tiene razones para creer que sus plantaciones están ubicadas en lugares poco fértiles, se sugiere el valor medio -50%

Fuente: Ugalde, L. y Prez, O. Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species. Forest Plantation Thematic Papers, Documento de trabajo 1. FAO (2001)
Disponible en http://www.fao.org/DOCREP/004/AC121E/AC121E00.HTM

CUADRO 3A.1.8
RELACIÓN MEDIA BIOMASA BAJO EL SUELO/SOBRE EL SUELO (RELACIÓN RAÍZ-VÁSTAGO, R) EN LA REGENERACIÓN NATURAL, POR CATEGORÍAS GENERALES (toneladas de materia seca/tonelada materia seca)

(Sirve para el valor de R en la Ecuación 3.2.5)

	Tipo de vegetación	Biomasa sobre el suelo (t/ha)	Media	DE	tramo inferior	tramo superior	Referencias
Bosque tropical/subtropical	Bosque secundario tropical/subtropical	<125	0,42	0,22	0,14	0,83	5, 7, 13, 25, 28, 31, 48, 71
	Bosque húmedo primario tropical/subtropical	NE	0,24	0,03	0,22	0,33	33, 57, 63, 67, 69
	Bosque seco tropical/subtropical	NE	0,27	0,01	0,27	0,28	65
Bosque/planta-ción de coníferas	Bosque/plantación de coníferas	<50	0,46	0,21	0,21	1,06	2, 8, 43, 44, 54, 61, 75
	Bosque/plantación de coníferas	50-150	0,32	0,08	0,24	0,50	6, 36, 54, 55, 58, 61
	Bosque/plantación de coníferas	>150	0,23	0,09	0,12	0,49	1, 6, 20, 40, 53, 61, 67, 77, 79
Bosque/plantación de hoja ancha región templada	Robledal	>70	0,35	0,25	0,20	1,16	15, 60, 64, 67
	Plantación de eucaliptos	<50	0,45	0,15	0,29	0,81	9, 51, 59
	Plantación de eucaliptos	50-150	0,35	0,23	0,15	0,81	4, 9, 59, 66, 76
	Bosque/plantación de eucaliptos	>150	0,20	0,08	0,10	0,33	4, 9, 16, 66
	Otros bosques de hoja ancha	<75	0,43	0,24	0,12	0,93	30, 45, 46, 62
	Otros bosques de hoja ancha	75-150	0,26	0,10	0,13	0,52	30, 36, 45, 46, 62, 77, 78, 81
	Otros bosques de hoja ancha	>150	0,24	0,05	0,17	0,30	3, 26, 30, 37, 67, 78, 81
Praderas	Estepa/tundra/pastizal de pradera	NE	3,95	2,97	1,92	10,51	50, 56, 70, 72
	Praderas de región templada/subtropical/ tropical	NE	1,58	1,02	0,59	3,11	22, 23, 32, 52
	Pradera semiárida	NE	2,80	1,33	1,43	4,92	17-19, 34
Otras	Tierras boscosas/sabanas	NE	0,48	0,19	0,26	1,01	10-12, 21, 27, 49, 65, 73, 74
	Tierras arbustivas	NE	2,83	2,04	0,34	6,49	14, 29, 35, 38, 41, 42, 47, 67
	Marisma con mareas	NE	1,04	0,21	0,74	1,23	24, 39, 68, 80

NE = No especificado

Referencias del Cuadro 3A.1.8

1. Alban, D., D. Perala, y B. Schlaegel (1978) Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota. *Canadian Journal of Forest Research* **8**: págs. 290 a 299.
2. Albaugh, T., H. Allen, P. Dougherty, L. Kress, y J. King (1998) Leaf area and above- and below-ground growth responses of loblolly pine to nutrient and water additions. *Forest Science* **44**(2): págs. 317 a 328.
3. Anderson, F. (1971) Methods and Preliminary results of estimation of biomass and primary production in a south Sweedish mixed deciduous woodland. In: *Productivity of forest ecosystems. Proccedings of the Brussels symposium, 1969, ecology and conservation 4*. UNESCO, Paris.
4. Applegate, G. (1982) *Biomass of Blackbutt (Eucalyptus pilularis Sm.) Forests on Fraser Island*. Masters Thesis. University of New England, Armidale.
5. Bartholomew, W., J. Meyer, y H. Laudelout (1953) Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. *Publications de l'Institut National Pour l'Etude Agronomique du Congo Belge Serie scientifique* **57**: 27 páginas en total.
6. Baskerville, G. (1966) Dry-matter production in immature balsam fir stands: roots, lesser vegetation, and total stand. *Forest Science* **12**: págs. 49 a 53.
7. Berish, C. (1982) Root biomass and surface area in three successional tropicl forests. *Canadian Journal of Forest Research* **12**: págs. 699 a 704.
8. Braekke, F. (1992) Root biomass changes after drainage and fertilisation of a low-shrub pine bog. *Plant and Soil* **143**: págs. 33 a 43.
9. Brand, B. (1999) *Quantifying biomass and carbon sequestration of plantation blue gums in south west Western Australia*. Honours Thesis. Curtin University of Technology.
10. Burrows, W. (1976) *Aspects of nutrient cycling in semi-arid mallee and mulga communities*. PhD Thesis. Australian National University, Canberra.
11. Burrows, W., M. Hoffmann, J. Compton, P. Back, y L. Tait (2000) Allometric relationships and community biomass estimates for some dominant eucalypts in Central Queensland woodlands. *Australian Journal of Botany* **48**: págs. 707 a 714.
12. Burrows, W., M. Hoffmann, J. Compton, y P. Back (2001) *Allometric relationships and community biomass stocks in white cypress pine (Callitris glaucophylla) and associated eucalypts of the Carnarvon area - south central Queensland*. National Carbon Accounting System Technical Report No. 33. Australian Greenhouse Office, Canberra. 16 págs.

13. Buschbacher, R., C. Uhl, y E. Serrao (1988) Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* **76**: págs. 682 a 701.
14. Caldwell, M. y L. Camp (1974) Belowground productivity of two cool desert communities. *Oecologia* **17**: págs. 123 a 130.
15. Canadell, J. y F. Roda (1991) Root biomass of Quercus ilex in a montane Mediterranean forest. *Canadian Journal of Forest Research* **21**(12): págs. 1771 a 1778.
16. Chilcott, C. (1998) *The initial impacts of reforestation and deforestation on herbaceous species, litter decomposition, soil biota and nutrients in native temperate pastures on the Northern Tablelands, NSW*. PhD Thesis. University of New England, Armidale.
17. Christie, E. (1978) Ecosystem processes in semiarid grasslands. I. Primary production and water use of two communities possessing different photosynthetic pathways. *Australian Journal of Agricultural Research* **29**: págs. 773 a 787.
18. Christie, E. (1979) Eco-physiological studies of the semiarid grasses *Aristida leptopoda* and *Astrebla lappacea*. *Australian Journal of Ecology* **4**: págs. 223 a 228.
19. Christie, E. (1981) Biomass and nutrient dynamics in a C_4 semi-arid Australian grassland community. *Journal of Applied Ecology* **18**: págs. 907 a 918.
20. Cole, D., S. Gessel, y S. Dice (1967) Distribution and cycling of nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium in a second-growth Douglas-fir ecosystem. In: *Symposium : Primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems*. American Association for the Advancement of Science 13th Annual Meeting New York City, December 27, 1967: University of Maine Press.
21. Compton, J., L. Tait, M. Hoffmann, y D. Myles (1999) Root-shoot ratios and root distribution for woodland communities across a rainfall gradient in central Queensland. In: *Proceedings of the VI International Rangeland Congress*. Townsville, Australia.
22. Cooksley, D., K. Butler, J. Prinsen, y C. Paton (1988) Influence of soil type on *Heteropogon contortus - Bothrichloa bladhii* dominant native pasture in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **28**: págs. 587 a 591.
23. De Castro, E.A. y J.B. Kauffman (1998) Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology* **14**(3): págs. 263 a 283.
24. De la Cruz, A. y C. Hackney (1977) Energy value, elemental composition, and productivity of belowground biomass of a *Juncus* tidal marsh. *Ecology* **58**: págs. 1165 a 1170.
25. Drew, W., S. Aksornkoae, y W. Kaitpraneet (1978) An assessment of productivity in successional stages from abandoned swidden (Rai) to dry evergreen forest in northeastern Thailand. *Forest Bulletin* **56**: 31 total.
26. Dylis, N. (1971) Primary production of mixed forests. In: *Productivity of forest ecosystems. Proceedings of the Brussels symposium, 1969*. Paris: UNESCO.
27. Eamus, D., X. Chen, G. Kelley, y L. Hutley (2002) Root biomass and root fractal analyses of an open *Eucalyptus* forest in a savanna of north Australia. *Australian Journal of Botany* **50**: págs. 31 a 41.
28. Ewel, J. (1971) Biomass changes in early tropical succession. *Turrialba* **21**: págs. 110 a 112.
29. Forrest, G. (1971) Structure and production of North Pennine blanket bog vegetation. *Journal of Ecology* **59**: págs. 453 a 479.
30. Garkoti, S. and S. Singh (1995) Variation in net primary productivity and biomass of forests in the high mountains of Central Himalaya. *Journal of Vegetation Science* **6**: págs. 23 a 28.
31. Golley, F., H. Odum, y R. Wilson (1962) The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in May. *Ecology* **43**(1): págs. 9 a 19.
32. Graham, T. (1987) *The effect of renovation practices on nitrogen cycling and productivity of rundown buffel grass pasture*. PhD Thesis. University of Queensland,
33. Greenland, D. y J. Kowal (1960) Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. *Plant and Soil* **12**: págs. 154 a 173.
34. Grouzis, M. and L. Akpo (1997) Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomas in the Sahelian zone of Senegal. *Journal of Arid Environments* **35**: págs. 285 a 296.
35. Groves, R. y R. Specht (1965) Growth of heath vegetation. 1. Annual growth curves of two heath ecosystems in Australia. *Australian Journal of Botany* **13**: págs. 261 a 280.
36. Harris, W., R. Kinerson, y N. Edwards (1977) Comparison of belowground biomass of natural deciduous forest and loblolly pine plantations. *Pedobiologica* **17**: págs. 369 a 381.
37. Hart, P., P. Clinton, R. Allen, A. Nordmeyer, y G. Evans (2003) Biomass and macro-nutrients (above- and below-ground) in a New Zealand beech (*Nothofagus*) forest ecosystem: implications for carbon storage and sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* **174**: págs. 281 a 294.
38. Hoffmann, M. y J. Kummerow (1978) Root studies in the Chilean matorral. *Oecologia* **32**: págs. 57 a 69.
39. Hussey, A. y S. Long (1982) Seasonal changes in weight of above- and below-ground vegetation and dead plant material in a salt marsh at Colne Point, Essex. *Journal of Ecology* **70**: págs. 757 a 771.
40. Johnstone, W. (1971) Total standing crop and tree component distributions in three stands of 100-year-old lodgepole pine. In: *Forest biomass studies. 15th IUFRO Congress* (Ed.^Eds. H. Young). University of Maine Press, Orono. págs. 81 a 89.
41. Jones, R. (1968) Estimating productivity and apparent photosynthesis from differences in consecutive measurements of total living plant parts of an Australian heathland. *Australian Journal of Botany* **16**: págs. 589 a 602.
42. Kummerow, J., D. Krause, y W. Jow (1977) Root systems of chaparral shrubs. *Oecologia* **29**: págs. 163 a 177.
43. Linder, S. y B. Axelsson (1982) Changes in carbon uptake and allocation patterns as a result of irrigation and fertilisation in a young Pinus sylvestris stand. In: *Carbon Uptake and Allocation:Key to Management of Subalpine Forest Ecosystems* (Ed.^Eds. R. Waring). Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Oregon. págs. 38 a 44.
44. Litton, C., M. Ryan, D. Tinker, y D. Knight (2003) Belowground and aboveground biomass in young postfire lodgepole pine forests of contrasting tree density. *Canadian Journal of Forest Research* **33**(2): págs. 351 a 363.
45. Lodhiyal, L. y N. Lodhiyal (1997) Variation in biomass and net primary productivity in short rotation high density central Himalayan poplar plantations. *Forest Ecology and Management* **98**: págs. 167 a 179.
46. Lodhiyal, N., L. Lodhiyal, y P. Pangtey (2002) Structure and function of Shisham forests in central Himalaya, India: dry matter dynamics. *Annals of Botany* **89**: págs. 41 a 54.
47. Low, A. y B. Lamont (1990) Aerial and belowground phytomass of *Banksia* scrub-heath at Eneabba, South-Western Australia. *Australian Journal of Botany* **38**: págs. 351 a 359.

48. Lugo, A. (1992) Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* **62**: págs. 1 a 41.
49. Menaut, J. y J. Cesar (1982) The structure and dynamics of a west African savanna. In: *Ecology of Tropical Savannas* (Ed.^Eds. B. Huntley and B. Walker). Springer-Verlag, Berlin. págs. 80 a 100.
50. Milchunas, D. y W. Lauenroth (1989) Three-dimensional distribution of plant biomass in relation to grazing and topography in the shortgrass steppe. *Oikos* **55**: págs. 82 a 86.
51. Misra, R., C. Turnbull, R. Cromer, A. Gibbons, y A. LaSala (1998) Below- and above-ground growth of *Eucalyptus nitens* in a young plantation. I. Biomass. *Forest Ecology and Management* **106**: págs. 283 a 293.
52. Nepstad, D. (1989) *Forest regrowth in abandoned pastures of eastern Amazonia: limitations to tree seedling survival and growth*. PhD Dissertation. Yale University, New Haven.
53. Nihlgård, B. (1972) Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted spruce forest in South Sweden. *Oikos* **23**: págs. 69 a 81.
54. Ovington, J. (1957a) Dry matter production by *Pinus sylvestris* L. *Annals of Botany, London* **N.S. 21**: págs. 287 a 314.
55. Ovington, J. y H. Madgwick (1959a) Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scotts pine. *Forest Science* **5**: págs. 344 a 355.
56. Ovington, J. (1963) Plant biomass and productivity of prairie, savanna, oakwood, and maize field ecosystems in central Minnesota. *Ecology* **44**(1): págs. 52 a 63.
57. Ovington, J. y J. Olson (1970) Biomass and chemical content of El Verde lower montane rain forest plants. In: *A tropical rain forest. A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico (Division of Technical Information TID 24270)* (Ed.^Eds. H. Odum and R. Pigeon). US Atomic Energy Commission, Washington DC. págs. 53 a 77.
58. Pearson, J., T. Fahey, y D. Knight (1984) Biomass and leaf area in contrasting lodgepole pine forests. *Canadian Journal of Forest Research* **14**: págs. 259 a 265.
59. Prasad, R., A. Sah, A. Bhandari, y O. Choubey (1984) Dry matter production by *Eucalyptus camaldulensis* Dehn plantationin Jabalpur. *Indian Forester* **110**: págs. 868 a 878.
60. Rawat, Y. y J. Singh (1988) Structure and function of oak forests in Central Himalaya. I. Dry matter dynamics. *Annals of Botany* **62**: págs. 397 a 411.
61. Ritson, P. y S. Sochacki (2003) Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *Forest Ecology and Management* **175**: págs. 103 a 117.
62. Ruark, G. y J. Bockheim (1988) Biomass, net primary production, and nutrient distribution for an age sequence of *Populus tremuloides*. *Canadian Journal of Forest Research* **18**: págs. 435 a 443.
63. Shanmughavel, P., Z. Zheng, S. Liqing, y C. Min (2001) Floristic structure and biomass distribution of a tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna, southwest China. *Biomass and Bioenergy* **21**: págs. 165 a 175.
64. Simonovic, V. (1980) Root productivity studies in deciduous forest ecosystem. In: *Environment and root behaviour* (Ed.^Eds. N. David). Geobios International, Jodhour, India. págs. 213 a 230.
65. Singh, K. y R. Misra (1979) *Structure and Functioning of Natural, Modified and Silvicultural Ecosystems in Eastern Uttar Pradesh*. Final Technical Report (1975-1978) MAB research project. Banras Hindu University, Varanasi. 160 págs.
66. Singh, R. y V. Sharma (1976) Biomass estimation in five different aged plantations of *Eucalyptus tereticornix* Smith in western Uttar Pradesh. In: *Oslo Biomass Studies* (Ed.^Eds. University of Maine, Orono. págs. 143 a 161.
67. Singh, S., B. Adhikari, y D. Zobel (1994) Biomass, productivity, leaf longevity, and forest structure in the central Himalaya. *Ecological Monographs* **64**: págs. 401 a 421.
68. Suzuki, E. y H. Tagawa (1983) Biomass of a mangrove forest and a sedge marsh on Ishigaki Island, south Japan. *Japanese Journal of Ecology* **33**: págs. 231 a 234.
69. Tanner, E. (1980) Studies on the biomass and productivity in a series of montane rain forests in Jamaica. *Journal of Ecology* **68**: págs. 573 a 588.
70. Titlyanova, A., G. Rusch, y E. van der Maarel (1988) Biomass structure of limestone grasslands on Öland in relation to grazing intensity. *Acta phytogeographica suecica* **76**: págs. 125 a 134.
71. Uhl, C. (1987) Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology* **75**: págs. 377 a 407.
72. Van Wijk, M., M. Williams, L. Gough, S. Hobbie, y G. Shaver (2003) Luxury consumption of soil nutrients: a possible competitive strategy in above-ground and below-ground biomass allocation and root morphology for slow growing arctic vegetation? *Journal of Ecology* **91**: págs. 664 a 676.
73. Werner, P.A. (1986) *Population dynamics and productivity of selected forest trees in Kakadu National Park*. Final report to the Australian National Parks and Wildlife Service. CSIRO Darwin, Tropical Ecosystems Research Centre, p.
74. Werner, P.A. y P.G. Murphy (2001) Size-specific biomass allocation and water content of above- and below-ground components of three *Eucalyptus* species in a northern Australian savanna. *Australian Journal of Botany* **49**(2): págs. 155 a 167.
75. Westman, E. y R. Whitaker (1975) The pygmy forest region of northern California: studies on biomass and primary productivity. *Journal of Ecology* **63**: págs. 493 a 520.
76. Westman, W. y R. Rogers (1977) Biomass and structure of a subtropical eucalypt forest, North Stradbroke Island. *Australian Journal of Botany* **25**: págs. 171 a 191.
77. Whittaker, R. y G. Woodwell (1971) Measurement of net primary production in forests. In: *Productivity of Forest Ecosystems* (Eds.) Paris: UNESCO. págs. 159 a 175.
78. Whittaker, R., F. Borman, G. Likens, y T. Siccama (1974) The Hubbard Brook ecosystem study: forest biomass and production. *Ecological Monographs* **44**: págs. 233 a 252.
79. Will, G. (1966) Root growth and dry-matter production in a high-producing stand of *Pinus radiata*. *New Zealand Forestry Research Notes* **44**: págs. 1 a 15.
80. Windham, L. (2001) Comparison of biomass production and decomposition between *Phragmites australis* (common reed) and *Spartina patens* (salt hay grass) in brackish tidal marshes of New Jersey, USA. *Wetlands* **21**(2): págs. 179 a 188.
81. Zavitkovski, J. y R. Stevens (1972) Primary productivity of red alder ecosystems. *Ecology* **53**: págs. 235 a 242.

CUADRO 3A.1.9-1
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS DE TRONCOS
(toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado)
PARA LAS ESPECIES DE REGIONES BOREALES Y TEMPLADAS
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3., 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

Especie o género	Densidad de madera básica (m_0/V_{wet})	Fuente
Abies	0,40	1
Acer	0,52	1
Alnus	0,45	1
Betula	0,51	1
Carpinus betulus	0,63	3
Castanea sativa	0,48	3
Fagus sylvatica	0,58	1
Fraxinus	0,57	1
Juglans	0,53	3
Larix decidua	0,46	1
Larix kaempferi	0,49	3
Picea abies	0,40	1
Picea sitchensis	0,40	2
Pinus pinaster	0,44	5
Pinus strobus	0,32	1
Pinus sylvestris	0,42	1
Populus	0,35	1
Prunus	0,49	1
Pseudotsuga menziesii	0,45	1
Quercus	0,58	1
Salix	0,45	1
Thuja plicata	0,31	4
Tilia	0,43	1
Tsuga	0,42	4

Fuente:

1. Dietz, P. 1975: Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz Roh- Werkstoff 33: págs. 135 a 141.
2. Knigge, W.; Schulz, H. 1966: Grundriss der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlín.
3. EN 350-2 (1994): Durability of wood and wood products - Natural durability of solid wood - Part 2: Guide to the natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.
4. Forest Products Laboratory: Handbook of wood and wood-based materials. Hemisphere Publishing Corporation, Nueva York, Londres.
5. Rijsdijk, J.F.; Laming, P.B. 1994: Physical and related properties of 145 timbers. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, Londres.
6. Kollmann, F.F.P.; Coté, W.A. 1968: Principles of wood science and technology. Springer Verlag, Berlín, Nueva York.

CUADRO 3A.1.9-2
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Acacia leucophloea	0,76	Albizia spp.	0,52	Afzelia spp.	0,67
Adina cordifolia	0,58, 0,59+	Alcornea spp.	0,34	Aidia ochroleuca	0,78*
Aegle marmelo	0,75	Alexa grandiflora	0,6	Albizia spp.	0,52
Agathis spp.	0,44	Alnus ferruginea	0,38	Todosanblackia floribunda	0,63*
Aglaia llanosiana	0,89	Anacardium excelsum	0,41	Todosophyllus africanus f. acuminatus	0,45
Alangium longiflorum	0,65	Anadenanthera macrocarpa	0,86	Alstonia congensis	0,33
Albizzia amara	0,70*	Andira retusa	0,67	Amphimas pterocarpoides	0,63*
Albizzia falcataria	0,25	Aniba riparia lduckei	0,62	Anisophyllea obtusifolia	0,63*
Aleurites trisperma	0,43	Antiaris africana	0,38	Annonidium mannii	0,29*
Alnus japonica	0,43	Apeiba echinata	0,36	Anopyxis klaineana	0,74*
Alphitonia zizyphoides	0,5	Artocarpus comunis	0,7	Anthocleista keniensis	0,50*
Alphonsea arborea	0,69	Aspidosperma spp. (araracanga group)	0,75	Anthonotha macrophylla	0,78*
Alseodaphne longipes	0,49	Astronium lecointei	0,73	Anthostemma aubryanum	0,32*
Alstonia spp.	0,37	Bagassa guianensis	0,68,0,69+	Antiaris spp.	0,38
Amoora spp.	0,6	Banara guianensis	0,61	Antrocaryon klaineanum	0,50*
Anisophyllea zeylanica	0,46*	Basiloxylon exelsum	0,58	Aucoumea klaineana	0,37
Anisoptera spp,	0,54	Beilschmiedia sp.	0,61	Autranella congolensis	0,78
Anogeissus latifolia	0,78, 0,79+	Berthollettia excelsa	0,59, 0,63+	Baillonella toxisperma	0,71
Anthocephalus chinensis	0,36, 0,33+	Bixa arborea	0,32	Balanites aEgiptoiaca	0,63*
Antidesma pleuricum	0,59	Bombacopsis sepium	0,39	Baphia kirkii	0,93*
Aphanamiris perrottetiana	0,52	Borojoa patinoi	0,52	Beilschmiedia louisii	0,70*
Araucaria bidwillii	0,43	Bowdichia spp.	0,74	Beilschmiedia nitida	0,50*
Artocarpus spp.	0,58	Brosimum spp. (alicastrum group)	0,64, 0,66+	Berlinia spp.	0,58
Azadirachta spp.	0,52	Brosimum utile	0,41, 0,46+	Blighia welwitschii	0,74*
Balanocarpus spp.	0,76	Brysenia adenophylla	0,54	Bombax spp.	0,4
Barringtonia edulis *	0,48	Buchenauia capitata	0,61, 0,63+	Brachystegia spp.	0,52
Bauhinia spp.	0,67	Bucida buceras	0,93	Bridelia micrantha	0,47*
Beilschmiedia tawa	0,58	Bulnesia arborea	1	Calpocalyx klainei	0,63*
Berrya cordifolia	0,78*	Bursera simaruba	0,29, 0,34+	Canarium schweinfurthii	0,40*
Bischofia javanica	0,54, 0,58, 0,62+	Byrsonima coriacea	0,64	Canthium rubrocostratum	0,63*
Bleasdalea vitiensis	0,43	Cabralea cangerana	0,55	Carapa procera	0,59
Bombax ceiba	0,33	Caesalpinia spp.	1,05	Casearia battiscombei	0,5
Bombycidendron vidalianum	0,53	Calophyllum sp.	0,65	Cassipourea euryoides	0,70*
Boswellia serrata	0,5	Campnosperma panamensis	0,33, 0,50+	Cassipourea malosana	0,59*
Bridelia squamosa	0,5	Carapa sp.	0,47	Ceiba pentandra	0,26
Buchanania latifolia	0,45	Caryocar spp.	0,69, 0,72+	Celtis spp.	0,59
Bursera serrata	0,59	Casearia sp.	0,62	Chlorophora ercelsa	0,55
Butea monosperma	0,48	Cassia moschata	0,71	Chrysophyllum albidum	0,56*
Calophyllum spp.	0,53	Casuarina equisetifolia	0,81	Cleistanthus mildbraedii	0,87*
Calycarpa arborea	0,53	Catostemma spp.	0,55	Cleistopholis patens	0,36*
Cananga odorata	0,29	Cecropia spp.	0,36	Coelocaryon preussii	0,56”
Canarium spp.	0,44	Cedrela spp.	0,40, 0,46+	Cola sp.	0,70”
Canthium monstrosum	0,42	Cedrelinga catenaeformis	0,41, 0,53+	Combretodendron macrocarpum	0,7
Cartodosia calycina	0,66*	Ceiba pentandra	0,23, 0,24, 0,25, 0,29+	Conopharyngia holstii	0,50*

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Cassia javanica	0,69	Centrolobium spp.	0,65	Copaifera religiosa .	0,50”
Castanopsis philippensis	0,51	Cespedesia macrophylla	0,63	Cordia millenii	0,34
Casuarina equisetifolia	0,83	Chaetocarpus schomburgkianus	0,8	Cordia platythyrsa	0,36”
Casuarina nodiflora	0,85	Chlorophora tinctoria	0,71, 0,75+	Corynanthe pachyceras	0,63”
Cedrela odorata	0,38	Clarisia racemosa	0,53, 0,57+	Coda edulis	0,78*
Cedrela spp.	0,42	Clusia rosea	0,67	Croton megalocarpus	0,57
Cedrela toona	0,43	Cochlospermum orinocensis	0,26	Cryptosepalum staudtii	0,70*
Ceiba pentandra	0,23	Copaifera spp.	0,46, 0,55+	Ctenolophon englerianus	0,78*
Celtis luzonica	0,49	Cordia spp. (gerascanthus group)	0,74	Cylicodiscus Gabonensis	0,8
Chisocheton pentandrus	0,52	Cordia spp. (todosiodora group)	0,48	Cynometra alexandri	0,74
Chloroxylon swietenia	0,76, 0,79, 0,80+	Couepia sp.	0,7	Dacryodes spp.	0,61
Chukrassia tabularis	0,57	Couma macrocarpa	0,50, 0,53+	Daniellia ogea	0,40*
Citrus grandis	0,59	Couratari spp.	0,5	Desbordesia pierreana	0,87”
Cleidion speciflorum	0,5	Croton xanthochloros	0,48	Detarium senegalensis	0,63*
Cleistanthus eollinus	0,88	Cupressus lusitanica	0,43, 0,44+	Dialium excelsum	0,78*
Cleistocalyx spp.	0,76	Cyrilla racemiflora	0,53	Didelotia africana	0,78”
Cochlospermum gossypium+religiosum	0,27	Dactyodes colombiana	0,51	Didelotia letouzeyi	0,5
Cocos nucifera	0,5	Dacryodes excelsa	0,52, 0,53+	Diospyros spp.	0,82
Colona serratifolia	0,33	Dalbergia retusa.	0,89	Discoglypremna caloneura	0,32*
Combretodendron quadrialatum	0,57	Dalbergia stevensonii	0,82	Distemonanthus benthamianus	0,58
Cordia spp.	0,53	Declinanona calycina	0,47	Secopetes sp.	0,63*
Cotylelobium spp.	0,69	Dialium guianensis	0,87	Ehretia acuminata	0,51*
Crataeva religiosa	0,53*	Dialyanthera spp.	0,36, 0,48+	Enantia chlorantha	0,42”
Cratoxylon arborescens	0,4	Dicorynia paraensis	0,6	Endodesmia calophylloides	0,66”
Cryptocarya spp.	0,59	Didymopanax sp.	0,74	Entandrophragma utile	0,53
Cubilia cubili	0,49	Dimorphandra mora	0,99*	Eribroma oblongum	0,60*
Cullenia excelsa	0,53	Diplotropis purpurea	0,76, 0,77, 0,78+	Eriocoelum microspermum	0,50”
Cynometra spp.	0,8	Dipterix odorata	0,81, 0,86, 0,89+	Erismadelphus ensul	0,56*
Dacrycarpus imbricatus	0,45, 0,47+	Secopetes variabilis	0,69	Erythrina vogelii	0,25”
Dacrydium spp.	0,46	Dussia lehmannii	0,59	Erythrophleum ivorense	0,72
Dacryodes spp.	0,61	Ecclinusa guianensis	0,63	Erythroxylum mannii	0,5
Dalbergia paniculata	0,64	Endlicheria cocvirey	0,39	Fagara macrophylla	0,69
Decussocarpus vitiensis	0,37	Enterolobium schomburgkii	0,82	Ficus iteophylla	0,40”
Degeneria vitiensis	0,35	EPerúa spp.	0,78	Fumtumia latifolia	0,45*
Dehaasia triandra	0,64	Eriotheca sp.	0,4	Gambeya spp.	0,56*
Dialium spp.	0,8	Erisma uncinatum	0,42, 0,48+	Garcinia punctata	0,78”
Dillenia spp.	0,59	Erythrina sp.	0,23	Gilletiodendron mildbraedii	0,87”
Diospyros spp.	0,7	Eschweilera spp.	0,71, 0,79, 0,95+	Gossweilerodendron balsamiferum	0,4
Diplodiscus paniculatus	0,63	Eucalipto robusta	0,51	Guarea thompsonii	0,55”
Dipterocarpus caudatus	0,61	Eugenia stahlii	0,73	Guibourtia spp.	0,72
Dipterocarpus eurynchus	0,56	Euxylophora paraensis	0,68, 0,70+	Hannoa klaineana	0,28”
Dipterocarpus gracilis	0,61	Fagara spp.	0,69	Harungana madagascariensis	0,45”
Dipterocarpus grandiflorus	0,62	Ficus sp.	0,32	Hexalobus crispiflorus	0,48”
Dipterocarpus kerrii	0,56	Genipa spp.	0,75	Holoptelea grandis	0,59”

\+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Dipterocarpus kunstlerii	0,57	Goupia glabra	0,67, 0,72+	HoMalíum spp.	0,7
Dipterocarpus spp.	0,61	Guarea chalde	0,52	Hylodendron Gabonense.	0,78”
Dipterocarpus warburgii	0,52	Guarea spp.	0,52	Hymenostegia pellegrini	0,78”
Dracontomelon spp.	0,5	Guatteria spp.	0,36	Irvingia grandifolia	0,78”
Secoobalanops spp.	0,61	Guazuma ulmifolia	0,52, 0,50+	Julbernardia globiflora	0,78
Dtypetes bordenii	0,75	Guettarda scabra	0,65	Khaya ivorensis	0,44
Durio spp.	0,53	Guillielma gasipae	0,95, 1,25+	Klainedoxa Gabonensis	0,87
Dyera costulata	0,36	Gwtavia sp.	0,56	Lannea welwitschii	0,45”’
Dysoxylum quercifolium	0,49	Helicostylis tomentosa	0,68, 0,72+	Lecomtedoxa klainenna	0,78”
Elaeocarpus serratus	0,40*	Hernandia Sonora	0,29	Letestua durissima	0,87”
Emblica officinalis	0,8	Hevea brasiliense	0,49	Lophira alata	0,87”
Endiandra laxiflora	0,54	Himatanthus articulata	0,40, 0,54+	Lovoa trichilioides	0,45”
Endospermum spp.	0,38	Hirtella davisii	0,74	Macaranga kilimandscharica	0,40*
Enterolobium cyclocarpum	0,35	Humiria balsamifera	0,66, 0,67+	Maesopsis eminii	0,41
Epicharis cumingiana	0,73	Humiriastrum procera	0,7	Malacantha sp. aff. alnifolia	0,45”
Erythrina subumbrans	0,24	Hura crepitans	0,36, 0,37, 0,38+	Mammea africana	0,62
Erythrophloeum densiflorum	0,65	Hyeronima alchorneoides	0,60, 0,64+	Manilkara lacera	0,78”
Eucalipto citriodora	0,64	Hyeronima laxiflora	0,59	Markhamia platycalyx	0,45*
Eucalipto deglupta	0,34	Hymenaea davisii	0,67	Memecylon capitellatum	0,77”
Eugenia spp.	0,65	Hymenolobium sp.	0,64	Microberlinia brazzavillensis	0,7
Fagraea spp.	0,73	Inga sp.	0,49, 0,52, 0,58, 0,64+	Microcos coriaceus	0,42”
Ficus benjamina	0,65	Iryanthera spp.	0,46	Milletia spp.	0,72
Ficus spp.	0,39	Jacaranda sp.	0,55	Mitragyna stipulosa	0,47
Ganua obovatifolia	0,59	Joannesia heveoides	0,39	Monopetalanthus pellegrinii	0,47”
Garcinia myrtifolia	0,65	Lachmellea speciosa	0,73	Musanga cecropioides	0,23
Garcinia spp.	0,75	Laetia procera	0,68	Nauclea diderrichii	0,63
Gardenia turgida	0,64	Lecythis spp.	0,77	Neopoutonia macrocalyx	0,32”
Garuga pinnata	0,51	Licania spp.	0,78	Nesogordonia papaverifera	0,65
Gluta spp.	0,63	Licaria spp.	0,82	Ochtocosmus africanus	0,78’
Gmelina arborea	0,41, 0,45+	Lindackeria sp.	0,41	Odyendea spp.	0,32
Gmelina vitiensis	0,54	Linociera domingensis	0,81	Oldfieldia africana	0,78*
Gonocaryum calleryanum	0,64	Lonchocarpus spp.	0,69	Ongokea gore	0,72
Gonystylus punctatus	0,57	Loxopterygium sagotii	0,56	Oxystigma oxyphyllum	0,53
Grewia tiliaefolia	0,68	Lucuma spp.	0,79	Pachyelasma tessmannii	0,70”
Hardwickia binata	0,73	Luehea spp.	0,5	Pachypodanthium staudtii	0,58”
Harpullia arborea	0,62	Lueheopsis duckeana	0,64	Paraberlinia bifoliolata	0,56”
Heritiera spp.	0,56	Mabea piriri	0,59	Parinari glabra	0,87”
Hevea brasiliensis	0,53	Machaerium spp.	0,7	Parkia bicolor	0,36”
Hibiscus tiliaceus	0,57	Macoubea guianensis	0,40*	Pausinystalia brachythyrsa	0,56”
Homalanthus populneus	0,38	Magnolia spp.	0,52	Pausinystalia cf. talbotii	0,56”
HoMalíum spp.	0,76	Maguira sclerophylla	0,57	Pentaclethra macrophylla	0,78”
Hopea acuminata	0,62	Mammea Américana	0,62	Pentadesma butyracea	0,78”
Hopea spp.	0,64	Mangifera indica	0,55	Phyllanthus discoideus	0,76”
Intsia palembanica	0,68	Manilkara sp.	0,89	Pierreodendron africanum	0,70;”
Kayea garciae	0,53	Marila sp.	0,63	Piptadeniastrum africanum	0,56

\+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).

Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Kingiodendron alternifolium	0,48	Marmaroxylon racemosum	0,78*	Plagiostyles africana	0,70”
Kleinhovia hospita	0,36	Matayba domingensis	0,7	Poga oleosa	0,36
Knema spp.	0,53	Matisia hirta	0,61	Polyalthia suaveolens	0,66”
Koompassia excelsa	0,63	Maytenus spp.	0,71	Premna angolensis	0,63”
Koordersiodendron pinnatum	0,65, 0,69+	Mezilaurus lindaviana	0,68	Pteleopsis hylodendron	0,63*
Kydia calycina	0,72	Michropholis spp.	0,61	Pterocarpus soyauxii	0,61
Lagerstroemia spp.	0,55	Minquartia guianensis	0,76, 0,79+	Pterygota spp.	0,52
Lannea grandis	0,5	Mora sp.	0,71	Pycnanthus angolensis	0,4
Leucaena leucocephala	0,64	Mouriria sideroxylon	0,88	Randia cladantha	0,78*
Litchi chinensis ssp. philippinensis	0,88	Myrciaria floribunda	0,73	Rauwolfia macrophylla	0,47*
Lithocarpus soleriana	0,63	Myristica spp.	0,46	Ricinodendron heudelotii	0,2
Litsea spp.	0,4	Myroxylon balsamum	0,74, 0,76, 0,78+	Saccoglottis Gabonensis	0,74”
Lophopetalum spp.	0,46	Nectandra spp.	0,52	Santiria trimera	0,53*
Macaranga denticulata	0,53	O c o t e a spp.	0,51	Sapium ellipticum	0,50*
Madhuca oblongifolia	0,53	Onychopetalum amazonicum	0,64	Schrebera arborea	0,63*
Mtodosotus philippensis	0,64	Ormosia spp.	0,59	Sclorodophloeus zenkeri	0,68*
Mangifera spp.	0,52	Ouratea sp.	0,66	Scottellia coriacea	0,56
Maniltoa minor	0,76	Pachira acuatica	0,43	Scyphocephalium ochocoa	0,48
Mastixia philippinensis	0,47	Paratecoma peroba	0,6	Scytopetalum tieghemii	0,56”
Melanorrhea spp.	0,63	Parinari spp.	0,68	Sindoropsis letestui	0,56*
Melia dubia	0,4	Parkia spp.	0,39	Staudtia stipitata	0,75
Melicope triphylla	0,37	Peltogyne spp.	0,79	Stemonocoleus micranthus	0,56”
Meliosma macrophylla	0,27	Pentaclethra macroloba	0,65, 0,68+	Sterculia rhinopetala	0,64
Melochia umbellata	0,25	Perú glabrata	0,65	Strephonema pseudocola	0,56*
Me&a ferrea	0,83, 0,85+	Perú schomburgkiana	0,59	Strombosiopsis tetrandra	0,63”
Metrosideros collina	0,70, 0,76+	Persea spp.	0,40, 0,47,0,52+	Swartzia fistuloides	0,82
Michelia spp.	0,43	Petitia domingensis	0,66	Symphonia globulifera	0,58”
Microcos stylocarpa	0,4	Pinus caribaea	0,51	Syzygium cordatum	0,59*
Micromelum compressum	0,64	Pinus oocarpa	0,55	Terminalia superba	0,45
Milliusa velutina	0,63	Pinus patula	0,45	Tessmania africana	0,85”
Mimusops elengi	0,72*	Piptadenia sp.	0,58	Testulea Gabonensis	0,6
Mitragyna parviflora	0,56	Piranhea longepedunculata	0,9	Tetraberlinia tubmaniana	0,60”
Myristica spp.	0,53	Piratinera guianensis	0,96	Tetrapleura tetraptera	0,50”
Neesia spp.	0,53	Pithecellobium guachapele (syn. Pseudosamea)	0,56	Tieghemella heckelii	0,55”
Neonauclea bernardoi	0,62	Platonia insignis	0,70’	Trema sp.	0,40*
Neotrewia cumingii	0,55	Platymiscium spp.	0,71, 0,84+	Trichilia prieureana	0,63”
Ochna foxworthyi	0,86	Podocarpus spp.	0,46	Trichoscypha arborea	0,59”
Ochroma pyramidale	0,3	Pourouma aff. melinonii	0,32	Triplochiton scleroxylon.	0,32
Octomeles sumatrana	0,27, 0,32+	Pouteria spp.	0,64, 0,67+	Uapaca spp.	0,6
Oroxylon indicum	0,32	Prioria copaifera	0,40, 0,41+	Vepris undulata	0,70”
Ougenia dalbergiodes	0,7	Protium spp.	0,53, 0,64+	Vitex doniana	0,4
Palaquium spp.	0,55	Pseudolmedia laevigata	0,64	Xylopia staudtii	0,36*
Pangium edule	0,5	Pterocarpus spp.	0,44		
Parashorea malaanonan	0,51	Pterogyne nitens	0,66		
Parashorea stellata	0,59	Qualea albiflora	0,5		
Paratrophis glabra	0,77	Qualea cf. lancifolia	0,58		
Parinari spp.	0,68	Qualea dinizii	0,58		

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Parkia roxburghii	0,34	Qualea spp.	0,55		
Payena spp.	0,55	Quararibaea guianensis	0,54		
Peltophorum pterocarpum	0,62	Quercus alata	0,71		
Pentace spp.	0,56	Quercus costaricensis	0,61		
Phaeanthus ebracteolatus	0,56	Quercus eugeniaefolia	0,67		
Phyllocladus hypophyllus	0,53	Quercus spp.	0,7		
Pinus caribaea	0,48	Raputia sp.	0,55		
Pinus insularis	0,47, 0,48+	Rheedia spp.	0,72		
Pinus merkusii	0,54	Rollinia spp.	0,36		
Pisonia umbellifera	0,21	Saccoglottis cydonioides	0,72		
Pittosporum pentandrum	0,51	Sapium ssp.	0,47, 0,72+		
Planchonia spp.	0,59	Schinopsis spp.	1		
Podocarpus spp.	0,43	Sclerobium spp.	0,47		
Polyalthia flava	0,51	Sickingia spp.	0,52		
Polyscias nodosa	0,38	Simaba multiflora	0,51		
Pometia spp.	0,54	Simarouba amara	0,32, 0,34, 0,38+		
Pouteria villamilii	0,47	Sloanea guianensis	0,79		
Premna tomentosa	0,96	Spondias mombin	0,30, 0,40, 0,41+		
Pterocarpus marsupium	0,67	Sterculia spp.	0,55		
Pterocymbium tinctorium	0,28	Stylogyne spp.	0,69		
Pyge'um vulgare	0,57	Swartzia spp.	0,95		
Quercus spp.	0,7	Swietenia macrophylla	0.42, 0,45, 0,46, 0,54+		
Radermachera pinnata	0,51	Symphonia globulifera	0,68		
SalMalía malabarica	0,32, 0,33+	Tabebuia spp. (lapacho group)	0,91		
Samanea saman	0,45, 0,46+	Tabebuia spp. (roble)	0,52		
Sandoricum vidalii	0,43	Tabebuia spp. (white cedar)	0,57		
Sapindus saponaria	0,58	Tabebuia stenocalyx	0,55, 0,57+		
Sapium luzontcum	0,4	Tachigalia myrmecophylla	0,56		
Schleichera oleosa	0,96	Talisia sp.	0,84		
Schrebera swietenoides	0,82	Tapirira guianensis	0,47*		
Semicarpus anacardium	0,64	Terminalia sp.	0,50, 0,51, 0,58+		
Serialbizia acle	0,57	Tetragastris altisima	0,61		
Serianthes melanesica	0,48	Toluifera balsamum	0,74		
Sesbania grandiflora	0,4	Torrubia sp.	0,52		
Shorea assamica forma philippinensis	0,41	Toulicia pulvinata	0,63		
Shorea astylosa	0,73	Tovomita guianensis	0,6		
Shorea ciliata	0,75	Trattinickia sp.	0,38		
Shorea contorta	0,44	Trichilia propingua	0,58		
Shorea gisok	0,76	Trichosperma mexicanum	0,41		
Shorea guiso	0,68	Triplaris spp.	0,56		
Shorea hopeifolia	0,44	Trophis sp.	0,54		
Shorea Malíbato	0,78	Vatairea spp.	0,6		
Shorea negrosensis	0,44	Virola spp.	0,40, 0,44, 0,48+		
Shorea palosapis	0,39	Vismia spp.	0,41		
Shorea plagata	0,7	Vitex spp.	0,52, 0,56, 0,57+		

\+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8))

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Shorea polita	0,47	Vitex stahelii	0,6		
Shorea polysperma	0,47	Vochysia spp.	0,40, 0,47, 0,79+		
Shorea robusta	0,72	Vouacapoua Américana	0,79		
Shorea spp. balau group	0,7	Warszewicsia coccinea	0,56		
Shorea spp. dark red meranti	0,55	Xanthoxylum martinicensis	0,46		
Shorea spp. light red meranti	0,4	Xanthoxylum spp.	0,44		
Shorea spp. white meranti	0,48	Xylopia frutescens	0,64”		
Shorea spp. yellow meranti	0,46				
Shorea virescens	0,42				
Sloanea javanica	0,53				
Soymida febrifuga	0,97				
Spathodea campanulata	0,25				
Stemonurus luzoniensis	0,37				
Sterculia vitiensis	0,31				
Stereospermum suaveolens	0,62				
Strombosia philippinensis	0,71				
Strychnos potatorum	0,88				
Swietenia macrophylla	0,49, 0,53+				
Swintonia foxworthyi	0,62				
Swintonia spp.	0,61				
Sycopsis dunni	0,63				
Syzygium spp.	0,69, 0,76+				
Tamarindus indica	0,75				
Tectona grandis	0,50, 0,55+				
Teijsmanniodendron ahernianum	0,9				
Terminalia citrina	0,71				
Terminalia copelandii	0,46				
Terminalia foetidissima	0,55				
Terminalia microcarpa	0,53				
Terminalia nitens	0,58				
Terminalia pterocarpa	0,48				
Terminalia tomentosa	0,73, 0,76, 0,77+				
Ternstroemia megacarpa	0,53				
Tetrameles nudiflora	0,3				
Tetramerista glabra	0,61				
Thespesia populnea	0,52				
Toona calantas	0,29				
Trema orientalis	0,31				

\+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m^3 de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Trichospermum richii	0,32				
Tristania spp.	0,80				
Turpinia ovalifolia	0,36				
Vateria indica	0,47*				
Vatica spp.	0,69				
Vitex spp.	0,65				
Wtodosaceodendron celebicum	0,55, 0,57+				
Weinmannia luzoniensis	0,49				
Wrightia tinctorea	0,75				
Xanthophyllum excelsum	0,63				
Xanthostemon verdugonianus	1,04				
Xylia xylocarpa	0,73, 0,81+				
Zanthoxylum rhetsa	0,33				
Zizyphus spp.	0,76				

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.10
VALORES POR DEFECTO DE LOS FACTORES DE EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (FEB)
(FEB_2 se utilizará en relación con los datos sobre la biomasa en pie de la Ecuación 3.2.3;
y FEB_1 se utilizará en relación con los datos incrementales de la Ecuación 3.2.5)

Zona climática	Tipo de bosque	Valor mínimo del diametro a la altura del pecho (cm)	FEB_2 (con corteza) para utilizar en relación con los datos de la biomasa en pie (Ecuación 3.2.3)	FEB_1 (con corteza) para utilizar en relación con los datos incrementales (Ecuación 3.2.5)
Región boreal	Coníferas	0-8,0	1,35 (1,15-3,8)	1,15 (1-1,3)
	Hoja ancha	0-8,0	1,3 (1,15-4,2)	1,1 (1-1,3)
Templada	Coníferas: Pícea-abeto	0-12,5	1,3 (1,15-4,2)	1,15 (1-1,3)
	Pinos	0-12,5	1,3 (1,15-3,4)	1,05 (1-1,2)
	Hoja ancha	0-12,5	1,4 (1,15-3,2)	1,2 (1,1-1,3)
Tropical	Pinos	10,0	1,3 (1,2-4,0)	1,2 (1,1-1,3)
	Hoja ancha	10,0	3,4 (2,0-9,0)	1,5 (1,3-1,7)

Nota: Los valores de FEB_2 aquí indicados representan promedios de madera en pie o de edad; el límite superior de la escala representa bosques jóvenes o bosques con poca madera en pie; los límites inferiores de la escala aproximan los valores de los bosques adultos o con mucha madera en pie. Estos valores son aplicables a la biomasa de madera en pie (peso seco), incluida la corteza, para un diámetro mínimo a la altura del pecho; el diámetro superior mínimo y el tratamiento de las ramas no están especificados. El resultado representa biomasa arbórea sobre el suelo.

Fuentes: Isaev *et al.*, 1993; Brown, 1997; Brown y Schroeder, 1999; Schoene, 1999; ECE/FAO TBFRA, 2000; Lowe *et al.*, 2000; consultar también en los documentos de trabajo 68 y 69 de la ERF los promedios para los países en desarrollo (http://www.fao.org/forestry/index.jsp)

CUADRO 3A.1.11
VALORES POR DEFECTO DE LA FRACCIÓN DE LA RECOLECCIÓN TOTAL QUE SE DESCOMPONE EN LOS BOSQUES, f_{BD}
(Sirve sólo para f_{BD} en la Ecuación 3.2.7)

Región	f_{BD}
Región boreal gestionada intensivamente	0,07
Región templada gestionada intensivamente	0,1
Bosques de región templada seminaturales	0,15
Plantación tropical	0,25
Tala selectiva tropical en bosques primarios	0,4

CUADRO 3A.1.12
VALORES DEL FACTOR DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE BIOMASA CONSUMIDA ANTES DE LA COMBUSTIÓN) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN

(Los valores de la columna 'media' sirven para el valor de (1-f_{BD}) en la Ecuación 3.2.9 y de $\rho_{quemada\ en\ el\ lugar}$ en la Ecuación 3.3.10)

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	Nº m[1]	Escala	No.r[2]	Referencias
Bosque tropical primario (desbroce y quema)	Bosque tropical primario	0,32	0,12	14	0,20 – 0,62	17	7, 8, 15, 56, 66, 3, 16, 53, 17, 45,
	Bosque tropical abierto primario	0,45	0,09	3	0,36 – 0,54	3	21
	Bosque húmedo tropical primario	0,50	0,03	2	0,39 – 0,54	2	37, 73
	Bosque seco tropical primario	-	-	0	0,78 – 0,95	1	66
Todos los bosques tropicales primarios		**0,36**	**0,13**	**19**	**0,19 – 0,95**	**23**	
Bosque tropical secundario (desbroce y quema)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	0,46	-	1	0,43 – 0,52	1	61
	Bosque tropical intermedio secundario (6-10 años)	0,67	0,21	2	0,46 – 0,90	2	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17 años)	0,50	0,10	2	0,36 – 0,79	2	61, 73
Todos los bosques tropicales secundarios		**0,55**	**0,06**	**8**	**0,36 – 0,90**	**9**	56, 66, 34, 30
Todos los bosques tropicales terciarios		**0,59**	**-**	**1**	**0,47 – 0,88**	**2**	66, 30
Bosque de región boreal	Incendio espontáneo (general)	0,40	0,06	2	0,36 – 0,45	2	33
	Incendio de copas	0,43	0,21	3	0,18 – 0,76	6	66, 41, 64, 63
	Incendio de superficie	0,15	0,08	3	0,05 – 0,73	3	64, 63
	Desbroce y quema tras la tala	0,33	0,13	4	0,20 – 0,58	4	49, 40, 18
	Incendio para desbroce	0,59	-	1	0,50 – 0,70	1	67
Todos los bosques de región boreal		**0,34**	**0,17**	**15**	**0,05 – 0,76**	**16**	45, 47
Bosques de eucaliptos	Incendio espontáneo	-	-	0	-	0	
	Incendio prescrito – (superficie)	0,61	0,11	6	0,50 – 0,77*	6	72, 54, 60, 9
	Desbroce y quema tras la tala	0,68	0,14	5	0,49 – 0,82	5	25, 58, 46
	Talado y quemado (quema para deforestar)	0,49	-	1	-	1	62
Todos los bosques de eucaliptos		**0,63**	**0,13**	**12**	**0,49 – 0,82**	**12**	
Otros bosques de región templada	Desbroce y quema tras la tala	0,62	0,12	7	0,48 – 0,84	7	55, 19, 27, 14
	Talado y quemado (quema para deforestar)	0,51	-	1	0,16 – 0,58	3	53, 24, 71
Todos los demás bosques de región templada		**0,45**	**0,16**	**19**	**0,16 – 0,84**	**17**	53, 56
Monte	Tierras arbustivas (general)	0,95	-	1	-	1	44
	Brezo *Ctodosuna*	0,71	0,30	4	0,27 – 0,98	4	26, 56, 39
	Fynbos	0,61	0,16	2	0,50 – 0,87	2	70, 44
Todo tipo de arbustos		**0,72**	**0,25**	**7**	**0,27 – 0,98**	**7**	
Sabanas (quemas tempranas en la estación seca)*	Sabana[@]	0,22	-	1	0,01 – 0,47	1	28
	Parque de sabana	0,73	-	1	0,44 – 0,87	1	57
	Otros tipos de sabana	0,37	0,19	4	0,14 – 0,63	4	22, 29
Todos los tipos de sabana (quemas tempranas en la estación seca)		**0,40**	**0,22**	**6**	**0,01 – 0,87**	**6**	
Sabanas (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*	Sabanas[@]	0,72	-	1	0,71 – 0,88	2	66, 57
	Parques de sabana	0,82	0,07	6	0,49 – 0,96	6	57, 6, 51
	Sabana tropical[#]	0,73	0,04	3	0,63 – 0,94	5	52, 73, 66, 12
	Otros tipos de sabana	0,68	0,19	7	0,38 – 0,96	7	22, 29, 44, 31, 57
Todos los tipos de sabana (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*		**0,74**	**0,14**	**17**	**0,29 – 0,96**	**20**	

[1] Nº m = número de observaciones para la media.
[2] Nº r = número de observaciones para la escala.
* Combustión en la capa superficial sólo, [#] campo cerrado, cerrado sensu stricto, [$] campo sujo, campo limpo, dambo, [@] miombo.
[~] obtenido en bosques tropicales desbrozados (incluye material leñoso no quemado).

CUADRO 3A.1.12 (CONTINUACIÓN)
VALORES DEL FACTOR DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE BIOMASA CONSUMIDA ANTES DE LA COMBUSTIÓN) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN

(Los valores de la columna 'media' sirven para el valor de ($1-f_{BD}$) en la Ecuación 3.2.9 y de $\rho_{quemada\ en\ el\ lugar}$ en la Ecuación 3.3.10)

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	Nº m[1]	Escala	No.r[2]	Referencias
Praderas/pastos de sabana (quemas tempranas en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical[$]	0,74	-	1	0,44 – 0,98	1	28
	Pradera	-	-	0	0,18 – 0,78	1	48
Todas los praderas de sabana (quemas tempranas en la estación seca)*		**0,74**	**-**	**1**	**0,18 – 0,98**	**2**	
Praderas/pastos de sabana (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical[$]	0,92	0,11	7	0,71 – 1,00	8	44, 73, 66, 12, 57
	Pastos tropicales[~]	0,35	0,21	6	0,19 – 0,81	7	4, 23, 38, 66
	Sabana	0,86	0,12	16	0,44 – 1,00	23	53, 5, 56, 42, 50, 6, 45, 13, 44, 65, 66
Todas las praderas de sabana (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*		**0,77**	**0,26**	**29**	**0,19 – 1,00**	**38**	
Otros tipos de vegetación	Turbera	0,50	-	1	0,50 – 0,68	2	20, 44
	Humedales tropicales	0,70	-	1	-	1	44

[1] Nº m = número de observaciones para la media
[2] Nº r = número de observaciones para la escala
* Combustión de la capa superficial sólo, [#] campo cerrado, cerrado sensu stricto, [$] campo sujo, campo limpo, dambo, [@] miombo
[~] obtenido de bosques tropicales desbrozados (incluye material leñoso no quemado)

CUADRO 3A.1.13
VALORES DEL CONSUMO DE BIOMASA (t/ha) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN
(Sirve para la Ecuación 3.2.9, en la parte correspondiente a la ecuación: '$B_W \bullet (1- f_{BD})$' , es decir, una cantidad absoluta)

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	Nº m[1]	Escala	Nº r [2]	Referencias
Bosque tropical primario (desbroce y quema)	Bosque tropical primario	83,9	25,8	6	10 – 228	9	7, 15, 66, 3, 16, 17, 45
	Bosque tropical abierto primario	163,6	52,1	3	109,9 – 214	3	21,
	Bosque húmedo tropical primario	160,4	11,8	2	115,7 – 216,6	2	37, 73
	Bosque seco tropical primario	-	-	0	57 – 70	1	66
Todos los bosques tropicales primarios		**119,6**	**50,7**	**11**	**10 – 228**	**15**	
Bosque tropical secundario (desbroce y quema)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	8,1	-	1	7,2 – 9,4	1	61
	Bosque tropical secundario intermedio (6-10 años)	41,1	27,4	2	18,8 – 66	2	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17 años)	46,4	8,0	2	29,1 – 63,2	2	61, 73
Todos los bosques tropicales secundarios		**42,2**	**23,6**	**5**	**7,2 – 93,6**	**5**	66, 30
Todos los bosques tropicales terciarios		**54,1**	**-**	**1**	**4,5 – 53**	**2**	66, 30
Bosque de región boreal	Incendio espontáneo (general)	52,8	48,4	6	18 – 149	6	2, 33, 66
	Incendio de copas	25,1	7,9	10	15 – 43	10	11, 43, 66, 41, 63, 64
	Incendio de superficie	21,6	25,1	12	1,0 – 148	13	43, 69, 66, 63, 64, 1
	Desbroce y quema tras la tala	69,6	44,8	7	7 – 202	9	49, 40, 66, 18
	Incendio para desbroce	87,5	35,0	3	48 – 136	3	10, 67
Todos los bosques de región boreal		**41,0**	**36,5**	**44**	**1,0 – 202**	**49**	43, 45, 69, 47
Bosques de eucaliptos	Incendio espontáneo	53,0	53,6	8	20 – 179	8	66, 32, 9
	Incendio prescrito – (superficie)	16,0	13,7	8	4,2 – 17	8	66, 72, 54, 60, 9
	Desbroce y quema tras la tala	168,4	168,8	5	34 – 453	5	25, 58, 46
	Talado y quemado (quema para deforestar)	132,6	-	1	50 – 133	2	62, 9
Todos los bosques de eucaliptos		**69,4**	**100,8**	**22**	**4,2 – 453**	**23**	

CUADRO 3A.1.13 (CONTINUACIÓN)
VALORES DEL CONSUMO DE BIOMASA (t/ha) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN
(Sirve para la Ecuación 3.2.9, en la parte correspondiente a la ecuación: '$B_W \bullet (1- f_{BD})$' , es decir, una cantidad absoluta)

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	Nº m[1]	Escala	Nº r [2]	Referencias
Otros bosques de región templada	Incendio espontáneo	19,8	6,3	4	11 - 25	4	32, 66
	Desbroce y quema tras la tala	77,5	65,0	7	15 – 220	8	55, 19, 14, 27, 66
	Talado y quemado (quema para deforestar)	48,4	62,7	2	3 – 130	3	53, 24, 71
Todos los demás bosques de región templada		**50,4**	**53,7**	**15**	**3 – 220**	**18**	43, 56
Monte	Tierras arbustivas (general)	26,7	4,2	3	22 – 30	3	43
	Brezo *Ctodosuna*	11,5	4,3	3	6,5 – 21	3	26, 39
	Salvia arbustiva	5,7	3,8	3	1,1 – 18	4	66
	Fynbos	12,9	0,1	2	5,9 – 23	2	70, 66
Todo tipo de arbustos		**14,3**	**9,0**	**11**	**1,1 – 30**	**12**	
Sabanas (quemas tempranas en la estación seca)*	Sabana[@]	2,5	-	1	0,1 – 5,3	1	28
	Parque de sabana	2,7	-	1	1,4 – 3,9	1	57
Todas las sabanas (quemas tempranas en la estación seca)		**2,6**	**0,1**	**2**	**0,07 – 3,9**	**2**	
Sabanas (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*	Sabana[@]	3,3	-	1	3,2 – 3,3	1	57
	Parque de sabana	4,0	1,1	6	1 – 10,6	6	57, 6, 51
	Sabana tropical[#]	6	1,8	2	3,7 – 8,4	2	52, 73
	Otros tipos de sabana	5,3	1,7	3	3,7 – 7,6	3	59, 57, 31
Todo tipo de sabanas (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*		**4,6**	**1,5**	**12**	**1,0 – 10,6**	**12**	
Praderas/pastos de sabana (quemas tempranas en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical[$]	2,1	-	1	1,4 – 3,1	1	28
	Pradera	-	-	-	1,2 – 11	1	48
Todas las praderas de sabana (quema temprana en la estación seca)*		**2,1**	**-**	**1**	**1,2 – 11**	**2**	
Pradera/pastos de sabana (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical[$]	5,2	1,7	6	2,5 – 7,1	6	9, 73, 12, 57
	Pradera	4,1	3,1	6	1,5 – 10	6	43, 9
	Pasto tropical[~]	23,7	11,8	6	4,7 – 45	7	4, 23, 38, 66
	Sabana	7,0	2,7	6	0,5 – 18	10	42, 50, 6, 45, 13, 65
Todas las praderas de sabana (quemas en sazón/tardías en la estación seca)*		10,0	10,1	24	0,5 – 45	29	
Otros tipos de vegetación	Turbera	41	1,4	2	40 – 42	2	68, 33
	Tundra	10	-	1	-	-	33

[1] Nº m = número de observaciones para la media.
[2] Nº r = número de observaciones para la escala.
* Combustión de la capa superficial sólo, [#] campo cerrado, cerrado sensu stricto, [$] campo sujo, campo limpo, dambo, [@] miombo.
[~] obtenido de bosques tropicales desbrozados (incluye material leñoso no quemado).

Referencias de los Cuadros 3A.1.12 y 3A.1.13

1. Alexander, M., *Calculating and interpreting forest fire intensities.* CANADIAN JOURNAL OF BOTANY, 1978. **60**: págs. 349 a 357.

2. Amiro, B., J. Todd, y B. Wotton, *Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 2001. **31**: págs. 512 a 525.

3. Araújo, T., J. Carvalho, N. Higuchi, A. Brasil, y A. Mesquita, *A tropical rainforest clearing experiment by biomass burning in the state of Pará, Brazil.* ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 1999. **33**: págs. 1991 a 1998.

4. Barbosa, R. y P. Fearnside, *Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1996. **101**(D20): págs. 25847 a 25857.

5. Bilbao, B. y E. Medina, *Types of grassland fires and nitrogen volatilization in tropical savannas of calabozo*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 2. Biomass burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 569 a 574.

6. Cachier, H., C. Liousse, M. Pertusiot, A. Gaudichet, F. Echalar, y J. Lacaux, *African fire Particulate emissions and atmospheric influence*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 1. Remote Sensing, Modeling and Inventory Development, and Biomass Burning in Africa*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 428 a 440.

7. Carvalho, J., N. Higuchi, T. Araujo, y J. Santos, *Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1998. **103**(D11): págs. 13195.

8. Carvalho, J., F. Costa, C. Veras, *et al.*, *Biomass fire consumption and carbon release rates of rainforest-clearing experiments conducted in northern Mato Grosso, Brazil.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 2001. **106**(D16): págs. 17877 a 17887.

9. Cheyney, N., R. Raison, y P. Khana, *Release of carbon to the atmosphere in Australian vegetation fires*, in *Carbon Dioxide and Climate: Australian Research*, G. Pearman, Editor. 1980, Australian Academy of Science: Canberra. págs. 153 a 158.

10. Cofer, W., J. Levine, E. Winstead, y B. Stocks, *Gaseous emissions from Canadian boreal forest fires.* ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 1990. **24A**(7): págs. 1653 a 1659.

11. Cofer, W., E. Winstead, B. Stocks, J. Goldammer, y D. Cahoon, *Crown fire emissions of CO_2, CO, H_2, CH_4, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire.* GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 1998. **25**(21): págs. 3919 a 3922.

12. De Castro, E.A. y J.B. Kauffman, *Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire.* Journal of Tropical Ecology, 1998. **14**(3): págs. 263 a 283.

13. Delmas, R., *On the emission of carbon, nitrogen and sulfur in the atmosphere during bushfires in intertropical savannah zones.* GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 1982. **9**(7): págs. 761 a 764.

14. Einfeld, W., D. Ward, y C. Hardy, *Effects of fire behaviour on prescribed fire smoke characteristics: A case study*, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor. 1991, MIT Press: Massechusetts. págs. 412 a 419.

15. Fearnside, P., N. Filho, y F. Fernandes, *Rainforest burning and the global carbon budget: biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1993. **98**(D9): págs. 16733 a 16743.

16. Fearnside, P., P. Graca, N. Filho, J. Rodrigues, y J. Robinson, *Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Para.* FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 1999. **123**: págs. 65 a 79.

17. Fearnside, P., P. Graca, y J. Rodrigues, *Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil.* FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 2001. **146**: págs. 115 a 128.

18. Feller, M. *The influence of fire severity, not fire intensity, on understory vegetation biomass in British Columbia*. in *13th Fire and Forest Meteorology Conference*. 1998. Lorne, Australia: IAWF.

19. Flinn, D., P. Hopmans, P. Farell, y J. James, *Nutrient loss from the burning of Pinus radiata logging residue.* AUSTRALIAN FOREST RESEARCH, 1979. **9**: págs. 17 a 23.

20. Garnett, M., P. Ineson, y A. Stevenson, *Effects of burning and grazing on carbon sequestration in a Pennine blanket bog, UK.* HOLOCENE, 2000. **10**(6): págs. 729 a 736.

21. Graca, P., P. Fearnside, y C. Cerri, *Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondonia, Brazil: biomass, charcoal formation and burning efficiency.* FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 1999. **120**: págs. 179 a 191.

22. Griffin, G. y M. Friedel, *Effects of fire on central Australian rangelands. I Fire and fuel characteristics and changes in herbage and nutrients.* AUSTRALIAN JOURNAL OF ECOLOGY, 1984. **9**: págs. 381 a 393.

23. Guild, L., J. Kauffman, L. Ellingson, y D. Cummings, *Dynamics associated with total aboveground biomass, C, nutrient pools, and biomass burning of primary forest and pasture in Rondonia, Brazil during SCAR-B.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1998. **103**(D24): págs. 32091 a 32100.

24. Gupta, P., V. Prasad, C. Sharma, A. Sarkar, Y. Kant, K. Badarinath, y A. Mitra, *CH4 emissions from biomass burning of shifting cultivation areas of tropical deciduous forests - experimental results from ground - based measurements.* CHEMOSPHERE - GLOBAL CHANGE SCIENCE, 2001. **3**: págs. 133 a 143.

25. Harwood, C. y W. Jackson, *Atmospheric losses of four plant nutrients during a forest fire.* AUSTRALIAN FORESTRY, 1975. **38**(2): págs. 92 a 99.

26. Hobbs, P. y C. Gimingham, *Studies on fire in Scottish heathland communities.* JOURNAL OF ECOLOGY, 1984. **72**: págs. 223 a 240.

27. Hobbs, P., J. Reid, J. Herring, *et al.*, *Particle and trace-gas measurements from prescribed burns of forest products in the Pacific Northwest*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 2. Biomass burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 697 a 715.

28. Hoffa, E., D. Ward, W. Hao, R. Susott, y R. Wakimoto, *Seasonality of carbon emissions from biomass burning in a Zambian savanna.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1999. **104**(D11): págs. 13841 a 13853.

29. Hopkins, B., *Observations on savanna burning in the Olokemeji forest reserve, Nigeria.* JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1965. **2**(2): págs. 367 a 381.

30. Hughes, R., J. Kauffman, y D. Cummings, *Fire in the Brazilian Amazon 3. Dynamics of biomass, C, and nutrient pools in regenerating forests.* OECOLOGIA, 2000. **124**(4): págs. 574 a 588.

31. Hurst, D., W. Griffith, y G. Cook, *Trace gas emissions from biomass burning in tropical Australian savannas.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1994. **99**(D8): págs. 16441 a 16456.

32. Jackson, W., *Nutrient stocks in Tasmanian vegetation and approximate losses due to fire.* Papers and proceedings of the Royal Society of Tasmania, 2000. **134**: págs. 1 a 18.

33. Kasischke, E., N. French, L. Bourgeau-Chavez, y N. Christensen, *Estimating release of carbon from 1990 and 1991 forest fires in Alaska.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1995. **100**(D2): págs. 2941 a 2951.

34. Kauffman, J. y C. Uhl, *8 interactions of anthropogenic activities, fire, and rain forests in the Amazon Basin*, in *Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Changes*, J. Goldammer, Editor. 1990, Springer-Verlag: Berlin. págs. 117 a 134.

35. Kauffman, J., R. Sanford, D. Cummings, I. Salcedo, y E. Sampaio, *Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests.* ECOLOGY, 1993. **74**(1): págs. 140 a 151.

36. Kauffman, J., D. Cummings, y D. Ward, *Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado.* JOURNAL OF ECOLOGY, 1994. **82**: págs. 519 a 531.

37. Kauffman, J., D. Cummings, D. Ward, y R. Babbitt, *Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests.* OECOLOGIA, 1995. **104**: págs. 397 a 408.

38. Kauffman, J., D. Cummings, y D. Ward, *Fire in the Brazilian Amazon: 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures.* OECOLOGIA, 1998. **113**: págs. 415 a 427.

39. Kayll, A., *Some characteristics of heath fires in north-east Scotland.* JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1966. **3**(1): págs. 29 a 40.

40. Kiil, A., *Fuel consumption by a prescribed burn in spruce-fir logging slash in Alberta.* THE FORESTRY CHRONICLE, 1969: págs. 100 a 102.

41. Kiil, A., *Fire spread in a black spruce stand.* CANADIAN FORESTRY SERVICE BI-MONTHLY RESEARCH NOTES, 1975. **31**(1): págs. 2 a 3.

42. Lacaux, J., H. Cachier, y R. Delmas, *Biomass burning in Africa: an overview of its impact on atmospheric chemistry*, in *Fire in the Environment: The Ecological, Atmospheric, and Climatic Importance of Vegetation Fires*, P. Crutzen and J. Goldammer, Editors. 1993, John Wiley & Sons: Chichester. págs. 159 a 191.

43. Lavoue, D., C. Liousse, H. Cachier, B. Stocks, y J. Goldammer, *Modeling of carbonaceous particles emitted by boreal and temperate wildfires at northern latitudes.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 2000. **105**(D22): págs. 26871 a 26890.

44. Levine, J., *Global biomass burning: a case study of the gaseous and particulate emissions released to the atmosphere during the 1997 fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia*, in *Biomass Burning and its Inter-relationships with the Climate System*, J. Innes, M. Beniston, and M. Verstraete, Editors. 2000, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht. págs. 15 a 31.

45. Levine, J. y W. Cofer, *Boreal forest fire emissions and the chemistry of the atmosphere*, in *Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forest*, E. Kasischke and B. Stocks, Editors. 2000, Springer-Verlag: New York. págs. 31 a 48.

46. Marsdon-Smedley, J. y A. Slijepcevic, *Fuel characteristics and low intensity burning inEucalyptus obliqua wet forest at the Warra LTER site.* TASFORESTS, 2001. **13**(2): págs. 261 a 279.

47. Mazurek, M., W. Cofer, y J. Levine, *Carbonaceous aerosols from prescribed burning of a boreal forest ecosystem*, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor. 1991, MIT Press: Massechusetts. págs. 258 a 263.

48. McNaughton, S., N. Stronach, y N. Georgiadis, *Combustion in natural fires and global emissions budgets.* ECOLOGICAL APPLICATIONS, 1998. **8**(2): págs. 464 a 468.

49. McRae, D. y B. Stocks. *Large-scale convection burning in Ontario*. in *Ninth Conference on Fire and Forest Metearology*. 1987. San Diego, California: American Meterological Society.

50. Moula, M., J. Brustet, H. Eva, J. Lacaux, J. Gregoire, y J. Fontan, *Contribution of the Spread-Fire Model in the study of savanna fires*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 1. Remote Sensing, Modeling and Inventory Development, and Biomass Burning in Africa*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 270 a 277.

51. Neil, R., N. Stronach, y S. McNaughton, *Grassland fire dynamics in the Serengeti ecosystem, and a potential method of retrospectively estimating fire energy.* JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1989. **26**: págs. 1025 a 1033.

52. Pivello, V. y L. Coutinho, *Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna).* JOURNAL OF TROPICAL ECOLOGY, 1992. **8**: págs. 487 a 497.

53. Prasad, V., Y. Kant, P. Gupta, C. Sharma, A. Mitra, y K. Badarinath, *Biomass and combustion characteristics of secondary mixed deciduous forests in Eastern Ghats of India.* ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 2001. **35**(18): págs. 3085 a 3095.

54. Raison, R., P. Khana, y P. Woods, *Transfer of elements to the atmosphere during low intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1985. **15**: págs. 657 a 664.

55. Robertson, K., *Loss of organic matter and carbon during slash burns in New Zealand exotic forests.* NEW ZEALAND JOURNAL OF FORESTRY SCIENCE, 1998. **28**(2): págs. 221 a 241.

56. Robinson, J., *On uncertainty in the computation of global emissions from biomass burning.* CLIMATIC CHANGE, 1989. **14**: págs. 243 a 262.

57. Shea, R., B. Shea, J. Kauffman, D. Ward, C. Haskins, y M. Scholes, *Fuel biomass and combustion factors associated with fires in savanna ecosystems of South Africa and Zambia.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1996. **101**(D19): págs. 23551 a 23568.

58. Slijepcevic, A., *Loss of carbon during controlled regeneration burns in Eucalyptus obliqua forest.* TASFORESTS, 2001. **13**(2): págs. 281 a 289.

59. Smith, D. y T. James, *Characteristics of prescribed burns andresultant short-term environmental changes in Populus tremuloides woodland in southern Ontario.* CANADIAN JOURNAL OF BOTANY, 1978. **56**: págs. 1782 a 1791.

60. Soares, R. y G. Ribeiro. *Fire behaviour and tree stumps sprouting in Eucalyptus prescribed burnings in southern Brazil*. in *III International Conference on Forest Fire Research / 14th Conference on Fire and Forest Meteorology*. 1998. Luso.

61. Sorrensen, C., *Linking smallholder land use and fire activity: examining biomass burning in the Brazilian Lower Amazon.* FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 2000. **128**(1-2): págs. 11 a 25.

62. Stewart, H. y D. Flinn, *Nutrient losses from broadcast burning of Eucalyptus debris in north-east Victoria.* AUSTRALIAN FOREST RESEARCH, 1985. **15**: págs. 321 a 332.

63. Stocks, B., *Fire behaviour in immature jack pine.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1987. **17**: págs. 80 a 86.

64. Stocks, B., *Fire behaviour in mature jack pine.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1989. **19**: págs. 783 a 790.

65. Stocks, B., B. van Wilgen, W. Trollope, D. McRae, J. Mason, F. Weirich, y A. Potgieter, *Fuels and fire behaviour dynamics on large-scale savanna fires in Kruger National Park, South Africa.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1996. **101**(D19): págs. 23541 a 23550.

66. Stocks, B. y J. Kauffman, *Biomass consumption and behaviour of wildland fires in boreal, temperate, and tropical ecosystems: parameters necessary to interpret historic fire regimes and future fire scenarios*, in *Sediment Records of Biomass Burning and Global Change*, J. Clark, *et al*., Editors. 1997, Springer-Verlag: Berlin. págs. 169 a 188.

67. Susott, R., D. Ward, R. Babbitt, y D. Latham, *The measurement of trace emissions and combustion characteristics for a mass fire*, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor. 1991, MIT Press: Massechusetts. págs. 245 a 257.

68. Turetsky, M. y R. Wieder, *A direct approach to quantifying organic matter lost as a result of peatland wildfire.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 2001. **31**(2): págs. 363 a 366.

69. Van Wagner, C., *Duff consumption by fire in eastern pine stands.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1972. **2**: págs. 34 a 39.

70. Van Wilgen, B., D. Le Maitre, y F. Kruger, *Fire behaviour in South African fynbos (macchia) vegetation and predictions from Rothermel's fire model.* JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1985. **22**: págs. 207 a 216.

71. Vose, J. y W. Swank, *Site preparation burning to improve southern Appalachian pine-hardwood stands: aboveground biomass, forest floor mass, and nitrogen and carbon pools.* CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1993. **23**: págs. 2255 a 2262.

72. Walker, J., *Fuel dynamics in Australian vegetation*, in *Fire and the Australian Biota*, A. Gill, R. Groves, and I. Noble, Editors. 1981, Australian Academy of Science: Canberra. págs. 101 a 127.

73. Ward, D., R. Susott, J. Kauffman, *et al*., *Smoke and fire characteristics for Cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE-B Experiment.* JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1992. **97**(D13): págs. 14601 a 14619.

CUADRO 3A.1.14

EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EFECTIVAMENTE QUEMADO) PARA LAS QUEMAS DE DESBROCE, Y PARA LAS QUEMAS DE TALA INTENSIVA EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y CONDICIONES DE QUEMA

(Sirve para las secciones 'tierras forestales convertidas en tierras agrícolas', 'convertidas en praderas', o 'convertidas en asentamientos o en otros tipos de tierras')

Tipos de bosque	Tipo de quema y tiempo de secado (meses)					
	Quema de voleo		Hileras		Hileras+atizado	
	<6	>6	<6	>6	<6	>6
Húmedo tropical						
- primario [a]	0,15-0,3	~0,30				
- secundario [b]		0,40				
Tropical seco						
- Especies mixtas [c]		>0,9				
- Acacia [d]			-	0,8	-	~0,95
Eucalipto de región templada [e]	0,3	0,5-0,6				
Bosque de región boreal [f]	0,25					

Nota: La eficiencia de combustión o la fracción de biomasa quemada representan un número crítico en el cálculo de las emisiones que es muy variable según la colocación del combustible (p. ej., en voleo o por montones), el tipo de vegetación, que afecta al tamaño y a la inflamabilidad de los componentes del combustible, y las condiciones de quema (especialmente la humedad del combustible).

Fuentes: [a]Fearnside (1990), Wei Min Hao *et. al* (1990); [b]Wei Min Hao *et. al* (1990); [c]Kauffmann y Uhl; *et. al* (1990); [d]Williams *et. al* (1970), Cheney (pers. comm. 2002); [e] McArthur (1969), Harwood & Jackson (1975), Slijepcevic (2001), Stewart & Flinn (1985); y [f] French *et. al* (2000).

CUADRO 3A.1.15
COEFICIENTES DE EMISIÓN PARA LA QUEMA A CIELO ABIERTO DE BOSQUES TALADOS
(Sirve para la Ecuación 3.2.19)

Compuesto	Coeficientes de emisión
CH_4	0,012 (0,009-0,015)[a]
CO	0,06 (0,04-0,08)[b]
N_2O	0,007 (0,005-0,009)[c]
NO_x	0,121 (0,094-0,148)[c]

Fuente: [a]Delmas, 1993, [b]Lacaux *et al.*, 1993, y Crutzen y Andreae, 1990. Nota: Para los compuestos de carbono, es decir, CH_4 y CO, el coeficiente es la masa de compuesto de carbono liberada (en unidades de C) dividida por la masa de carbono total liberada en la combustión. Los valores correspondientes a los compuestos de nitrógeno se expresan como coeficientes de emisión (en unidades de N) tomando como referencia el nitrógeno total liberado del combustible.

CUADRO 3A.1.16
FACTORES DE EMISIÓN (G/KG DE MATERIA SECA QUEMADA)
APLICABLE A LOS COMBUSTIBLES QUEMADOS EN DIVERSOS TIPOS DE INCENDIOS DE VEGETACIÓN
(Utilizar en relación con la Ecuación 3.2.20)

	CO_2	CO	CH_4	NO_x	N_2O*	NMHC [2]	Fuente
Sabana de hoja ancha húmeda/yerma	1 523	92	3	6	0,11	-	Scholes (1995)
Sabana de hoja fina fértil árida	1 524	73	2	5	0,11	-	Scholes (1995)
Pradera húmeda yerma	1 498	59	2	4	0,10	-	Scholes (1995)
Pradera fértil árida	1 540	97	3	7	0,11	-	Scholes (1995)
Humedal	1 554	58	2	4	0,11	-	Scholes (1995)
Todos los tipos de vegetación	1 403 -1 503	67-120	4-7	0,5-0,8	0,10	-	IPCC (1994)
Incendios forestales	1 531	112	7,1	0,6-0,8	0,11	8-12	Kaufman *et al.* (1992)
Incendios de sabana	1 612	152	10,8	-	0,11	-	Ward *et al.* (1992)
Incendios forestales	1 580	130	9	0,7	0,11	10	Delmas *et al.* (1995)
Incendios de sabana	1 640	65	2,4	3,1	0,15	3,1	Delmas *et al.* (1995)

[1] Suponiendo un contenido de 41-45% de C y una combustión de 85-100%.
[2] NMHC: hidrocarburos distintos del metano.
* Calculado a partir de los datos de Crutzen y Andreae (1990), suponiendo un coeficiente N/C de 0,01, excepto para los incendios de sabanas.

Anexo 3A.2 Cuadros de notificación y hojas de trabajo

Todos los usuarios deberían notificar sus datos de inventario en el formato prescrito en los cuadros de notificación. Naturalmente, se pide que los usuarios rellenen únicamente las casillas de los cuadros relacionadas con las categorías de gases y de fuentes/sumideros que han estimado e incluido en su inventario.

Las ecuaciones para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 y de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 asociadas a distintas categorías de uso de la tierra del Capítulo 3 (Orientaciones sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) se plasman en diferentes hojas de trabajo. Las correspondientes estimaciones de las emisiones y absorciones incluidas en las hojas de trabajo se reúnen en las hojas de trabajo compilatorias y, por último, en los cuadros de notificación. Éstos han sido diseñados utilizando el mismo formato que en las *Directrices del IPCC*, siempre que ha sido posible.

Las hojas de trabajo se presentan en módulos, y cada módulo corresponde a una categoría específica de uso de la tierra (véase el Recuadro 3A.2.1). Un módulo se divide en dos submódulos para diferenciar entre las tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra y las convertidas a otras categorías de uso de la tierra. Cada submódulo consta de varias hojas de trabajo clasificadas, básicamente, en cuatro grupos: hojas de trabajo sobre biomasa viva; hojas de trabajo sobre materia orgánica muerta; hojas de trabajo sobre suelos (subdivididas a su vez en suelos minerales y suelos orgánicos); y hojas de trabajo sobre emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. Las hojas de trabajo están basadas en gran medida en los métodos del Nivel 1, pero suplementadas, en su caso, por métodos de niveles superiores. Para facilitar el uso de las hojas de trabajo se incluyen en éstas símbolos de las variables o parámetros utilizados en las ecuaciones del texto principal. Observése que las hojas de trabajo abarcan también las fuentes y categorías de uso de la tierra cuya notificación es opcional.

RECUADRO 3A.2.1 ESTRUCTURA DE LAS HOJAS DE TRABAJO (EN EL EJEMPLO, PARA TIERRAS FORESTALES)

Módulo: Tierras forestales

Submódulo: Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

Hojas de trabajo:

- TF-1a (TF representa ‘Tierras forestales’; 1 representa ‘Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales’; 2 representa ‘Tierras convertidas en tierras forestales’; y "a" representa ‘biomasa’)
- TF-1b ("b" representa ‘materia orgánica muerta’ (MOM))
- TF-1c1 ("c" representa ‘suelos’ (MOS) ulteriormente subdivididos en c1, para suelos minerales, y c2 para suelos orgánicos, etc.)
- TF-1d ("d" representa ‘gases de efecto invernadero distintos del CO_2’)

Se ofrecen dos series de hojas de trabajo compilatorias para recopilar por separado las emisiones y absorciones de CO_2 y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. Los cuadros están diseñados para recopilar las emisiones y absorciones por categorías de uso de la tierra y por depósitos de carbono (es decir, biomasa viva, materia orgánica muerta, y suelos). En el caso de las emisiones de gases distintos del CO_2, los depósitos de carbono se agrupan en biomasa y suelos.

Los cuadros de notificación son de dos tipos. El primer tipo de cuadro se utiliza para notificar las emisiones y absorciones de CO_2 y de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 para todas las categorías de uso de la tierra, incluidas las emisiones y absorciones procedentes de tierras convertidas a cualquier otra categoría de uso de la tierra. El segundo tipo es un subconjunto de ésta, y está diseñado para notificar, utilizando la información del primer cuadro, las emisiones y absorciones de CO_2 y de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 por efecto de la conversión de tierras forestales y de praderas en cualquier otra categoría de uso de la tierra.

Al recopilar las estimaciones de emisiones y sumideros asociados a los usos de la tierra, a los cambios de uso de la tierra y a la silvicultura junto con otros elementos de inventario de gases de efecto invernadero a nivel nacional, los signos (+/-) deberán utilizarse de manera coherente. En los cuadros de notificación, las emisiones (disminución de las reservas de carbono, emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2) son siempre positivas (+), y las absorciones (aumento de las reservas de carbono) son negativas (-). Para calcular las estimaciones iniciales, se utiliza también aquí la convención utilizada en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*, en la que el aumento neto de las reservas de carbono es positivo (+) y la disminución neta es negativa (-). Al igual que en las *Directrices del IPCC*, los signos de estos valores han de ser convertidos en los cuadros de

notificación finales con objeto de mantener la coherencia con otras secciones de los informes de inventario nacionales.

Unidades - Las emisiones/absorciones de CO_2 y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 se notifican en gigagramos (Gg) en los cuadros de notificación. Para convertir toneladas de C en Gg de CO_2, se multiplicará el valor correspondiente por 44/12 y, a continuación, por 10^{-3}. Para convertir kg de N de N_2O en Gg de N_2O, se multiplicará el valor correspondiente por 44/28 y, seguidamente, por 10^{-6}.

Convención - Con fines de notificación, y por coherencia con las *Directrices del IPCC*, los signos son siempre (+) en el caso de las emisiones, y (-) en el caso de las absorciones.

CUADRO 3A.2.1A

CUADRO DE NOTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 Y DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 PROCEDENTES DEL SECTOR DE UTCUTS EN EL AÑO DE NOTIFICACIÓN

Categoría de uso de la tierra		*Directrices del IPCC* [1]	Variación anual de las reservas de carbono, Gg CO_2				CH_4	N_2O	NO_x [3]	CO [3]
Uso de la tierra inicial	**Uso de la tierra durante el año de notificación**		**Biomasa viva** A	**Materia orgánica muerta** B	**Suelos** C	**Emisiones/absorciones de CO_2** [2] **D = (A+B+C) • (-1)** D	**(Gg)**	**(Gg)**	**(Gg)**	**(Gg)**
Tierras forestales	Tierras forestales	5A								
Tierras agrícolas	Tierras forestales	5A, 5C, 5D	$\Delta C_{TTF_{BV}}$ [5]	$\Delta C_{TTF_{MOM}}$	$\Delta C_{TTF_{MOS}}$					
Praderas	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Humedales	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Asentamientos	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Otras tierras	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
	Total parcial de Tierras forestales									
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	5A, 5D								
Tierras forestales	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Praderas	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Humedales	Tierras agrícolas	5D								
Asentamientos	Tierras agrícolas	5D								
Otras tierras	Tierras agrícolas	5D								
	Total parcial de Tierras agrícolas									
Praderas	Praderas	5A, 5D								
Tierras forestales	Praderas	5B, 5D								
Tierras agrícolas	Praderas	5C, 5D								
Humedales	Praderas	5C, 5D								
Asentamientos	Praderas	5C, 5D								
Otras tierras	Praderas	5C, 5D								
	Total parcial de Praderas									
Humedales	Humedales	5A, 5E								
Tierras forestales	Humedales	5B								
Tierras agrícolas	Humedales	5E								
Praderas	Humedales	5B								
Asentamientos	Humedales	5E								
Otras tierras	Humedales	5E								
	Total parcial de Humedales									

(CONTINÚA AL DORSO)

CUADRO 3A.2.1A (CONTINUACIÓN)

CUADRO DE NOTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 Y DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 PROCEDENTES DEL SECTOR DE UTCUTS EN EL AÑO DE NOTIFICACIÓN

Categoría de uso de la tierra		*Directrices del IPCC* [1]	Variación anual de las reservas de carbono, Gg CO_2				CH_4 (Gg)	N_2O (Gg)	NO_x [3] (Gg)	CO [3] (Gg)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Biomasa viva A	Materia orgánica muerta B	Suelos C	Emisiones/absorciones de CO_2 [2] D = (A+B+C) • (-1) D				
Asentamientos	Asentamientos	5A								
Tierras forestales	Asentamientos	5B								
Tierras agrícolas	Asentamientos	5E								
Praderas	Asentamientos	5B								
Humedales	Asentamientos	5E								
Otras tierras	Asentamientos	5E								
	Total parcial de Asentamientos									
Otras tierras	Otras tierras	5A								
Tierras forestales	Otras tierras	5B								
Tierras agrícolas	Otras tierras	5E								
Praderas	Otras tierras	5B								
Humedales	Otras tierras	5E								
Asentamientos	Otras tierras	5E								
	Total parcial de Otras tierras									
Otros [4] (especificar)										
	Total parcial de Otras									
Total										

[1] Epígrafes tomados de las Instrucciones de notificación de las *Directrices del IPCC*, páginas 1.14 - 1.16: 5A – Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa; 5B – Conversión de bosques y de praderas; 5C – Abandono de tierras gestionadas; 5D – Emisiones y absorciones en el suelo, y 5E – Otras.

[2] A efectos de notificación, es necesario invertir el signo de manera que el valor resultante esté expresado como (-) para las absorciones, y como (+) para las emisiones. Así, el valor 1 negativo se multiplica por la emisión o absorción de CO_2 resultante.

[3] En las *Directrices del IPCC* y en esta publicación se proporcionan metodologías para estimar las emisiones de NO_x y de CO para las categorías de Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura para las emisiones procedentes de incendios solamente. Si se hubieran notificado datos adicionales, debería indicarse la información adicional (método, datos de actividad, y factores de emisión) utilizada para hacer esas estimaciones.

[4] En este concepto podrían incluirse otras fuentes o sumideros no especificados tales como los PM, etc.

[5] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que solamente se han indicado símbolos para una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

CUADRO 3A.2.1B

CUADRO DE NOTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 Y DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 POR EFECTO DE LA CONVERSIÓN DE TIERRAS FORESTALES Y DE PRADERAS EN OTRAS TIERRAS EN EL AÑO DE NOTIFICACIÓN

Categoría de uso de la tierra		*Directrices del IPCC* [1]	Variación anual de las reservas de carbono, Gg CO_2				CH_4 (Gg)	N_2O (Gg)	NO_x [3] (Gg)	CO [3] (Gg)
Uso de la tierra inicial	**Uso de la tierra durante el año de notificación**		**Biomasa viva** A	**Materia orgánica muerta** B	**Suelos** C	**Emisiones/absorciones de CO_2** [2] **D = (A+B+C) • (-1)** D				
Tierras forestales	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Tierras forestales	Praderas	5B, 5D	$\Delta C_{TP_{BV}}$ [4]	$\Delta C_{TP_{MOM}}$	$\Delta C_{TP_{MOS}}$					
Tierras forestales	Humedales	5B								
Tierras forestales	Asentamientos	5B								
Tierras forestales	Otras tierras	5B								
	Total parcial de Tierras forestales									
Praderas	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Praderas	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Praderas	Humedales	5B								
Praderas	Asentamientos	5B								
Praderas	Otras tierras	5B								
	Total parcial de Praderas									
Total										

[1] Los epígrafes están tomados de las Instrucciones de notificación de las *Directrices del IPCC*, páginas 1.14 - 1.16: 5A – Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa; 5B – Conversión de bosques y de praderas; 5C – Abandono de tierras gestionadas; 5D – Emisiones y absorciones en el suelo, y 5E - Otras.

[2] A efectos de notificación, es necesario invertir el signo de manera que el valor resultante esté expresado como (-) para las absorciones, y como (+) para las emisiones. Así, el valor negativo 1 se multiplica por la emisión o absorción de CO_2 resultante.

[3] En las *Directrices del IPCC* y en esta publicación se proporcionan metodologías para estimar las emisiones de NO_x y de CO para las categorías de Uso de la tierra, Cambio de uso de la tierra y silvicultura para las emisiones procedentes de incendios solamente. Si se hubieran notificado datos adicionales, debería indicarse la información adicional (método, datos de actividad, y factores de emisión) utilizada para hacer esas estimaciones.

[4] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que solamente se han indicado símbolos para una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

CUADRO 3A.2.2A

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 [1]

Categoría de uso de la tierra [2]		**Superficie de tierra**	**Biomasa viva**			**Materia orgánica muerta**			**Suelos [3]**		
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	**(ha)**	Aumento anual de las reservas de carbono (toneladas de C año^{-1}) A	Disminución anual de las reservas de carbono (toneladas de C año^{-1}) B	Variación anual de las reservas de carbono (Gg de CO_2 año^{-1}) C = (A-B) • 10^{-3} • 44/12 C	Variación de las reservas de carbono en la madera muerta (toneladas de C año^{-1}) D	Variación de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C año^{-1}) E	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO_2 año^{-1}) F = (D+E) • 10^{-3} • 44/12 F	Variación de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) G	Variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos (toneladas de C año^{-1}) H	Variación anual de las reservas de carbono (Gg de CO_2 año^{-1}) I = (G+H) • 10^{-3} • 44/12 I
Tierras forestales	Tierras forestales										
Tierras agrícolas	Tierras forestales		ΔC_{TTF_C} [4]	ΔC_{TTF_P}	$\Delta C_{TTF_{BV}}$	$\Delta C_{TTF_{MM}}$	$\Delta C_{TTF_{Dt}}$	$\Delta C_{TTF_{MOM}}$	$\Delta C_{TTF_{Mineral}}$	$\Delta C_{TTF_{Orgánico}}$	$\Delta C_{TTF_{Suelos}}$
Praderas	Tierras forestales										
Humedales	Tierras forestales										
Asentamientos	Tierras forestales										
Otras tierras	Tierras forestales										
	Total parcial de Tierras forestales										
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas										
Tierras forestales	Tierras agrícolas										
Praderas	Tierras agrícolas										
Humedales	Tierras agrícolas										
Asentamientos	Tierras agrícolas										
Otras tierras	Tierras agrícolas										
	Total parcial de Tierras agrícolas										
Praderas	Praderas										
Tierras forestales	Praderas										
Tierras agrícolas	Praderas										
Humedales	Praderas										
Asentamientos	Praderas										
Otras tierras	Praderas										
	Total parcial de Praderas										
Humedales	Humedales										
Tierras forestales	Humedales										
Tierras agrícolas	Humedales										
Praderas	Humedales										
Asentamientos	Humedales										
Otras tierras	Humedales										
	Total parcial de Humedales										

(CONTINÚA AL DORSO)

CUADRO 3A.2.2A (CONTINUACIÓN)

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 [1]

Categoría de uso de la tierra		Superficie de tierra (ha)	Biomasa viva			Materia orgánica muerta			Suelos [3]		
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Aumento anual de las reservas de carbono (toneladas de C año^{-1}) A	Disminución anual de las reservas de carbono (toneladas de C año^{-1}) B	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO_2 año^{-1}) C = (A-B) • 10^{-3} • 44/12 C	Variación de las reservas de carbono en la madera muerta (toneladas de C año^{-1}) D	Variación de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C año^{-1}) E	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO_2 año^{-1}) F = (D+E) • 10^{-3} • 44/12 F	Variación de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) G	Variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos (toneladas de C año^{-1}) H	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO_2 año^{-1}) I = (G+H) • 10^{-3} • 44/12 I
Asentamientos	Asentamientos										
Tierras forestales	Asentamientos										
Tierras agrícolas	Asentamientos										
Praderas	Asentamientos										
Humedales	Asentamientos										
Otras tierras	Asentamientos										
	Total parcial de Asentamientos										
Otras tierras	Otras tierras										
Tierras forestales	Otras tierras										
Tierras agrícolas	Otras tierras										
Praderas	Otras tierras										
Humedales	Otras tierras										
Asentamientos	Otras tierras										
	Total parcial de Otras tierras										
Otros (especificar) [2]											
	Total parcial de Otras										
Total											

[1] Las convenciones para los signos de la variación neta de carbono en las columnas C, F, e I son: ganancia neta (+) y pérdida neta (-).

[2] Puede incluir otras fuentes y sumideros no especificados, como los PMR, etc.

[3] Puede añadirse una columna adicional para incluir la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto del encalado.

[4] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

CUADRO 3A.2.2B

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 [1]

Categoría de uso de la tierra		Superficie de tierra	CH_4 (Gg)			N_2O (Gg)			NO_x (Gg)			CO (Gg)		
Uso de la tierra inicial	**Uso de la tierra: año de notificación**	**(ha)**	**Bio-masa[2]**	**Suelos**	**Total**	**Bio-masa[2]**	**Suelos[3]**	**Total**	**Bio-masa[2]**	**Suelos**	**Total**	**Bio-masa[2]**	**Suelos**	**Total**
Tierras forestales	Tierras forestales													
Tierras agrícolas	Tierras forestales													
Praderas	Tierras forestales													
Humedales	Tierras forestales													
Asentamientos	Tierras forestales													
Otras tierras	Tierras forestales													
	Total parcial de Tierras forestales													
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas													
Tierras forestales	Tierras agrícolas													
Praderas	Tierras agrícolas													
Humedales	Tierras agrícolas													
Asentamientos	Tierras agrícolas													
Otras tierras	Tierras agrícolas													
	Total parcial de Tierras agrícolas													
Praderas	Praderas													
Tierras forestales	Praderas													
Tierras agrícolas	Praderas													
Humedales	Praderas													
Asentamientos	Praderas													
Otras tierras	Praderas													
	Total parcial de Praderas													
Humedales	Humedales													
Tierras forestales	Humedales													
Tierras agrícolas	Humedales													
Praderas	Humedales													
Asentamientos	Humedales													
Otras tierras	Humedales													
	Total parcial de Humedales													

CUADRO 3A.2.2B (CONTINUACIÓN)

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO_2 [1]

Categoría de uso de la tierra		Superficie de tierra	CH_4 (Gg)			N_2O (Gg)			NO_x (Gg)			CO (Gg)		
Uso de la tierra inicial	**Uso de la tierra: año de notificación**	**(ha)**	**Bio-masa[2]**	**Suelos**	**Total**	**Bio-masa[2]**	**Suelos[3]**	**Total**	**Bio-masa[2]**	**Suelos**	**Total**	**Bio-masa[2]**	**Suelos**	**Total**
Asentamientos	Asentamientos													
Tierras forestales	Asentamientos													
Tierras agrícolas	Asentamientos													
Praderas	Asentamientos													
Humedales	Asentamientos													
Otras tierras	Asentamientos													
	Total parcial de Asentamientos													
Otras tierras	Otras tierras													
Tierras forestales	Otras tierras													
Tierras agrícolas	Otras tierras													
Praderas	Otras tierras													
Humedales	Otras tierras													
Asentamientos	Otras tierras													
	Total parcial de Otras tierras													
Otras (especificar)														
	Total parcial de Otras													
Total														

[1] Todas las unidades deberían notificarse en gigagramos (Gg). Para convertir "kg de N_2O-N" en Gg N_2O, multiplicar el valor (tomado de las hojas de trabajo) por 44/28 y 10^{-6}. De modo semejante a las convenciones utilizadas en las hojas de trabajo, el signo de las absorciones es positivo (+), y el de las emisiones es negativo (-).

[2] Puede haber alteraciones en el crecimiento de la biomasa de madera sólo en tierras forestales y praderas. Las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema prescrita de sabanas (praderas) se notifican en el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC*.

[3] La fertilización se practica en tierras forestales, tierras agrícolas y praderas. Las emisiones de N_2O procedentes del uso de fertilizantes de N en tierras agrícolas se notifican en el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC*.

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)** [1]
Hoja	**1 de 4**

Categoría de uso de la tierra [2]		Subcategorías para el año de notificación [3]	Superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (ha)	Incremento neto anual promedio, en volumen, apto para el procesamiento industrial (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$)	Densidad de madera básica (toneladas m. s. por m^{-3} de volumen de tala)	Factor de expansión de la biomasa para la conversión del incremento neto anual (corteza incluida) en incremento de biomasa arbórea sobre el suelo (sin dimensiones)	Incremento anual promedio de biomasa aérea (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$) $E = B \bullet C \bullet D$	Relación raíz-vástago apropiado para los incrementos (sin dimensiones)	Incremento anual promedio de biomasa sobre el suelo y bajo el suelo (toneladas d.m ha^{-1} $año^{-1}$) $G = E \bullet (1+F)$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F	G
TF	TF	a)							
		b)	**S**	**I_V**	**D**	**FEB_1**	**C_W**	**R**	**C_{TOTAL}**
		c)							
		Total parcial							
Total									

[1] Cálculos basados en el método por defecto (véase la Sección 3.2.1.1)

[2] TF = tierras forestales. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[3] Además, el uso de la tierra debería subdividirse en función de los tipos de bosque y de zona climática del país.

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)**
Hoja	**2 de 4**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C m. s.$^{-1}$)	Aumento anual de carbono prodedente del incremento de biomasa (toneladas de C año^{-1}) $I = A \bullet G \bullet H$	Volumen anual de rollizos extraído (m^3 año^{-1})	Densidad de la biomasa (toneladas m. s. m^{-3} de volumen de tala)	Factor de expansión de la biomasa para convertir los volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida la corteza) (sin dimensiones)	Fracción de biomasa restante que se descompone en los bosques (sin dimensiones)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		H	I	J	K	L	M
TF	TF	a)						
		b)	**FC**	ΔC_{TFTF_C}	**H**	**D**	**FEB_2**	**f_{BD}**
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo	**Tierras forestales**								
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**								
Hoja de trabajo	**TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)**								
Hoja	**3 de 4**								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Pérdida de carbono anual procedente de talas comerciales (toneladas de C año^{-1}) N = J • K • L • (1-M) • H	Volumen anual de leña recogida (m^3 año^{-1})	Densidad de la biomasa (toneladas m. s. m^{-3} de volumen de tala)	Factor de expansión de la biomasa para convertir los volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida la corteza) (sin dimensiones)	Pérdida anual de carbono procedente de la recogida de leña (toneladas de C año^{-1}) R = O • P • Q • H	Superficie forestal afectada por alteraciones (ha año^{-1})	Reservas de biomasa en áreas forestales, en promedio (toneladas m. s. ha^{-1})
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		N	O	P	Q	R	S	T
TF	TF	a)							
		b)	**P_{talas}**	**LR**	**D**	**FEB_2**	**$P_{leña}$**	**$S_{alteración}$**	**B_W**
		c)							
		Total parcial							
Total									

Módulo		**Tierras forestales**				
Submódulo		**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**				
Hoja de trabajo		**TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)**				
Hoja		**4 de 4**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Fracción de biomasa restante que se degrada en los bosques (sin dimensiones)	Otras pérdidas de carbono anuales (toneladas de C año^{-1}) $V = S \bullet T \bullet (1-U) \bullet H$	Disminución anual de carbono debida a la pérdida de biomasa (toneladas de C año^{-1}) $W = N+R+V$	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año^{-1}) $X = I-W$
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		U	V	W	X
TF	TF	a)				
		b)	f_{BD}	$P_{otras\ pérdidas}$	ΔC_{TFTF_P}	$\Delta C_{TFTF_{BV}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-1b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)** [1]
Hoja	**1 de 3**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, gestionadas (ha)	Transferencia anual a madera muerta (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Transferencia anual procedente de madera muerta (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Fracción de carbono en la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C (toneladas m. s.)$^{-1}$)	Variación anual de carbono en la madera muerta (toneladas de C $año^{-1}$) E = A • (B-C) • D	Valor de referencia de las reservas de detritus en bosques nativos no gestionados, correspondiente al estado *i* (toneladas de C ha^{-1})
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F
TF	TF	a)						
		b)	**S**	$\mathbf{B_{hacia}}$	$\mathbf{B_{desde}}$	**FC**	$\mathbf{\Delta C_{TFTF_{MM}}}$	$\mathbf{Dt_{ref(i)}}$
		c)						
		Total						
Total								

[1] El cálculo está basado en el Nivel 2, ya que el Nivel 1 presupone una variación neta de carbono nula en la madera muerta y los detritus.

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-1b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)**
Hoja	**2 de 3**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Factor de ajuste que refleja los efectos de la intensidad de la gestión o de las prácticas sobre $Dt_{ref(i)}$ en el estado *i* (sin dimensiones)	Factor de ajuste que refleja los efectos de un cambio del régimen de alteración sobre $Dt_{ref\ (i)}$ en el estado *i* (sin dimensiones)	Reservas estables en detritus en el estado anterior *i* (toneladas de C ha^{-1}) I = F • G • H	Valor de referencia de las reservas en detritus en el estado anterior *j* (toneladas de C ha^{-1})	Factor de ajuste que refleja los efectos de la intensidad de la gestión o de las prácticas sobre $Dt_{ref\ (j)}$ en el estado *j* (sin dimensiones)	Factor de ajuste que refleja los efectos de un cambio del régimen de perturbación sobre $Dt_{ref\ (j)}$ en el estado *j* (sin dimensiones)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		G	H	I	J	K	L
TF	TF	a)						
		b)	$\mathbf{f_{intensidad\ gest\ i}}$	$\mathbf{f_{régimen\ alt\ i}}$	$\mathbf{C_i}$	$\mathbf{Dt_{ref\ (j)}}$	$\mathbf{f_{intensidad\ gest\ j}}$	$\mathbf{f_{régimen\ alt\ j}}$
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		**Tierras forestales**					
Submódulo		**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**					
Hoja de trabajo		**TF-1b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)**					
Hoja		**3 de 3**					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas estables en detritus en el estado anterior *j* (toneladas de C ha^{-1}) M = J • K • L	Superficie forestal que experimenta una transición del estado *i* al *j* (ha)	Período abarcado por la transición del estado *i* al *j* El valor por defecto es 20 años (año)	Variación anual de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C $año^{-1}$) P = (M-I) • N / O	Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (toneladas de C $año^{-1}$) Q = E+P
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		M	N	O	P	Q
TF	TF	a)					
		b)	$\mathbf{C_j}$	$\mathbf{S_{ij}}$	$\mathbf{T_{ij}}$	$\mathbf{\Delta C_{TFTF_{Dt}}}$	$\mathbf{\Delta C_{TFTF_{MOM}}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales[1]**
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra [2]		Subcategorías para el año de notificación[3]	Superficie forestal que experimenta una transición del estado *i* al *j* (ha)	Período abarcado por la transición de COS_i a COS_j (el valor por defecto es 20 años) (años)	Valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado (toneladas de C ha^{-1})	Factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio de bosque nativo al tipo de bosque en el estado *i* (sin dimensiones)	Factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad o de las prácticas de gestión del bosque en el estado *i* (sin dimensiones)	Factor de ajuste que refleja el efecto de una variación del régimen de alteración en el estado *i* con respecto al bosque nativo (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánicas en suelo estable en el estado anterior *i* (toneladas de C ha^{-1}) G = C • D • E • F
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F	G
TF	TF	a)							
		b)	S_{ij}	T_{ij}	COS_{REF}	$f_{tipo\ de\ bosque_i}$	$f_{intensidad\ gest_i}$	$f_{régimen\ alt_i}$	COS_i
		c)							
		Total parcial							
Total									

[1] El cálculo está basado en el Nivel 2, ya que el Nivel 1 presupone una variación neta de carbono nula en suelos minerales, para tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.

[2] TF = tierras forestales. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[3] Además, los usos de la tierra podrían subdividirse en función del tipo de bosque o de las especies de árboles, del sistema nacional de clasificación de las tierras, o de las zonas ecológicas.

Módulo		**Tierras forestales**						
Submódulo		**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**						
Hoja de trabajo		**TF-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales[1]**						
Hoja		**2 de 2**						
Categoría de uso de la tierra [2]		Subcategorías para el año de notificación[3]	Valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado (toneladas de C ha^{-1})	Factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio de bosque nativo al tipo de bosque en el estado *j* (sin dimensiones)	Factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad o de las prácticas de gestión del bosque en el estado *j* (sin dimensiones)	Factor de ajuste que refleja el efecto de una variación del régimen de alteración en el estado *j* con respecto al bosque nativo (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánicas en suelo estable en el estado actual *j* (toneladas de C ha^{-1}) L = H • I • J • K	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas C $año^{-1}$) M = (L-G) • A /B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		H (= C)	I	J	K	L	M
TF	TF	a)						
		b)	COS_{REF}	$f_{tipo\ de\ bosque_j}$	$f_{intensidad\ gest_j}$	$f_{régimen\ alt_j}$	COS_j	$\Delta C_{TFTF_{Mineral}}$
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		**Tierras forestales**			
Submódulo		**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**			
Hoja de trabajo		**TF-1c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos**			
Hoja		**1 de 1**			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos forestales orgánicos drenados (ha)	Factor de emisión de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados (toneladas de C $año^{-1}$) C = A • B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C
TF	TF	a)			
		b)	$S_{Drenado}$	$FE_{Drenaje}$	$\Delta C_{TFTF_{Orgánico}}$
		c)			
		Total parcial			
Total					

Módulo	**Tierras forestales**	
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**	
Hoja de trabajo	**TF-1c3: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (hoja de trabajo resumida)**	
Hoja	**1 de 1**	
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) A	Emisiones de CO_2 en suelos orgánicos drenados (toneladas de C año^{-1}) B	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año^{-1}) C = A+B C
$\Delta C_{TFTF_{Mineral}}$	$\Delta C_{TFTF_{Orgánico}}$	$\Delta C_{TFTF_{Suelos}}$

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-1d: Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios de la vegetación**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie quemada (ha)	Masa de combustible disponible (kg m. s. ha^{-1})	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g/kg m. s.)	Emisiones de CH_4 procedentes de incendios (toneladas de CH_4) $E = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de CO procedentes de incendios (toneladas de CO) $F = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de N_2O procedentes de incendios (toneladas de N_2O) $G = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de NO_x procedentes de incendios (toneladas de NO_x) $H = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F	G	H
TF	TF									
		a)	**A**	**B**	**C**	**D_{CH_4}**	**CH_4**			
						D_{CO}		**CO**		
						D_{N_2O}			**N_2O**	
						D_{NO_x}				**NO_x**
		b)								
		c)								
		Total parcial								
Total										

Módulo	**Tierras forestales**	
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras forestales**	
Hoja de trabajo	**TF-2a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa aérea y subterránea)**	
Hoja	**1 de 1**	
Método indicado en la hoja de trabajo TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales A	**Método indicado en la hoja de trabajo TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales** B	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa por efecto de la conversión en tierras forestales (toneladas de C año^{-1}) C = A+B C
ΔC_{TTF_A}	ΔC_{TTF_P}	$\Delta C_{TTF_{BV}}$

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-2b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)** [1]
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra [2]		Subcategorías para el año de notificación [3]	Superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante regeneración natural (ha)	Reservas de biomasa en pie en términos de carbono en bosques regenerados naturalmente (toneladas m. s. ha^{-1})	Tasa de mortalidad en bosques regenerados naturalmente (sin dimensiones)	Transferencia anual a madera muerta para áreas forestales regeneradas naturalmente (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$) $D = B \bullet C$	Transferencia anual procedente de la madera muerta para áreas forestales regeneradas naturalmente (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante el establecimiento de plantaciones (ha)	Reservas de biomasa en pie en términos de carbono en bosques regenerados artificialmente (toneladas m. s. ha^{-1})	Tasa de mortalidad en bosques regenerados artificialmente (sin dimensiones)	Transferencia anual a madera muerta para áreas forestales regeneradas artificialmente (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$) $I = G \bullet H$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F	G	H	I
TA	TF	a)									
		b)	S_{RNat}	$B_{en\ pie\ RNat}$	M_{RNat}	$B_{RNat\ hacia}$	$B_{RNat\ desde}$	S_{RArt}	$B_{RArt\ en\ pie}$	M_{RArt}	$B_{RArt\ hacia}$
		c)									
		Total parcial									
P	TF	a)									
		b)									
		c)									
		Total parcial									
H, A, OT	TF	a)									
		b)									
		c)									
		Total parcial									
Total											

[1] El cálculo está basado en el Nivel 2, ya que el Nivel 1 presupone una variación de carbono neta nula en la madera muerta y en los detritus.

[2] TF = tierras forestales; TA = tierras agrícolas; P = praderas; H = humedales, A = asentamientos, y OT = otras tierras. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[3] Además, el uso de la tierra podría subdividirse en función del tipo de bosque o de las especies de árboles, del sistema nacional de clasificación de las tierras, o de las zonas ecológicas.

Módulo	**1B - Tierras convertidas en tierras forestales**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-2b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)**
Hoja	**2 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Transferencia anual procedente de la madera muerta para áreas forestales regeneradas artificialmente (toneladas m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C (tonne m. s.)$^{-1}$)	Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta (toneladas de C $año^{-1}$) L = [A • (D-E) + F • (I-J)] • K	Variación anual del carbono en los detritus para bosques regenerados naturalmente (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Variación anual del carbono en los detritus para bosques regenerados artificialmente (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Variación anual de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C $año^{-1}$) O = (A • M)+ (F • N)	Variación anual de las reservas de carbono en materia orgánica muerta (toneladas de C $año^{-1}$) P= L+O
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		J	K	L	M	N	O	P
TA	TF	a)							
		b)	$B_{RArt\ desde}$	**FC**	$\Delta C_{TTF_{MM}}$ [1]	ΔC_{RNat}	ΔC_{RArt}	$\Delta C_{TTF_{Dt}}$	$\Delta C_{TTF_{MOM}}$
		c)							
		Total parcial							
P	TF	a)							
		b)							
		c)							
		Total parcial							
H, A, OT	TF	a)							
		b)							
		c)							
		Total parcial							
Total									

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación de datos, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales** [1]
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Total de tierras forestadas procedentes de tierras agrícolas o praderas (ha)	Valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos, no gestionados, en un suelo dado, COS_{ref} (toneladas de C ha^{-1})	Carbono orgánico en suelos estables para los usos de la tierra anteriores, ya sean tierras agrícolas o praderas, $COS_{tierra\ no\ forestal}$ (toneladas de C ha^{-1})	Duración de la transición de $COS_{tierra\ no\ forestal}$ a COS_{ref} (año)	Variación de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C $año^{-1}$) $E = (B-C) \bullet A / D$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
TA	TF	a)					
		b)	**$S_{FOR,x}$**	**COS_{ref}**	**$COS_{tierra\ no\ forestal}$**	**T_{FOR}**	**$\Delta C_{TTF_{Mineral}}$** [2]
		c)					
		Total parcial					
P	TF	a)					
		b)					
		c)					
		Total parcial					
Total							

[1] En la presente *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS se* establecen valores por defecto sólo para tierras agrícolas y praderas convertidas en tierras forestales.

[2] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		**Tierras forestales**			
Submódulo		**Tierras convertidas en tierras forestales**			
Hoja de trabajo		**TF-2c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos**			
Hoja		**1 de 1**			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos drenados convertida en tierras forestales (ha)	Factor de emisión de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 en suelos orgánicos drenados (toneladas de C $año^{-1}$) C = A • B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C
TA	TF	a)			
		b)	$S_{Drenado}$	$FE_{Drenaje}$	$\Delta C_{TTF_{Orgánico}}$ [1]
		c)			
		Total parcial			
P	TF	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
H, A, OT	TF	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
Total					

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Tierras forestales**	
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras forestales**	
Hoja de trabajo	**TF-2c3: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (hoja de trabajo resumida)**	
Hoja	**1 de 1**	
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) A	Emisiones de CO_2 en suelos orgánicos drenados (toneladas de C año^{-1}) B	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año^{-1}) C = A+B C
$\Delta C_{TTF_{Minerales}}$	$\Delta C_{TTF_{Orgánicos}}$	$\Delta C_{TTF_{Suelos}}$

Módulo	**Tierras forestales**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras forestales**
Hoja de trabajo	**TF-2d: Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios de la vegetación**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie quemada (ha) A	Masa de combustible presente disponible (kg m. s. ha^{-1}) B	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones) C	Factor de emisión para cada GEI (g /kg m. s.) D	Emisiones de CH_4 procedentes de incendios (toneladas de CH_4) E = A • B • C • D • 10^{-6} E	Emisiones de CO procedentes de incendios (toneladas de CO) F = A • B • C • D • 10^{-6} F	Emisiones de N_2O procedentes de incendios toneladas (N_2O) G = A • B • C • D • 10^{-6} G	Emisiones de NO_x procedentes de incendios (toneladas de NO_x) H = A • B • C • D • 10^{-6} H
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación									
TA	TF	a)	**A**	**B**	**C**	**D_{CH_4}**	**CH_4**			
						D_{CO}		**CO**		
						D_{N_2O}			**N_2O**	
						D_{NO_x}				**NO_x**
		b)								
		Total parcial								
P	TF	a)								
		b)								
		Total parcial								
Total										

Módulo		**Tierras agrícolas**				
Submódulo		**Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas**				
Hoja de trabajo		**TA-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva [1]**				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra [2]		Subcategorías para el año de notificación [3]	Superficie anual de tierras agrícolas con biomasa leñosa perenne (ha)	Tasa de crecimiento anual de la biomasa leñosa perenne (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Reservas de carbono anuales en la biomasa eliminada (descuaje o recolección) (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa (toneladas de C $año^{-1}$) D = A • (B-C)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
TA	TA	a)				
		b)	**S**	**C**	**P**	$\Delta C_{TATA_{BV}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] La variación de la biomasa se estima solamente para los cultivos leñosos perennes. Para los cultivos anuales, el aumento de las reservas en la biomasa en un solo año se supondrá igual a las pérdidas de la biomasa procedentes de la recolección y de la mortalidad en ese mismo año, de modo que no haya acumulación neta de reservas de carbono en la biomasa.

[2] TA significa tierras agrícolas. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[3] Además, los usos de la tierra deberían subdividirse con arreglo al tipo de vegetación leñosa perenne y a las zonas climáticas.

Módulo	**Tierras agrícolas**
Submódulo	**Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas**
Hoja de trabajo	**TA-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra de cada parcela[1] (ha) A	Período de inventario (valor por defecto: 20 años) B	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha^{-1}) C	Factor de variación de las reservas para un uso de la tierra o cambio de uso de la tierra al comienzo del año de inventario (sin dimensiones) D	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión al comienzo del año de inventario (sin dimensiones) E	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica al comienzo del año de inventario (sin dimensiones) F
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TA	TA	a)						
		b)	**S**	**T**	**COS_{ref}**	**$F_{UT(0-T)}$**	**$F_{RG(0-T)}$**	**$F_{E(0-T)}$**
		c)						
		Total parcial						
Total								

[1] Debería abarcar el principal sistema de tierras agrícolas del país.

Módulo	**Tierras agrícolas**
Submódulo	**Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas**
Hoja de trabajo	**TA-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**2 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo a los T años (comienzo del año de inventario) (toneladas de C ha^{-1}) G = C • D • E • F	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha^{-1}) K = C • H • I • J	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C $año^{-1}$) L = [(K-G) • A] / B
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		G	H	I	J	K	L
TA	TA	a)						
		b)	$\mathbf{COS_{(0-T)}}$	$\mathbf{F_{UT(0)}}$	$\mathbf{F_{RG(0)}}$	$\mathbf{F_{E(0)}}$	$\mathbf{COS_0}$	$\mathbf{\Delta C_{TATA_{Mineral}}}$
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		**Tierras agrícolas**			
Submódulo		**Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas**			
Hoja de trabajo		**TA-1c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos**			
Hoja		**1 de 1**			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra de suelos orgánicos para el tipo de clima c (ha)	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C $año^{-1}$) C = A • B
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C
TA	TA	a)			
		b)	**S**	**FE**	$\Delta C_{TATA_{Orgánico}}$
		c)			
		Total parcial			
Total					

Módulo	**Tierras agrícolas**
Submódulo	**Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas**
Hoja de trabajo	**TA-1c3: Emisiones de carbono procedentes del encalado**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad total de cal aplicada (toneladas de cal año^{-1})	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos en los materiales) (toneladas de C/tonelada de cal)	Emisiones anuales de CO_2 procedentes del encalado (toneladas de C año^{-1}) D = B • C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
TA	TA	a)				
		b)	**Tipo**	**Cantidad**	**FE**	$\Delta C_{TATA\ Encalado}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

Módulo	**Tierras agrícolas**		
Submódulo	**Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas**		
Hoja de trabajo	**TA-1c4: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas**		
Hoja	**1 de 1**		
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) A	Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año^{-1}) B	Emisiones de CO_2 procedentes del encalado (toneladas de C año^{-1}) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año^{-1}) C = A-B-C D
$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$	$\Delta C_{TATA_{Orgánicos}}$	$\Delta C_{TATA_{Encalado}}$	$\Delta C_{TATA_{Suelos}}$

Módulo	**Tierras agrícolas**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras agrícolas**
Hoja de trabajo	**TA-2a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación [2]	Superficie anual de tierras convertidas en tierras agrícolas (ha año^{-1})	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en tierras agrícolas (toneladas de C ha^{-1})	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en tierras agrícolas (toneladas de C ha^{-1})	Variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión de tierras en tierras agrícolas (toneladas de C ha^{-1}) D = B-C	Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento de tierras agrícolas (toneladas de C ha^{-1})	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas (toneladas de C año^{-1}) F = A • (D+E)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F
TF	TA	a)						
		b)	$S_{Conversión}$	$C_{Después}$	C_{Antes}	$T_{Conversión}$	$\Delta C_{Crecimiento}$	$\Delta C_{TTA_{BV}}$ [3]
		c)						
		Total parcial						
P	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

[1] TF significa ‘tierras forestales’; TA, ‘tierras agrícolas’; P, ‘praderas’; H, ‘humedales’, A, ‘asentamientos’, y OT, ‘otras tierras’. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[2] Además, los usos de la tierra deberían subdividirse con arreglo al tipo de vegetación leñosa perenne y a las zonas climáticas.

[3] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Tierras agrícolas**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras agrícolas**
Hoja de trabajo	**TA-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida en un sistema de tierras agrícolas[1] (ha)	Período de inventario (valor por defecto: 20 años)	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha^{-1})	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F
TF	TA	a)						
		b)	**S**	**T**	**COS_{ref}**	**$F_{UT(0-T)}$**	**$F_{RG(0-T)}$**	**$F_{I(0-T)}$**
		c)						
		Total parcial						
P	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

[1] Debería abarcar los principales sistemas de tierras agrícolas del país.

Módulo	**Tierras agrícolas**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras agrícolas**
Hoja de trabajo	**TA-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**2 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año inicial (preconversión) (toneladas de C ha^{-1}) G = C • D • E • F	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha^{-1}) K = C • H • I • J	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C $año^{-1}$) L = [(K-G) • A] / B
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		G	H	I	J	K	L
TF	TA	a)						
		b)	$COS_{(0-T)}$	$F_{UT(0)}$	$F_{RG(0)}$	$F_{E(0)}$	COS_0	$\Delta C_{TTA_{Minerales}}$ [1]
		c)						
		Total parcial						
P	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		**Tierras agrícolas**			
Submódulo		**Tierras convertidas en tierras agrícolas**			
Hoja de trabajo		**TA-2c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos**			
Hoja		**1 de 1**			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos en el tipo de clima c que son convertidos en tierras agrícolas (ha)	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C $año^{-1}$) C = A • B
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C
TF	TA	a)			
		b)	**S**	**FE**	$\Delta C_{TTA_{Orgánico}}$ [1]
		c)			
		Total parcial			
P	TA	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
H, A, OT	TA	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
Total					

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		**Tierras agrícolas**				
Submódulo		**Tierras convertidas en tierras agrícolas**				
Hoja de trabajo		**TA-2c3: Emisiones de carbono procedentes del encalado**				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad total de cal aplicada (toneladas de cal año^{-1})	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos de los materiales) (toneladas de C/tonelada de cal)	Emisiones anuales de CO_2 procedentes del encalado (toneladas de C año^{-1}) D = B • C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
TF	TA	a)				
		b)	**Tipo**	**Cantidad**	**FE**	$\Delta C_{TTA_{Encalado}}$ [1]
		c)				
		Total parcial				
P	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
H, A, OT	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Tierras agrícolas**		
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras agrícolas**		
Hoja de trabajo	**TA-2c4: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas**		
Hoja	**1 de 1**		
Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) A	Emisiones de carbono procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año^{-1}) B	Emisiones de CO_2 procedentes del encalado (toneladas de C año^{-1}) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año^{-1}) C = A-B-C D
$\Delta C_{TTA_{Minerales}}$	$\Delta C_{TTA_{Orgánico}}$	$\Delta C_{TTA_{Encalado}}$	$\Delta C_{TTA_{Suelo}}$

Módulo		**Tierras agrícolas**				
Submódulo		**Tierras convertidas en tierras agrícolas**				
Hoja de trabajo		**TA-2d: Emisiones anuales de N_2O en suelos minerales**				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Factor de emisión por defecto del IPCC utilizado para calcular las emisiones procedentes de tierras agrícolas por efecto de la adición de N, tanto en forma de fertilizantes minerales como de estiércol o de residuos de cultivos (kg N_2O-N/ kg N)	N liberado anualmente por mineralización neta de la materia orgánica del suelo por efecto de la alteración (Véase la Nota 1 *infra*) (kg N año^{-1})	Emisiones adicionales derivadas del cambio de uso de la tierra (kg N_2O-N año^{-1}) C = A • B	Emisiones de N_2O derivadas de la alteración asociada a la conversión de tierras forestales, praderas u otras tierras en tierras agrícolas (kg N_2O-N año^{-1}) D = C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
TF	TA	a)				
		b)	**FE_1**	**$N_{net-min}$**	**$N_2O_{net-min}$-N**	**Emisiones N_2O_{TTA} [2]**
		c)				
		Total parcial				
P	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
H, A, OT	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] Columna C = valor de la Columna A en la hoja de trabajo TA-2c 4, dividido por la relación C:N (véase la Ecuación 3.3.15). El valor por defecto para la relación C:N es 15.

[2] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Praderas**
Submódulo	**Praderas que siguen siendo praderas**
Hoja de trabajo	**P-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva [1]**
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra [2]		Subcategorías para el año de notificación [3]	Superficie de praderas cubierta por biomasa boscosa perenne (ha)	Crecimiento medio anual de la biomasa boscosa perenne (toneladas de m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Pérdida media anual de biomasa boscosa perenne (toneladas de m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Variación en la biomasa boscosa perenne viva sobre el suelo y bajo el suelo (toneladas de m. s. $año^{-1}$) $D = A \bullet (B-C)$	Superficie de praderas cubierta de pasto (ha)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
P	P	a)					
		b)	$\mathbf{S_{perenne}}$	$\mathbf{C_{perenne}}$	$\mathbf{P_{perenne}}$	$\mathbf{\Delta B_{perenne}}$	$\mathbf{S_{pasto}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

[1] La hoja de trabajo está basada en el Nivel 2. En el Nivel 1 se supone que las reservas de carbono en la biomasa viva no varían.

[2] P significa 'praderas'. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[3] Además, el uso de la tierra debería subdividirse en función del tipo de pradera y de las zonas climáticas.

Módulo		**Praderas**					
Submódulo		**Praderas que siguen siendo praderas**					
Hoja de trabajo		**P-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva**					
Hoja		**2 de 2**					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Crecimiento medio anual de la biomasa de los pastos (toneladas de m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Pérdida media anual de la biomasa de los pastos (toneladas de m. s. ha^{-1} $año^{-1}$)	Variación en la biomasa bajo el suelo de los pastos (toneladas de m. s. $año^{-1}$) H = E • (F-G)	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C / toneladas de m. $s.^{-1}$)	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C $año^{-1}$) J = (D+H) • I
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		F	G	H	I	J
P	P	a)					
		b)	$\mathbf{C_{pastos}}$	$\mathbf{P_{pastos}}$	$\mathbf{\Delta B_{pastos}}$	**FC**	$\mathbf{\Delta C_{PP_{BV}}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo		**Praderas**						
Submódulo		**Praderas que siguen siendo praderas**						
Hoja de trabajo		**P-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**						
Hoja		**1 de 2**						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de cada parcela (ha)	Período de inventario (valor por defecto: 20 años)	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha^{-1})	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra al comienzo del año de inventario (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión al comienzo del año de inventario (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica al comienzo del año de inventario (sin dimensiones)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F
P	P	a)						
		b)	**S**	**T**	**COS_{ref}**	**$F_{UT(0-T)}$**	**$F_{RG(0-T)}$**	**$F_{E(0-T)}$**
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo	**Praderas**
Submódulo	**Praderas que siguen siendo praderas**
Hoja de trabajo	**P-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**2 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo a los T años (comienzo del año de inventario) (toneladas de C ha^{-1}) G = C • D • E • F	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha^{-1}) K = C • H • I • J	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C $año^{-1}$) L = [(K-G) • A] / B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		G	H	I	J	K	L
P	P	a)						
		b)	**$COS_{(0-T)}$**	**$F_{UT(0)}$**	**$F_{RG(0)}$**	**$F_{E(0)}$**	**COS_0**	**$\Delta C_{PP_{Minerales}}$**
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		**Praderas**			
Submódulo		**Praderas que siguen siendo praderas**			
Hoja de trabajo		**P-1c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos cultivados**			
Hoja		**1 de 1**			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos en el tipo de clima c (ha)	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 en suelos orgánicos cultivados (toneladas de C $año^{-1}$) C = A • B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C
P	P	a)			
		b)	**S**	**FE**	$\Delta C_{PP_{Orgánicos}}$
		c)			
		Total parcial			
Total					

Módulo		**Praderas**				
Submódulo		**Praderas que siguen siendo praderas**				
Hoja de trabajo		**P-1c3: Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas**				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad anual total de cal aplicada	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos de los materiales)	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	(toneladas de cal año^{-1}) B	(toneladas de C/tonelada de cal) C	(toneladas de C año^{-1}) D = B • C D
P	P	a)				
		b)	**Tipo**	**Cantidad**	**FE**	$\Delta C_{PP_{Encalado}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

Módulo	**Praderas**		
Submódulo	**Praderas que siguen siendo praderas**		
Hoja de trabajo	**P-1c4: Variación anual de las reservas de carbono en suelos de praderas**		
Hoja	**1 de 1**		
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) A	Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año^{-1}) B	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año^{-1}) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año^{-1}) C = A-B-C D
$\Delta C_{PP_{Minerales}}$	$\Delta C_{PP_{Orgánicos}}$	$\Delta C_{PP_{Encalados}}$	$\Delta C_{PP_{Suelos}}$

Módulo	**Praderas**
Submódulo	**Praderas que siguen siendo praderas**
Hoja de trabajo	**P-1d: Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios de la vegetación**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de praderas quemada (ha)	Masa de combustible disponible (kg m. s. ha^{-1})	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g /kg m. s.)	Emisiones de CH_4 procedentes de incendios (toneladas de CH_4) $E = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de CO procedentes de incendios (toneladas de CO) $F = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de N_2O procedentes de incendios toneladas de (N_2O) $G = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de NO_x procedentes de incendios (toneladas de NO_x) $H = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F	G	H
P	P	a)	**S**	**B**	**C**	**D_{CH_4}**	**CH_4**			
						D_{CO}		**CO**		
						D_{N_2O}			**N_2O**	
						D_{NO_x}				**NO_x**
		b)								
		c)								
		Total parcial								
Total										

Módulo		**Praderas**						
Submódulo		**Tierras convertidas en praderas**						
Hoja de trabajo		**P-2a: Variación anual de las reservas de carbono en biomasa viva y muerta**						
Hoja		**1 de 1**						
Categoría de uso de la tierra [1]		Subcategorías para el año de notificación [2]	Superficie de tierra convertida en pradera a partir de un uso inicial (ha año^{-1})	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en praderas (toneladas de C ha^{-1})	Reservas de carbono en la biomasa immediatamente antes de la conversión en praderas (toneladas de C ha^{-1})	Variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión (toneladas de C ha^{-1}) D = B-C	Reservas de carbono resultantes de un año de crecimiento de la vegetación de las praderas tras la conversión (toneladas de C ha^{-1})	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año^{-1}) F = A • (D+E)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F
TF	P	a)						
		b)	$S_{Conversión}$	$C_{Después}$	C_{Antes}	$P_{Conversión}$	$\Delta C_{Crecimiento}$	$\Delta C_{TP_{BV}}$ [3]
		c)						
		Total parcial						
TA	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

[1] TF significa ‘tierras forestales’; TA, ‘tierras agrícolas’; P, ‘praderas’; H, ‘humedales’; A, ‘asentamientos’, y OT, ‘otras tierras’. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

[2] Además, el uso de la tierra debería subdividirse en función del tipo de pradera y de las zonas climáticas.

[3] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Praderas**
Submódulo	**Tierras convertidas en praderas**
Hoja de trabajo	**P-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida en pradera a partir de un uso inicial (ha)	Período de inventario (valor por defecto: 20 años)	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha^{-1})	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F
TF	P	a)						
		b)	**S**	**T**	**COS_{ref}**	**$F_{UT(0-T)}$**	**$F_{RG(0-T)}$**	**$F_{E(0-T)}$**
		c)						
		Total parcial						
TA	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		**Praderas**						
Submódulo		**Tierras convertidas en praderas**						
Hoja de trabajo		**P-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**						
Hoja		**2 de 2**						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año inicial (preconversión) (toneladas de C ha^{-1}) G = C • D • E • F	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha^{-1}) K = C • H • I • J	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C $año^{-1}$) L = [(K-G) •A] / B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		G	H	I	J	K	L
TF	P	a)						
		b)	**$COS_{(0-T)}$**	**$F_{UT(0)}$**	**$F_{RG(0)}$**	**$F_{E(0)}$**	**COS_0**	**$\Delta C_{TP_{Minerales}}$** [1]
		c)						
		Total parcial						
TA	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		**Praderas**			
Submódulo		**Tierras convertidas en praderas**			
Hoja de trabajo		**P-2c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos cultivados**			
Hoja		**1 de 1**			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos en el tipo de clima c convertidos en praderas (ha)	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 en suelos orgánicos cultivados (toneladas de C $año^{-1}$) C = A • B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C
TF	P	a)			
		b)	**S**	**FE**	$\Delta C_{TP_{Orgánicos}}$ [1]
		c)			
		Total parcial			
TA	P	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
H, A, OT	P	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
Total					

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones en el texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		**Praderas**				
Submódulo		**Tierras convertidas en praderas**				
Hoja de trabajo		**P-2c3: Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas**				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad anual total de cal aplicada (toneladas de cal año^{-1})	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos de los materiales) (toneladas de C/toneladas de cal)	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año^{-1}) D = B • C
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
TF	P	a)				
		b)	**Tipo**	**Cantidad**	**FE**	$\Delta C_{TP_{Encalado}}$ [1]
		c)				
		Total parcial				
TA	P	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
H, A, OT	P	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Praderas**
Submódulo	**Tierras convertidas en praderas**
Hoja de trabajo	**P-2c4: Variación anual de las reservas de carbono en suelos de praderas**
Hoja	**1 de 1**

Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año^{-1}) A	Emisiones de CO_2 en suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año^{-1}) B	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año^{-1}) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año^{-1}) C = A-B-C D
$\Delta C_{TP_{Minerales}}$	$\Delta C_{TP_{Orgánicos}}$	$\Delta C_{TP_{Encalados}}$	$\Delta C_{TP_{Suelos}}$

Módulo		**Praderas**								
Submódulo		**Tierras convertidas en praderas**								
Hoja de trabajo		**P-2d: Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios de la vegetación**								
Hoja		**1 de 1**								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de praderas quemada (ha)	Biomasa de combustible disponible presente (kg m. s. ha^{-1})	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g /kg m. s.)	Emisiones de CH_4 procedentes de incendios (toneladas de CH_4) $E = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de CO procedentes de incendios (toneladas de CO) $F = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de N_2O procedentes de incendios toneladas de (N_2O) $G = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$	Emisiones de NO_x procedentes de incendios (toneladas de NO_x) $H = A \bullet B \bullet C \bullet D \bullet 10^{-6}$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E	F	G	H
TF	P	a)	**A**	**B**	**C**	**D_{CH_4}**	**CH_4**			
						D_{CO}		**CO**		
						D_{N_2O}			**N_2O**	
						D_{NO_x}				**NO_x**
		b)								
		Total parcial								
TA	P	a)								
		b)								
		Total parcial								
Total										

Módulo	**Humedales**
Submódulo	**Humedales que siguen siendo humedales (Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba)**
Hoja de trabajo	**H-1c: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo [1]**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje (ha)	Factor de emisión de CO_2 procedente de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje (ha)	Factor de emisión de CO_2 procedente de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de CO_2 procedentes de suelos gestionados para la extracción de turba (toneladas de C $año^{-1}$) $E = (A \bullet B) + (C \bullet D)$
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
H	H	a)					
		b)	$S_{ricoNturba}$	$FE_{ricoNturba}$	$S_{pobreNturba}$	$FE_{pobreNturba}$	$\Delta C_{HH\ turba_{Suelos}} = \Delta C_{HH\ turba_{Suelos\ extracción}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

[1] Los mecanismos de emisión de CO_2 en los reservorios de turba y las operaciones de restauración no se conocen suficientemente bien. Por ello, sólo se indican métodos y datos para estimar la variación de las reservas de carbono en el suelo en relación con la extracción de turba (esencialmente, emisiones causadas por una mayor oxidación en los terrenos donde se produce).

Módulo		**Humedales**					
Submódulo		**Humedales que siguen siendo humedales (Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba)**					
Hoja de trabajo		**H-1d1: Emisiones de N_2O procedentes del drenaje de turberas**					
Hoja		**1 de 1**					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos drenados ricos en nutrientes (ha)	Factor de emisión de N_2O en suelos orgánicos ricos en nutrientes (kg N_2O-N ha^{-1} $año^{-1}$)	Superficie de suelos orgánicos drenados pobres en nutrientes (ha)	Factor de emisión de N_2O en suelos orgánicos pobres en nutrientes (kg N_2O-N ha^{-1} $año^{-1}$)	Emisiones de N_2O procedentes de suelos orgánicos drenados (Gg N_2O $año^{-1}$) $E = [(A \bullet B) + (C \bullet D)] \bullet 44/28 \bullet 10^{-6}$
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
H	H	a)					
		b)	**$S_{ricoNturba}$**	**$FE_{2ricoNturba}$**	**$S_{pobreNturba}$**	**$FE_{2pobreNturba}$**	**Emisiones $N_2O_{HH\ turba}$**
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo		**Humedales**				
Submódulo		**Humedales que siguen siendo humedales (Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas)**				
Hoja de trabajo		**H-1d2: Emisiones de CO_2 procedentes de tierras anegadas**[1]				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie anegada total, incluida la superficie de las tierras anegadas, de los lagos inundados y de los ríos en crecida (ha)	Período de anegamiento (días por año)[2]	Promedio de emisiones difusivas diarias Gg CO_2 ha^{-1} $día^{-1}$)	Emisiones totales de CO_2 en tierras anegadas (Gg CO_2 $año^{-1}$) D = A • B • C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
H	H	a)				
		b)	**$S_{anegada,}$** superficie total	**T**	**$E_{(CO_2)dif}$**	**Emisiones CO_2 HH anegadas**
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] El supuesto por defecto es que la emisión de CO_2 se limitaría a aproximadamente 10 años, y que no es necesario incluir las tierras anegadas hace más de 10 años.

[2] Por lo general, 365 días para las estimaciones de inventario anuales.

Módulo		**Humedales**					
Submódulo		**Humedales que siguen siendo humedales (Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas)**					
Hoja de trabajo		**H-1d3: Emisiones de CH_4 procedentes de tierras anegadas**					
Hoja		**1 de 1**					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie anegada total, incluida la superficie de las tierras anegadas, de los lagos inundados y de los ríos en crecida (ha)	Período de anegamiento (días por año)[1]	Promedio de emisiones difusivas diarias ($Gg\ CH_4\ ha^{-1}\ día^{-1}$)	Promedio de emisiones en burbujas diarias ($Gg\ CH_4\ ha^{-1}\ día^{-1}$)	Emisiones totales de CH_4 en tierras anegadas ($Gg\ CH_4\ año^{-1}$) $E = A \bullet B \bullet (C + D)$
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
H	H	a)					
		b)	**$S_{anegada,}$** superficie total	**T**	**$E_{(CH4)dif}$**	**$E_{(CH4)burbujas}$**	**Emisiones CH_4 HH anegadas**
		c)					
		Total parcial					
Total							

[1] Por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anuales.

Módulo	**Humedales**
Submódulo	**Humedales que siguen siendo humedales (Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas)**
Hoja de trabajo	**H-1d4: Emisiones de N_2O procedentes de tierras anegadas**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie anegada total, incluida la superficie de las tierras anegadas, de los lagos inundados y de los ríos en crecida (ha)	Período de anegamiento (días por año)[1]	Promedio de emisiones difusivas diarias ($Gg\ N_2O\ ha^{-1}\ día^{-1}$)	Emisiones totales de N_2O en tierras anegadas ($Gg\ N_2O\ año^{-1}$) D = A • B • C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D
H	H	a)				
		b)	$S_{anegada,\ superficie\ total}$	T	$E_{(N_2O)dif}$	**Emisiones $N_2O_{HH\ anegadas}$**
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] Por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anuales.

Módulo		**Humedales**					
Submódulo		**Tierras convertidas para la extracción de turba**					
Hoja de trabajo		**H-2a1: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva**					
Hoja		**1 de 1**					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente para la extracción de turba a partir del uso original de la tierra i (ha año^{-1})	Biomasa sobre el suelo inmediatamente después de la conversión para la extracción de turba (toneladas de m. s. ha^{-1})	Biomasa sobre el suelo inmediatamente antes de la conversión para la extracción de turba (toneladas de m. s. ha^{-1})	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) [toneladas de C (toneladas de m. s.)$^{-1}$]	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba (toneladas de C año^{-1}) E = A • (B-C) • D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
TF	H	a)					
		b)	S_i	$B_{Después}$	B_{Antes}	FC	$\Delta C_{TH\ turba_{BV}}$ [1]
		c)					
		Total parcial					
TA	H						
P	H						
Total							

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Humedales**
Submódulo	**Tierras convertidas para la extracción de turba**
Hoja de trabajo	**H-2c: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo [1]**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba (ha)	Factor de emisión de la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba (ha)	Factor de emisión de las reservas de carbono en suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba (toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$)	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto del drenaje de suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba (toneladas de C $año^{-1}$) $E = (A \bullet B) + (C \bullet D)$
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
TF	H	a)					
		b)	S_{ricoN}	FE_{ricoN}	S_{pobreN}	FE_{pobreN}	$\Delta C_{TH\ turba_{Suelos}}$ [2] $= \Delta C_{drenaje}$
		c)					
		Total parcial					
TA	H						
P	H						
Total							

[1] En el caso de las tierras convertidas para la extracción de turba, sólo se considera el efecto del drenaje de la turba.

[2] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Humedales**
Submódulo	**Tierras convertidas en tierras anegadas (Reservorios)**
Hoja de trabajo	**H-2a2: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva [1]**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente en tierras anegadas a partir del uso de la tierra i (ha año^{-1})	Biomasa viva inmediatamente después de la conversión en tierras anegadas (valor por defecto: 0) (toneladas de m. s. ha^{-1})	Biomasa viva en las tierras inmediatamente antes de la conversión en tierras anegadas (toneladas de m. s. ha^{-1})	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) [toneladas de C (toneladas de m. s.)$^{-1}$]	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras anegadas (toneladas de C año^{-1}) E = A • (B-C) • D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
TF	H	a)					
		b)	S_i	$B_{Después}$	B_{Antes}	FC	$\Delta C_{TH\ anegadas_{BV}}$ [2]
		c)					
		Total					
TA	H						
P	H						
Total							

[1] Sólo se tienen en cuenta las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa viva sobre el suelo por efecto de su conversión en tierras anegadas, suponiendo que las reservas de carbono antes de la conversión se pierden en el primer año posterior a la conversión (Nivel 1).

[2] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Asentamientos**
Submódulo	**Asentamientos que siguen siendo asentamientos**
Hoja de trabajo	**A-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva[1]**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie total de cubierta de copas (ha)	Tasa de crecimiento basada en la superficie de la cubierta de copas [toneladas de C (ha de cubierta de copas)$^{-1}$ año^{-1}]	Crecimiento anual de la biomasa (toneladas de C año^{-1}) C = A • B	Pérdida anual de biomasa[2] (toneladas de C año^{-1})	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año^{-1}) E = C-D
Uso de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
A	A	a)					
		b)	S_{COPAS}	**COPAS**	ΔB_{AA_C}	ΔB_{AA_P}	$\Delta C_{AA_{BV}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

[1] Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en el Nivel 1 puede optarse entre dos métodos: a) método de la superficie de la cubierta de copas; y b) método de la tasa de crecimiento de árboles. Esta hoja de trabajo está basada en el método de la superficie de la cubierta de copas.

[2] La variación de las reservas de carbono cuando hay pérdida de biomasa se establece en cero cuando la edad media de la población arbórea es de 20 años o menor; en caso contrario, se supondrá que la variación de las reservas de carbono con el crecimiento de la biomasa es igual a las pérdidas.

Módulo		**Asentamientos**				
Submódulo		**Tierras convertidas en asentamientos (tierras forestales convertidas en asentamientos)**				
Hoja de trabajo		**A-2a: Variación anual de las existencias de carbono en la biomasa viva**				
Hoja		**1 de 1**				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente de tierras forestales en asentamientos (ha año^{-1}) A	Reservas de carbono en la biomasa viva inmediatamente después de la conversión en asentamientos (toneladas de C ha^{-1}) B	Reservas de carbono en la biomasa viva en los bosques inmediatamente antes de la conversión en asentamientos (toneladas de C ha^{-1}) C	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de tierras forestales en asentamientos (toneladas de C año^{-1}) D = A • (B-C) D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TF	A	a)				
		b)	**S**	$\mathbf{C_{Después}}$	$\mathbf{C_{Antes}}$	$\mathbf{\Delta C_{TFA_{BV}}}$ [1]
		c)				
		Total parcial				
Total						

[1] El subíndice TFA significa “tierras forestales convertidas en asentamientos”.

Módulo	**Otras tierras**
Submódulo	**Tierras convertidas en otras tierras**
Hoja de trabajo	**OT-2a: Variación anual en la biomasa viva**
Hoja	**1 de 1**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente en "Otras tierras" a partir de ciertos usos de la tierra iniciales en el año de notificación (ha año^{-1})	Cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión en "Otras tierras" (toneladas de m. s. ha^{-1})	Cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión en "Otras tierras" (toneladas de m. s. ha^{-1})	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) [toneladas de C (toneladas de m. s.)$^{-1}$]	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en "Otras tierras" (toneladas de C año^{-1}) E = A • (B-C) •D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
TF,TA,P, H	OT	a)					
		b)	$S_{Conversión}$	$B_{Después}$	B_{Antes}	FC	$\Delta C_{OT_{BV}}$ [1]
		c)					
		Total parcial					
Total							

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, laas hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	**Otras tierras**
Submódulo	**Tierras convertidas en otras tierras**
Hoja de trabajo	**OT-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**1 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Valor de referencia de las reservas de carbono (véase el Cuadro 3.3.3) (toneladas de C ha^{-1})	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario (toneladas de C ha^{-1}) E=A • B • C • D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		A	B	C	D	E
TF,TA,P, H	OT	a)					
		b)	**COS_{Ref}**	**$F_{UT(0)}$**	**$F_{RG(0)}$**	**$F_{E(0)}$**	**COS_0**
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo	**Otras tierras**
Submódulo	**Tierras convertidas en otras tierras**
Hoja de trabajo	**OT-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales**
Hoja	**2 de 2**

Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Período de tiempo necesario para la conversión (valor por defecto: 20) (años)	Superficie de tierra convertida en "Otras tierras" (ha)	Valor de referencia de las reservas de carbono (véase el Cuadro 3.3.3) (toneladas de C ha^{-1})	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra T años antes del año de inventario, (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión T años antes del año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica T años antes del año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del año de inventario (toneladas de C ha^{-1}) L = H • I • J •K	Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo en suelos minerales (toneladas de C $año^{-1}$) M = [(E-L) • G] / F
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante al año de notificación		F	G	H (= A)	I	J	K	L	M
TF, TA, P, H	OT	a)								
		b)	**T**	**S**	**COS_{Ref}**	**$F_{UT(0-T)}$**	**$F_{RG(0-T)}$**	**$F_{E(0-T)}$**	**$COS_{(0-T)}$**	**$\Delta C_{OT_{Minerales}}$** [1]
		c)								
		Total parcial								
Total										

[1] Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Apéndice 3a.1 Productos de madera recolectada: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

3a.1.1 Cuestiones metodológicas

3a.1.1.1 RELACIÓN CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*[1]

En las *Directrices del IPCC* (IPCC, 1997) se describen métodos generales para la inclusión de la madera recolectada en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GEI). En esta sección se muestra la relación existente entre esa descripción y las metodologías y métodos de estimación que figuran en el presente Apéndice. Los productos de madera y de papel se denominan 'productos de madera recolectada' (PMR). En este concepto no se incluye el carbono de los árboles talados abandonados en el lugar de la recolección. El tema de la madera recolectada se examina en el Recuadro 5 (*Directrices del IPCC*, Manual de referencia, pág. 5.17) como sigue:

> *"Para realizar los cálculos básicos, el supuesto por defecto recomendado consiste en que todo el carbono absorbido de la biomasa de la madera y de otras biomasas forestales se oxida en el año de su absorción. Esta afirmación no es estrictamente exacta para ciertos productos forestales, pero se considera un supuesto legítimo y prudencial para los cálculos iniciales."*

y

> *"...el supuesto por defecto recomendado consiste en que todo el carbono de la biomasa recolectada se oxida en el año de su absorción. Este supuesto se basa en la impresión de que, en la mayoría de los países, las reservas de productos forestales no aumentan significativamente en términos anuales." En el texto de las Directrices se indica además: "El método propuesto recomienda que el almacenamiento de carbono en los productos forestales se incluya en un inventario nacional sólo cuando el país pueda documentar que las reservas existentes de productos forestales de larga duración aumentan efectivamente. Si los datos lo permiten, puede agregarse un depósito a la Ecuación (1), en el cálculo de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa, para dar cuenta de los aumentos del depósito de productos forestales. Esta información requeriría, naturalmente, una cuidadosa documentación, y en particular la contabilización de las importaciones y exportaciones de productos forestales durante el período de inventario."*

Con respecto a la relación entre el texto precedente y esta publicación, las *Directrices del IPCC* recomiendan que la estimación de las cantidades almacenadas se incluya en los inventarios solamente cuando un país pueda documentar un método que evidencie que las reservas aumentan. En el presente Apéndice se examina con mayor detalle en qué situaciones podría disponerse de tales métodos para que los países determinen y documenten los aumentos de reservas de PMR. El presente Apéndice se fundamenta en el supuesto de que habría que procurar que los países puedan determinar si llegarían o no a cumplir esa condición exclusiva señalada en las *Directrices del IPCC*.

El texto de las *Directrices del IPCC* anteriormente citado constituye un punto de partida para el desarrollo de *orientaciones de buenas prácticas* que permitan estimar y notificar los PMR. El supuesto por defecto recomendado (básicamente, que la madera recolectada se oxida durante el año de absorción) produce el mismo efecto que cuando no existen variaciones significativas de las reservas de los productos. En tales casos, el flujo de carbono en la recolección es igual al flujo de descomposición de los PMR en la atmósfera, aunque podría haber también un retardo de las emisiones (y un volumen considerable, aunque constante, de las reservas de PMR). En el resto de esta sección, ese supuesto se denominará *modalidad por defecto* del IPCC. El texto descriptivo indica que, si los datos lo permiten, la variación positiva de las reservas en PMR podrá notificarse en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Hay dos alternativas para ello:

Modalidad 1: Estimación de la variación anual de las reservas de carbono en los PMR de un país, con independencia del origen de la madera. Ello implicaría que:

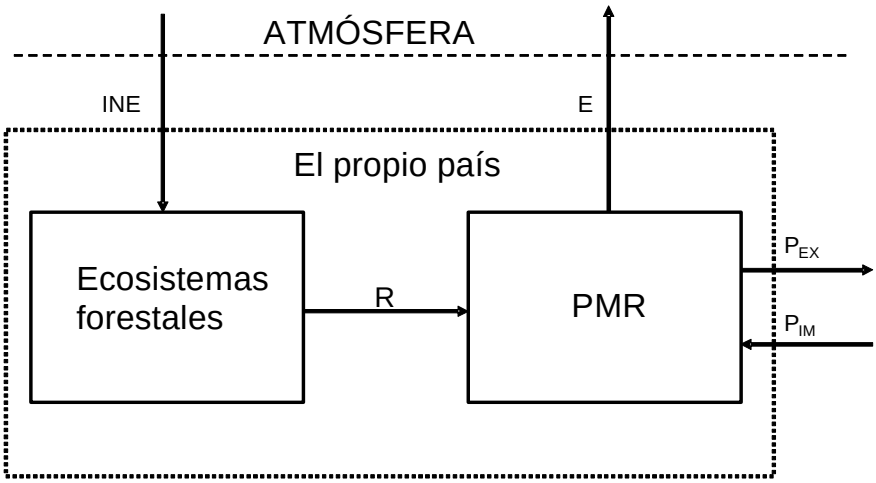
- Las fuentes de carbono de la madera no son específicas en términos espaciales; es decir, el carbono de los productos proviene de diversas áreas de tierra, y en particular de bosques de otros países, pero el carbono aparece finalmente en el país notificante.

[1] En esta publicación, las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (IPCC, 1997) se abreviarán como *Directrices del IPCC*.

- Las estimaciones de la variación de las reservas estarían basadas en datos sobre el tipo de uso y la forma de evacuación a que se someten los productos en el interior de las fronteras de un país; podrían abarcar los movimientos de los productos que entran y salen del país. Los datos sobre el tipo de uso y la forma de utilización de los productos figurarían en un solo país.
- La madera proviene de numerosas fuentes y actividades de gestión, que pueden ser externas al país. La variación de las reservas no puede vincularse a las actividades en un área de tierra determinada.
- Esta modalidad puede utilizarse al evaluar el efecto de diversos factores sobre la acumulación y pérdida del carbono de PMR almacenado en un país.
- Hay varios tipos de absorción (o de transferencia a los PMR) y de emisión asociados con la estimación de la variación de las reservas en los PMR de un país, a saber: la transferencia de material recolectado a nivel nacional a productos, la transferencia de importaciones a productos, y la transferencia de productos a otros países, así como las emisiones de los productos hacia la atmósfera (véase la Figura 3a.1.1).
- Las variaciones positivas de las reservas de carbono se interpretarían como absorciones o, equivalentemente, como emisiones negativas, expresadas en Gg de CO_2/año en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

La Modalidad 1 se denomina "Modalidad de variación de reservas".

Figura 3a.1.1 Flujos y reservas de carbono asociados a los bosques y a los productos de madera recolectada (PMR) ilustrativos de las Modalidades de variación de reservas y de contabilización del flujo atmosférico[2]



Definiciones de variables:

INE = intercambio neto entre ecosistemas
R = madera recolectada transportada desde los bosques
E = emisiones de PMR dentro de las fronteras de un país
P_{EX} = exportaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de la madera y los productos refinados
P_{IM} = importaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de la madera y los productos refinados

Modalidad 2: Estimación de la variación anual de las reservas de carbono en los PMR, cuyo carbono procede de árboles recolectados en el país notificante. Ello implicaría que:

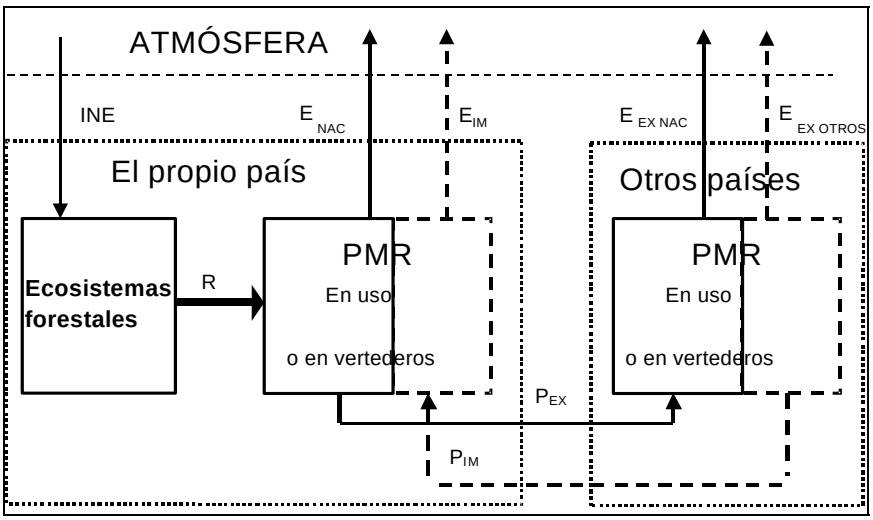
- Las estimaciones de la variación de las reservas estarían basadas en los avatares del carbono de la madera originado en un área de tierra dada; podrían abarcar el movimiento de productos hacia el exterior del país y su eliminación en otros países. Podrían necesitarse datos sobre los usos y la forma de eliminación en diferentes países, o necesitarse supuestos con respecto a la eliminación en otros países.
- Por consiguiente, los límites de notificación no coincidirían con las fronteras nacionales.

[2] La Modalidad de flujo atmosférico es la Modalidad 3 de la presente sección.

- La madera proviene de una fuente terrestre, y la variación de las reservas de carbono estaría asociada a actividades de gestión en esa tierra.
- Podría utilizarse esta modalidad como parte de la evaluación de las variaciones del almacenamiento de carbono asociadas a la gestión en ciertas áreas de tierra.
- Esta modalidad podría adaptarse al ciclo de vida de todo el carbono de madera recolectado en un área de tierra específica.
- Las variaciones positivas de las reservas de carbono se interpretarían como absorciones o, equivalentemente, como emisiones negativas, expresadas en Gg de CO_2/año en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- Existen varios tipos de absorción (o de transferencia a PMR) y de emisión asociados a las estimaciones de la variación de las reservas en PMR que proceden de la madera de un país. Entre ellos, la transferencia de la recolección nacional a productos del país y de otros países, las emisiones procedentes de los PMR del país procedentes de la recolección nacional, y las absorciones procedentes de los PMR de otros países que provienen de la recolección nacional (véase la Figura 3a.1.2).

La Modalidad 2 se denomina Modalidad de producción).

Figura 3a.1.2 Flujos y reservas de carbono asociados a los bosques y a los productos de madera recolectada (PMR) ilustrativos de la Modalidad de contabilización de la producción.



Definiciones de variables:

INE = intercambio neto entre ecosistemas

R = madera recolectada transportada desde los bosques

E_{NAC} = emisiones procedentes de PMR del propio país de madera recolectada en bosques nacionales

$E_{EX\ NAC}$ = emisiones procedentes de PMR de otros países de madera exportada y hechos con madera recolectada en los bosques del propio país

E_{IM} = emisiones procedentes de PMR importados en el propio país

$E_{EX\ OTROS}$ = emisiones procedentes de PMR en otros países hechos de madera recolectada en otros países

P_{EX} = exportaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de madera y los productos refinados

P_{IM} = importaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de madera y los productos refinados

Las Modalidades 1 y 2 fueron elaboradas en una Reunión de expertos del IPCC sobre los productos de madera recolectada (IPCC, 1998). Si el organismo encargado del inventario utiliza una de esas dos modalidades, la variación anual estimada de las reservas en los PMR se añadiría a la variación anual estimada en la biomasa, conforme a la Ecuación 1 de las *Directrices del IPCC* (Manual de referencia, pág. 5.19). La Ecuación 1 de las *Directrices del IPCC* corresponde a la suma de las Ecuaciones 3.2.1 y 3.2.21 del Capítulo 3 de esta publicación. La Ecuación 3.2.1 representa la variación del carbono en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, y la Ecuación 3.2.21 representa la variación del carbono en tierras no forestales convertidas en tierras forestales. La Modalidad de producción añadiría la variación del carbono en los PMR cuando el carbono proviene de árboles de bosques nacionales (las fuentes terrestres indicadas en las Ecuaciones 3.2.1 y 3.2.21). En la

Modalidad de variación de reservas se añadiría la variación del carbono de PMR que reside en el país (incluyendo las importaciones, pero excluyendo las exportaciones).

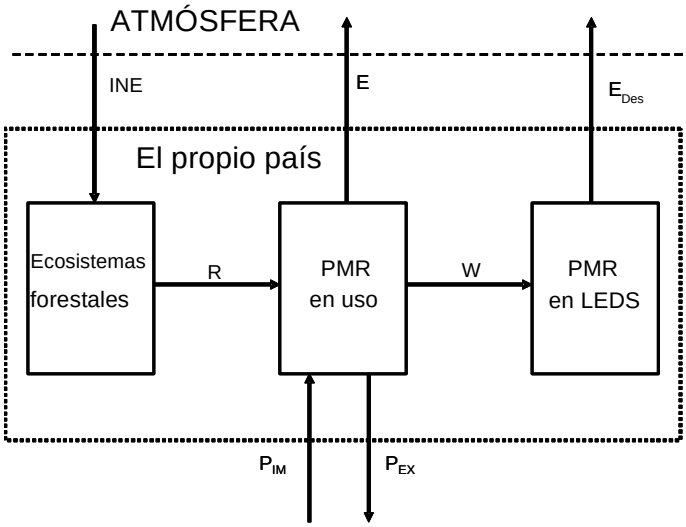
En la citada reunión de expertos del IPCC se elaboró una tercera modalidad que no se menciona explícitamente en las *Directrices del IPCC*.

Modalidad 3: Estimación de los flujos atmosféricos anuales entre atmósfera y bosques/PMR dentro de las fronteras nacionales, lo cual implicaría que:

- El punto de vista en que se basa esta modalidad es diferente de los anteriores. En lugar de centrarse en la variación de las reservas (Modalidades 1 y 2), lo hace directamente en los flujos de carbono que proceden de la atmósfera y van hacia ella. En esta modalidad se tienen en cuenta la absorción anual de carbono por los bosques y las emisiones de los PMR.
- En lugar de notificarse la variación anual de las reservas en los PMR como en la Modalidad 1, se notifican en esta modalidad las emisiones anuales (véase la Figura 3a.1.1).
- En esta modalidad podría ser necesario modificar las actuales prácticas de notificación en relación con los bosques. En lugar de notificar sólo la variación anual neta de la biomasa boscosa como materia vegetal menos materia recolectada (y las variaciones del carbono en las demás reservas de los ecosistemas forestales), el flujo neto anual de carbono hacia los ecosistemas forestales (intercambio neto entre ecosistemas) se notificaría junto con las estimaciones de las emisiones procedentes de los PMR (véase la Figura 3a.1.1).
- Las estimaciones de las emisiones estarían basadas en datos sobre los avatares de los productos en términos del tipo de uso y de la forma de eliminación de los desechos dentro de las fronteras del país, y podrían abarcar los movimientos de los productos que entran y salen del país. Los datos sobre los tipos de uso y las formas de utilización se hallarían en el país notificante. En este sentido, esta Modalidad es similar a la Modalidad 1 (véanse las Figuras 3a.1.1 y 3a.1.3).
- La madera proviene de numerosas fuentes y actividades de gestión, posiblemente externas al país. Las emisiones están vinculadas al lugar de emisión, pero no a las tierras de las que procede el carbono de la madera. Esta situación es análoga a la de la Modalidad 1.
- Está modalidad puede utilizarse para evaluar el efecto de todos los factores que influyen en las emisiones procedentes del carbono de la madera en un país.
- Hay varios tipos de absorción (o de transferencia a PMR) y de emisión asociados a la estimación de las emisiones procedentes de las reservas en los PMR de un país. Entre ellas, la transferencia de material recolectado a productos, las emisiones procedentes de PMR que permanecen en el país, y las emisiones procedentes de productos importados al país (véase la Figura 3a.1.1).
- El flujo de carbono E de la Figura 3a.1.1 se interpretaría como una emisión expresada en Gg de CO_2/año en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

La Modalidad 3 se denomina Modalidad de flujo atmosférico.

Figura 3a.1.3 Flujos y reservas de carbono cuando se consideran tanto los productos en uso como en los lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS) (Modalidades de variación de reservas y de contabilización del flujo atmosférico).



Definiciones de variables:

PMR = productos de madera recolectada
INE = intercambio neto entre ecosistemas
R = madera recolectada transportada desde los bosques
E = emisiones procedentes de los PMR en uso dentro de las fronteras del país
P_{EX} = exportaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos esencialmente de madera y los productos refinados
P_{IM} = importaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de madera y los productos refinados
Des = carbono en PMR pasado a LEDS
E_{Des} = emisiones procedentes de PMR en LEDS dentro de las fronteras del país

Objetivo del presente Apéndice

El presente apéndice informa sobre posibles métodos para estimar la variación de las reservas en conformidad con las *Directrices del IPCC*, si se dispone de datos. Además, sería útil en relación con cada una de las tres modalidades anteriormente descritas o, posiblemente, en relación con otras modalidades, en función de las decisiones que adopten la Conferencia de las Partes (CP) y/o CP/RP sobre esta materia.[3]

El problema de la contabilización del carbono en los desechos derivados de madera

Una cuestión adicional que hay que resolver al decidir uno u otro método es la inclusión o no de la variación de las reservas de PMR en lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS) en la estimación y notificación de las emisiones/absorciones. Y, si se incluyera, la manera en que debería hacerse. Hay varias cuestiones que conviene examinar:

- En primer lugar, si los supuestos sobre la descomposición de la madera en los LEDS deberían o no guardar coherencia entre el sector de desechos y el sector forestal. En otras palabras, si el sector de desechos estima que una parte de las reservas de carbono de madera en los LEDS no se descompone, ¿debería adoptarse ese mismo supuesto en el sector forestal?
- En segundo lugar, si el sector de desechos debería o no conocer la evolución de las reservas en PMR almacenadas en LEDS. En caso afirmativo, ¿cómo se reflejaría esa circunstancia en la contabilidad de los PMR en el sector forestal? En la actualidad, el sector de desechos contabiliza y estima las emisiones de metano procedentes de LEDS (incluidas las emisiones procedentes de madera y de papel), pero no las correspondientes variaciones de las reservas de carbono en los LEDS.

Esas cuestiones no se resolverán en la presente sección, pero se sugieren métodos para estimar la variación del carbono de los PMR almacenado en los LEDS.

Cómo contabilizar el uso de madera recolectada para la producción de energía

En la actualidad, las emisiones de energía procedentes de la madera se anotan, pero no se incluyen en las emisiones que se contabilizan en el sector de energía o en otros sectores que producen energía a partir de la madera. Se supone que tales emisiones se contabilizarán en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS). Es decir, forman parte de las emisiones procedentes de la madera recolectada. A propósito de la modalidad de contabilización de PMR, cabe señalar que recoge adecuadamente las emisiones procedentes de la energía maderera de un país. Las Modalidades de variación de reservas y de flujo atmosférico dan cuenta, en ambos casos, de la totalidad de las emisiones procedentes de la madera quemada para obtener energía en un país, pero la Modalidad de producción podría no dar cuenta de toda la madera quemada para obtener energía si una parte de la madera se importara y posteriormente se quemara para obtener energía. Tales emisiones no se contabilizan, dado que la madera importada (incluidas las cantidades quemadas después de ser importadas) no se incluyen en la Modalidad de producción.

[3] Se han aplazado las decisiones sobre la manera de tratar los productos de madera recolectada. *La Conferencia de las Partes decide que todo cambio en el tratamiento de los productos madereros estará sujeto a las decisiones que adopte la Conferencia de las Partes* (*FCCC/CP/2001/13/Add/1, pág. 58, párrafo 4)*. El OSACT, en FCCC/SBSTA/2003/L.3, recordó la decisión 11/CP.7, párrafo 4, y tomó nota de la posible inclusión de métodos para estimar la variación del carbono almacenado en los productos de madera recolectada en forma de anexo o de apéndice al informe del IPCC sobre buenas prácticas en el sector de UTCUTS. El Apéndice tiene por objeto apoyar las decisiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico. Dado que el OSACT ha pedido que la Secretaría de la CMNU "…*prepare un informe técnico sobre contabilización de productos madereros*…", se examinan en la presente sección posibles métodos que los autores sugieren utilizar, sea cual sea el punto de vista desde el que se aborde la contabilidad (FCC/SBSTA/2001/8, 4 de febrero de 2002).

Estructura de Niveles propuesta

Se sugiere estructurar los métodos de estimación en tres niveles:

Nivel 1

El método de estimación por defecto de las *Directrices del IPCC* es el utilizado para las estimaciones del Nivel 1. En este nivel o método se presupone que todo el carbono de la biomasa recolectada se oxida durante el año de su absorción. Tal situación equivaldría a estimar una variación nula de las reservas de carbono en PMR tanto en la Modalidad de variación de reservas como en la Modalidad de producción.

Nivel 2: Descomposición de primer orden (un método de flujo)

Se estima la variación de las reservas de carbono en los PMR para los productos en uso y –si los desechos se incluyen en la notificación– el carbono de los PMR en las LEDS. Las estimaciones se realizan vigilando la evolución de las entradas y de las salidas respecto de esos depósitos de carbono (denominados también flujos de entrada y de salida). Se utilizan datos desde hace varios decenios hasta la fecha actual para estimar: 1) las adiciones a los PMR en uso; 2) las absorciones en términos de uso; 3) las adiciones a los PMR en los LEDS; y 4) la degradación en los LEDS. Este procedimiento es necesario para obtener una estimación de las reservas en los PMR acumuladas por el uso de la madera a lo largo del tiempo y las emisiones en el año en curso procedentes de esas reservas, a medida que dejan de utilizarse éstas (denominadas también "emisiones heredadas").

Si se incluyen los PMR en los LEDS, se trata de que los datos utilizados en el Nivel 2 sean coherentes con los datos utilizados en ese mismo nivel para el sector de desechos (Capítulo 5, Desechos, *OBP2000*[4]). Los factores numéricos que utilice un país para calcular las emisiones de metano en los LEDS deberían ser coherentes con los utilizados para calcular las cantidades de carbono en PMR retenidas en los LEDS.

Nivel 3: Métodos específicos del país

Tanto la variación del carbono de PMR en uso como la del carbono existente en los LEDS (si se acuerda incluirla) pueden calcularse utilizando métodos diferentes. Estos métodos podrían ser aplicables a algunas, aunque no todas, las modalidades de contabilización (Flugsrud *et al., 2001).*

Método A - Estimar la variación en los inventarios (métodos basados en las reservas)

Utilizar inventarios de PMR en uso o de PMR en lugares de eliminación de desechos en dos o más fechas, y calcular la variación del carbono almacenado. El depósito en los PMR utilizados en las estructuras de construcción suele ser una parte importante del depósito total de PMR. La cantidad de carbono en PMR puede estimarse, por ejemplo, multiplicando el contenido medio de PMR por metro cuadrado de suelo por el suelo total para diversos tipos de edificios. La variación del carbono puede estimarse anotando la variación entre inventarios estimados en momentos diferentes. Se encontrarán ejemplos de ese tipo de inventarios en Gjesdal *et al.*, 1996 (para Noruega) y en Pingoud *et al.*, 1996, 2001 (para Finlandia). En este caso, no es necesario ningún procedimiento para integrar las reservas en PMR obtenidas de datos históricos sobre el uso de la madera, lo cual constituye una ventaja en comparación con los métodos de flujo (Nivel 2 y Nivel 3/Método B). Análogamente, se ha sugerido que la variación del carbono en PMR en los LEDS podría estimarse utilizando información sobre la superficie, profundidad media y contenido medio del carbono en madera y papel por metro cúbico en tales lugares, aunque en los trabajos publicados no se menciona ningún ejemplo de tal método.

Método B - Seguimiento de los flujos de entrada y salida a lo largo del tiempo mediante datos detallados del país (métodos de flujo)

Utilizar datos detallados del país desde hace varios decenios, y estimar, para cada uno de esos años hasta la fecha actual, i) las adiciones a los depósitos de PMR en uso, ii) las absorciones en términos de uso, iii) las adiciones a los depósitos de PMR en LEDS, y iv) la degradación en los LEDS. En las estimaciones respecto de los LEDS podrían utilizarse estimaciones basadas en datos obtenidos directamente de la cantidad de PMR incorporado a los LEDS cada año, en lugar de la cantidad de PMR que deja de ser utilizada y de la parte que va a parar a los LEDS.

Método C - Combinar las estimaciones del Método A y del Método B

Estos dos métodos pueden combinarse, por ejemplo: 1) utilizando las variaciones del inventario para estimar las variaciones del carbono en edificios y mobiliario; y 2) utilizando los flujos de entrada y de salida para estimar la variación del carbono en los productos de papel (véase, por ejemplo, Flugsrud *et al.*, 2001, para el caso de Noruega).

[4] En esta publicación, la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC 2000) se abreviará como *OBP2000*.

3a.1.1.2 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Con los datos por defecto y las estimaciones específicas del país respecto de ciertos parámetros, los países pueden utilizar el Nivel 2 para realizar estimaciones preliminares que permitan evaluar la variación de las reservas en PMR y decidir si los aumentos contabilizados de las reservas constituirían una categoría esencial. Si se dispone de información sobre el país, se sugiere utilizar métodos del Nivel 3 adaptados al país, por ejemplo la variación entre inventarios de los productos de madera almacenados en depósitos de larga vida para ese fin. Si los PMR constituyen una categoría esencial, se sugiere que se trate de obtener datos de ámbito nacional respecto de las estimaciones en los Niveles 2 ó 3. Si los PMR no constituyen una categoría esencial, podrá aplicarse el Nivel 1.

3a.1.1.3 ELECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD Y DE FACTORES EN LOS CÁLCULOS

Nivel 1: Valores por defecto de las *Directrices del IPCC*

En el Nivel 1, el supuesto por defecto recomendado consiste en que la totalidad del carbono de la biomasa recolectada se oxida en el año de su absorción. Este supuesto está basado en la impresión de que, en la mayoría de los países, las reservas de productos forestales no aumentan ni disminuyen notablemente en términos anuales.

Nivel 2: Métodos de descomposición de primer orden (DPO)

Este método responde a la idea de que, según las estimaciones, el carbono presente en cada uno de los depósitos de carbono (productos en uso y productos en los LEDS) escapa a una tasa porcentual constante. El método del Nivel 2, aplicado al sector de desechos, se basa en esta técnica para estimar las emisiones de metano en los LEDS (véanse el Capítulo 6, Desechos, de las *Directrices del IPCC*, y el Capítulo 5, Desechos, de *OBP2000*).

El Nivel 2 está dividido en dos partes: el Nivel 2a, que permite estimar la variación del carbono en los PMR respecto de los productos en uso, y el Nivel 2b, que permite estimar la variación del carbono en los PMR existentes en los LEDS (véase la Figura 3a.1.3). El Nivel 2b se omite cuando la variación del carbono en los LEDS no se incluye en la notificación.

El método propuesto para estimar la variación del carbono almacenado en los PMR se basa en la utilización de datos sobre la producción y el comercio internacional de PMR primarios (madera aserrada, tableros y papel). Sólo se utilizan productos primarios, ya que se dispone de datos de prácticamente todos los países. Podrán utilizarse también datos sobre productos secundarios tales como los muebles, si se dispone de ellos, pero hay que tener cuidado para evitar un doble cómputo del carbono en los PMR[5]. Para calcular la variación del depósito de carbono en los PMR durante el año actual se utilizan datos sobre los flujos de entrada y salida durante varios decenios. El flujo de entrada en el depósito de un país se calcula sumando las importaciones a la producción nacional de productos primarios, y restando las exportaciones. Se supone que la salida a partir del depósito o la descomposición es de primer orden. Es decir, cada año se pierde una fracción constante de cada depósito. El depósito de productos primarios abarcará la madera utilizada en todos sus usos finales. Se supondrá que las emisiones están constituidas por el material esencialmente de madera que no se acumula en las reservas de PMR en uso (o en los LEDS) de un país. Estos cálculos son válidos para la Modalidad de variación de reservas, y podrán utilizarse también para calcular los flujos de carbono en la Modalidad de flujo atmosférico. En la Figura 3a.1.3 se representan las Modalidades de variación de reservas y de flujo atmosférico en las situaciones en que se incluyen tanto los productos en uso como los presentes en los LEDS. La Modalidad de producción implica aproximaciones adicionales, ya que, normalmente, sólo una parte del PMR de un país es de origen nacional y, además, los PMR de origen nacional pueden ser exportados (véase la Figura 3a.1.2).

Las ecuaciones del Nivel 2 respecto de esas tres modalidades son las siguientes:

[5] La utilización de productos de madera constituye una cadena de procesos que conduce desde el carbono presente en los rollizos, pasando por los productos primarios y secundarios, hasta su uso final. Al estimar el flujo de aporte de C al depósito de PMR, puede haber doble cómputo cuando se suman, por ejemplo, el consumo de rollizos y de productos primarios, o de productos primarios y secundarios. En el Nivel 2a propuesto, se supone que el consumo de *productos primarios* constituye el aporte al depósito de PMR.

Nivel 2a: Variación del carbono de los PMR en uso

ECUACIÓN 3a.1.1
VARIACIÓN ANUAL DEL CARBONO EN PMR EN USO, Y EMISIONES DE CO2 ASOCIADAS

(1A) $\Delta C_{PMR\ EU\ MVR} = P_A - P_P$

emisiones/absorciones $CO_{2\ MVR} = \Delta C_{PMR\ EU\ MVR} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$

(Modalidad de Variación de reservas)

(1B) $\Delta C_{PMR\ EU\ MP} = PR_A - PR_P$

emisiones/absorciones $CO_{2\ MP} = \Delta C_{PMR\ EU\ MP} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$

(Modalidad de producción)

(1C) $E = -\Delta C_{PMR\ EU\ MVR} + R - P_{EX} + P_{IM} - Des$

emisiones/absorciones $CO_{2\ AFA} = E \bullet 10^{-3} \bullet 44/12$

(Modalidad de flujo atmosférico)

Nota 1: La cantidad E estimada es el flujo real de C procedente de las reservas de PMR hacia la atmósfera en el interior de las fronteras del país notificante (véanse las Figuras 3a.1.1 y 3a.1.3). Seguidamente, el sector forestal debería notificar el flujo real de carbono procedente de la atmósfera hacia los ecosistemas forestales (INE), o la suma de las variaciones de las reservas en los ecosistemas forestales + R, que se aparta de la práctica de notificación existente, en que sólo se notifican las variaciones de reservas (INE – R).

Nota 2: Cada término contiene un subíndice *t* que representa un año, omitido para simplificar el formato; cada término del miembro derecho de las ecuaciones consta de dos partes como mínimo: una al menos para los productos de madera sólida, y una al menos para los productos de papel.

Nota 3: La variación del carbono en los PMR se estima, por regla general, en toneladas de C año^{-1} y, a efectos de notificación, es convertida a Gg de CO_2 multiplicando por $10^{-3} \bullet 44/12$. Las emisiones se notifican como valores positivos, y las absorciones como valores negativos: de ahí que se multiplique por -1 (véase también la Sección 3.7.1 y el Anexo 3A.2, Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

Donde:

$\Delta C_{PMR\ EU\ MVR}$ = variación anual del carbono almacenado en los PMR en uso en el país, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PMR\ EU\ MP}$ = variación anual del carbono en PMR en uso <u>procedentes de la recolección de madera en el país</u> (incluye el carbono de las exportaciones, y excluye el carbono de las importaciones, en toneladas de C año^{-1})

E = <u>flujo de carbono</u> de PMR hacia la atmósfera dentro de las fronteras del país notificante, en toneladas de C año^{-1}

R = carbono de madera recolectada en el año actual y sacada de su lugar para procesarla en forma de productos forestales (incluida la leña), en toneladas de C año^{-1}

Des = carbono de PMR absorbido durante el año actual en los LEDS (cuando los PMR de los LEDS se incluyan en la notificación; en caso contrario, Des = 0), en toneladas de C año^{-1}

Cada una de las variables indicadas a continuación consta de al menos dos partes: una, como mínimo, para los productos de madera sólida, y otra, como mínimo, para los productos de papel.

P_A = adiciones durante el año actual de carbono de PMR en uso procedente del consumo nacional, calculadas basándose en el flujo de carbono para los productos primarios, en toneladas de C año^{-1}

Véase en el Cuadro 3a.1.1 información sobre los datos correspondientes a esos valores, en toneladas de C año^{-1}

P_P = pérdida durante el año actual de carbono de PMR procedente de sus usos (iniciados en el año actual o en años anteriores), en toneladas de C año^{-1}

PR_A = adiciones durante el año actual al carbono de PMR <u>procedente de la madera recolectada en el país</u>, calculadas basándose en el flujo de carbono para los productos primarios, en toneladas de C año^{-1}

Véase en el Cuadro 3a.1.1 información sobre los datos y la manera de calcular PR_A, en toneladas de C año^{-1}

PR_P = pérdida durante el año actual de carbono de PMR en uso (iniciado en el año actual o en años anteriores) procedente de la madera recolectada en el país, en toneladas de C año^{-1}

P_{EX} = exportaciones de productos de madera y de papel, en forma de rollizos, astillas, residuos, pulpa, y papel recuperado (reciclado), en toneladas de C año^{-1}

P_{IM} = importaciones de productos de madera y de papel, en forma de rollizos, astillas, residuos, pulpa, y papel recuperado (reciclado), en toneladas de C año^{-1}.

El procedimiento para calcular $\Delta C_{PMR\ EU\ MVR}$ y $\Delta C_{PMR\ EU\ MP}$ se basa en un proceso recursivo indicado a continuación, y no en el cálculo de las pérdidas derivadas del uso de PMR, P_P o PR_P, respecto del año actual directamente.

A contar, por ejemplo, desde *j* = año 1900, calcular recursivamente la ecuación siguiente[6] para cada año hasta el año actual t.

$$C_{PMR\ EU_{MVR}}(j) = (1 / (1 + f_D)) \bullet (P_{A_j} + C_{PMR\ EU_{MVR}}(j - 1)) \qquad \text{(Modalidad de variación de reservas)}$$

O bien:

$$C_{PMR\ EU_{MP}}(j) = (1 / (1 + fR_D)) \bullet (P_{A_j} + C_{PMR\ EU_{MP}}(j - 1)) \qquad \text{(Modalidad de producción)}$$

Para el año inicial, por ejemplo *j* = 1900, el valor de $C_{PMR\ EU_{MVR}} = 0$ o bien $C_{PMR\ EU_{MP}} = 0$

Para el año actual se calculará:

$$\Delta C_{PMR\ EU_{MVR}}(t) = C_{PMR\ EU_{MVR}}(t) - C_{PMR\ EU_{MVR}}(t - 1) \qquad \text{(Modalidad de variación de reservas)}$$

O bien :

$$\Delta C_{PMR\ EU_{MP}}(t) = C_{PMR\ EU_{MP}}(t) - C_{PMR\ EU_{MP}}(t - 1) \qquad \text{(Modalidad de producción)}$$

Donde:

$\Delta C_{PMR\ EU_{MVR}}$ = variación anual del carbono almacenado en PMR en uso en el país, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PMR\ EU_{MP}}$ = variación anual del carbono en PMR en uso procedente de la madera recolectada en el país (incluye el carbono de las exportaciones, y excluye el carbono de las importaciones), en toneladas de C año^{-1}

P_A = adiciones durante el año actual al carbono de PMR en uso procedente del consumo nacional, calculadas basándose en el flujo de carbono para los productos primarios, en toneladas de C año^{-1}

t = año actual

j = año de los datos, a partir, por ejemplo, de 1900, que constituye un período suficientemente largo para que la descomposición actual sea muy pequeña respecto de los PMR comenzados a utilizar en años anteriores

f_D = fracción de carbono de PMR en uso en un país y en un año dado que se desecha en ese mismo año (los productos desechados incluyen los reciclados)

fR_D = fracción de carbono de PMR en uso en un país durante un año dado (incluye las exportaciones) que se desecha en ese mismo año (los productos desechados incluyen los reciclados).

---

[6] Esta fórmula recursiva, utilizada en la Modalidad de variación de reservas, es equivalente a la ecuación $(C_{PMR\ EU\ MVR(j)} - C_{PMR\ EU\ MVR}(j - 1)) / \Delta t = P_{A_j} - f_D \bullet C_{PMR\ EU\ MVR(j)}$, donde Δt es 1 año.

Este método de Euler implícito (véase Burden y Faires, 2001) se utiliza como aproximación de una tasa de descomposición constante a partir de un depósito de PMR especificado por la ecuación diferencial $dC_{PMR\ EU\ MVR}/dt = P_A - f_D \bullet C_{PMR\ EU\ MVR}$.

CUADRO 3a.1.1
DATOS DE LA FAO, Y FACTORES PARA LA ESTIMACIÓN DE P_A Y DE PR_A (NIVEL 2) MEDIANTE LA ECUACIÓN 3a.1.1

Datos de la FAO sobre productos (los datos sobre los productos de madera sólida están expresados en m^3; los productos de pulpa de papel y de papel están expresados en Gg)	Factores de conversión por defecto (Gg de producto secado en horno por m^3 de Gg de producto)	Período de los datos	Variables de la ecuación (véanse las notas al pie)
Datos sobre la recolección de rollizos			
Recolección de rollizos (coníferas) Recolección de rollizos (no coníferas)	0,45 (Gg/ m^3) 0,56 (Gg/ m^3)	1961-2000	H
Datos sobre los productos de madera sólida			
Madera aserrada (coníferas) Madera aserrada (no coníferas) Hojas de enchapado Madera contrachapada Tablero aglomerado	0,45 (Gg/ m^3) 0,56 (Gg/ m^3) 0,59 (Gg/ m^3) 0,48 (Gg/ m^3) 0,26 (Gg/ m^3)	1961-2000	P_{PN} (madera sólida) P_{IM} (madera sólida) P_{EX} (madera sólida)
Tablero de fibra comprimido	1,02 (Gg/ m^3)	1961-1994	
Cartón Fibra de densidad media	1,02 (Gg/ m^3) 0,50 (Gg/ m^3)	1995-2000	
Datos sobre pulpa de papel, papel y cartón de papel			
Papel y cartón	0,9 (Gg/ Gg)	1961-2000	P_{PN} (papel) P_{IM} (papel) P_{EX} (papel)
Papel recuperado (Valores fijados a cero entre 1900 y 1969)	0,9 (Gg/ Gg)	1970-2000	PR IM (PR) EX (PR)
Pulpa de madera	0,9 (Gg/ Gg)	1961-2000	PM IM (PM) EX (PM)
Pulpa de fibra recuperada	0,9 (Gg/ Gg)	1998-2000	IM (PFR) EX (PFR)
Otras pulpas de fibra	0,9 (Gg/ Gg)	1961-2000	OPF IM (OPF) EX (OPF)
Datos sobre rollizos industriales			
Rollizos industriales (coníferas) Rollizos industriales (no coníferas)	0,49 Gg/ m^3) 0,56 Gg/ m^3)	1961-2000	RI
Rollizos industriales (coníferas) Rollizos industriales (no coníferas)	0,49 Gg/ m^3) 0,56 Gg/ m^3)	1990-2000	IM (RI) EX (RI)

Fuentes: En relación con los datos de la FAO, véase: http://apps.fao.org/page/collections?subset=forestry

Fuente de los factores de conversión: Factores para la madera sólida (Haynes *et al.* 1990, Cuadros B-7 y B-6)

NOTAS:
Factores para el papel y la pulpa: Se supone que una tonelada de papel o de pulpa secada al aire contiene 0,9 toneladas de papel o de pulpa secada al horno.
Las ecuaciones siguientes indican la manera de calcular P_A y PR_A para la Ecuación 3a.1.1, utilizando datos de la FAO.
P_A (madera sólida) es la suma de los productos de madera sólida producidos; P_A (papel) es la suma de los productos de papel producidos.
P_A (madera sólida) = P_{PN} (madera sólida) + P_{IM} (madera sólida) - P_{EX} (madera sólida)
P_A (papel) = [P_{PN} (papel) + P_{IM} (papel) - P_{EX} (papel)]● $PM_{proporción}$
Donde $PM_{proporción}$ es la fracción del total de pulpa que es pulpa de madera (excluyendo otras pulpas de fibra).
$PM_{proporción}$ = [(PM + IM (PM) - EX (PM))/ ((PM + IM (PM) - EX (PM)) + (OPF + IM (OPF) - EX (OPF)))
PR_A (madera sólida) = P_A (madera sólida) ● RI / (RI + IM (RI) - EX (RI))
PR_A (papel) = [(P_A (papel) + EX (PM) - IM (PM) ● $PM_{proporción}$ + EX (PR) - IM (PR) + EX (PFR) - IM (PFR)) ● IRI / (IRI + IM (RI) - EX (RI))
Para convertir toneladas de producto seco P_A y PR_A en toneladas de carbono, se multiplica por 0,5 (toneladas de carbono/toneladas de producto).

Nivel 2b: Variación del carbono de PMR en lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS)

Si se incluye en la notificación, la variación de las reservas en PMR de los LEDS puede calcularse de manera análoga a los PMR en uso:

ECUACIÓN 3a.1.2
VARIACIÓN ANUAL DEL CARBONO DE PMR EN LOS LEDS Y EMISIONES DE CO_2 ASOCIADAS

(2A) $\Delta C_{PMR\ M_{MVR}} = Des_{AP} + Des_{AD} - Des_p$

emisiones/absorciones de $CO_{2\ MVR} = \Delta C_{PMR\ Des\ MVR} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$

(Modalidad de variación de reservas)

(2B) $\Delta C_{PMR\ M\ MP} = MR_{AP} + MR_{AD} - MR_p$

emisiones/absorciones de $CO_{2\ MP} = \Delta C_{PMR\ M\ MP} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$

(Modalidad de producción)

(2C) $\Delta C_{PMR\ Des\ MFA} = Des_{AP} + Des_{AD} - \Delta C_{PMR\ Des_{MVR}} = Des_p$

emisiones/absorciones de $CO_{2\ MFA} = \Delta C_{PMR\ Des\ MFA} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12$

(Modalidad de flujo atmosférico)

Nota 1: Cada término contiene un subíndice que representa un año, omitido para simplificar el formato.

Nota 2: Cada término del miembro derecho de las ecuaciones contiene al menos dos partes: una como mínimo para los productos de madera sólida, y una como mínimo para los productos de papel.

Donde:

$\Delta C_{PMR\ Des_{MVR}}$ = variación anual del carbono almacenado en PMR de los LEDS en el país, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PMR\ Des_{MP}}$ = variación anual del carbono de PMR en los LEDS procedente de la madera recolectada en el país (incluye el carbono de las exportaciones, y excluye el de las importaciones), en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PMR\ Des_{MFA}}$ = emisiones de carbono procedentes de PMR en los LEDS, en toneladas de C año^{-1}

Cada una de las variables indicadas a continuación contiene al menos dos partes: una como mínimo para los productos de madera sólida, y una como mínimo para los productos de papel.

Des_{AP} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono en PMR a los LEDS que son permanentes (sin descomposición)[7], en toneladas de C año^{-1}

Des_{AD} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono de PMR a los LEDS que se descompone a lo largo del tiempo (obsérvese que $Des_{AP} + Des_{AD}$ = Des en el Nivel 2a), en toneladas de C año^{-1}

Des_p = pérdida de carbono en PMR procedente de los LEDS (depositado en ellos en el año actual o anteriores)

MR_{AP} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono de PMR a los LEDS que son permanentes (sin descomposición) (<u>procedente de madera recolectada en el país</u>), en toneladas de C año^{-1}

MR_{AD} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono de PMR a los LEDS que se descompone a lo largo del tiempo (<u>procedente de madera recolectada en el país</u>), en toneladas de C año^{-1}

MR_p = pérdida de carbono de PMR procedente de los LEDS (depositados en ellos en el año actual o en años anteriores) (<u>procedente de madera recolectada en el país</u>), en toneladas de C año^{-1}

No se ofrecen aquí ecuaciones ni datos detallados para estimar el almacenamiento en los LEDS, ya que es necesario desarrollar más a fondo los datos y métodos por defecto, y para ello es necesaria la coordinación con

[7] Sólo se descompone una parte del carbono orgánico degradable de los LEDS, como se indica en las *Directrices del IPCC* con respecto al sector de desechos (véase la variable DOC_F en las *Directrices del IPCC*, Manual de referencia, página 6.5).

las orientaciones indicadas en relación con el sector de desechos sobre la manera de calcular las emisiones procedentes de los LEDS.

En términos generales, para estimar el almacenamiento de carbono en PMR de los LEDS se necesitan datos sobre:

i) La fracción de carbono en PMR que es desechado y se incorpora a los LEDS cada año;

ii) La fracción de carbono en PMR que se incorpora a los LEDS y que pasa a condiciones anaeróbicas (en comparación con las condiciones aeróbicas);

iii) La fracción de carbono en PMR que pasa a condiciones anaeróbicas en los LEDS y se descompone (una parte no se descompone, como se indica en las orientaciones sobre buenas prácticas con respecto al sector de desechos (*OBP2000*);

iv) La tasa de degradación de la parte de carbono de PMR (en condiciones anaeróbicas) que sí se descompone; y

v) La tasa de degradación del carbono de PMR en condiciones aeróbicas.

Se encontrará información sobre los datos por defecto respecto de los apartados ii) a v) *supra* en las orientaciones sobre buenas prácticas para el sector de desechos (*OBP2000*). Para el apartado i) se necesitan datos específicos del país: la fracción de carbono en PMR desechados que pasan a los LEDS cada año.

Nivel 3: Métodos adaptados al país

ECUACIÓN 3a.1.3
VARIACIÓN ANUAL DEL CARBONO EN PMR (EJEMPLO DE MÉTODO ADAPTADO AL PAÍS)

(3A) $\Delta C_{PMR\ EDIF\ MVR} = (S_{EDIF\ t} \bullet f_{C\ EDIF\ t}) - (S_{EDIF\ t-1} \bullet f_{C\ EDIF\ t-1})$

(Modalidad de variación de reservas)

(3B) $\Delta C_{PMR\ Des\ MVR} = (V_{PMR\ LEDS\ t} \bullet f_{C\ LEDS\ t}) - (V_{PMR\ LEDS\ t-1} \bullet f_{C\ LEDS\ t-1})$

(Modalidad de variación de reservas)

Donde:

$\Delta C_{PMR\ EDIF\ MVR}$ = variación anual del carbono en PMR contenido en edificios, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{PMR\ Des\ MVR}$ = variación anual del carbono en PMR contenido en los LEDS, en toneladas de C año^{-1}

S_{EDIF} = superficie de suelo de los edificios, en m^2

$f_{C\ EDIF}$ = carbono en PMR en los edificios por unidad de superficie de suelo, en toneladas de C m^{-2}

$V_{PMR\ LEDS}$ = volumen de desechos de PMR en lugares de eliminación, en m^3

$f_{C\ LEDS}$ = carbono en PMR en los LEDS por unidad de volumen de LEDS, en toneladas de C m^{-3}

Fuentes de datos para el Nivel 2

En los incisos siguientes se resume el procedimiento para obtener los datos necesarios para los cálculos del Nivel 2, y se indican valores por defecto disponibles en muchos casos.

Los datos de las variables P_A (carbono de PMR consumidos en un país) y PR_A (carbono en PMR producidos por un país) son los siguientes:

- Pueden obtenerse datos por defecto con respecto a la producción, importación y exportación de PMR en la base de datos FAOSTAT sobre silvicultura de las Naciones Unidas, que contabiliza a partir de 1961[8] (véase el Cuadro 3a.1.1). Para los productos de madera sólida y papel es necesario calcular por separado los valores de P_A tal como se indica en las notas del Cuadro 3a.1.1, a fin de incorporar diferentes períodos de uso y de eliminación.
- En el Cuadro 3a.1.1 se ofrecen datos para convertir unidades de producto de madera sólida en contenido de carbono.
- Los datos anteriores a 1961 pueden estimarse utilizando una tendencia de crecimiento a partir de 1900.

Para cada producto forestal del Cuadro 3a.1.1, los valores anteriores a 1961 pueden estimarse mediante la ecuación siguiente:

[8] Véase http://apps.fao.org/page/collections?subset=forestry

ECUACIÓN 3a.1.4
ECUACIÓN PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN Y EL COMERCIO EN LOS AÑOS ANTERIORES A 1961

$$V_t = V_{1961} \bullet e^{(r \bullet (t - 1961))}$$

Donde *V* es el valor del producto forestal en cuestión, *t* es un año anterior a 1961, y *r* es la tasa de crecimiento estimada anterior a 1961. Los valores de crecimiento por defecto de *r* entre 1900 y 1961 se indican en las columnas 7 y 8 del Cuadro 3a.1.2.

- Véanse en el Cuadro 3a.1.1 los factores aplicables para convertir unidades de volumen o de peso de producto en toneladas de carbono.

Datos con respecto a los parámetros f_D y fH_D (fracción de carbono de PMR cuyo uso ha comenzado en el año t y que deja de utilizarse cada año)

- Para los productos de madera sólida y de papel se necesitan valores de f_D y fH_D por separado.
- Los valores medios f_D y fH_D respecto de los productos de madera sólida podrían consistir en la media ponderada de f_D y fH_D con respecto a la leña, los tableros y otros rollizos industriales.
- La media de fH_D sería una media ponderada de f_D (para el propio país) y para los países en que se utilizan exportaciones que posteriormente se desechan. Las ponderaciones consistirían en la parte de PR_{A_t} que procede de usos nacionales y la parte de PR_{A_t} que se exporta. Como punto de partida, podría suponerse que f_D es igual a fH_D.
- Los valores de f_D y fH_D pueden obtenerse también de estimaciones de la mitad de vida de los productos en uso o de la vida media de un producto. La mitad de vida es el número de años que transcurren hasta que la mitad de los productos han dejado de usarse. La vida media es el número medio de años durante los que se usa un producto.

  f_D = ln 2/(mitad de vida, en años) = 0,693/(mitad de vida, en años)

  f_D = 1/(vida media, en años)

  vida media, en años = $1/f_D$
- Los valores de mitad de vida de diversos productos utilizados en estudios recientes, incluidos los valores por defecto sugeridos, se indican en el Cuadro 3a.1.3. Cada país tendrá que determinar los valores apropiados para sí mismo.

3a.1.2 Exhaustividad

Los métodos del Nivel 2 abarcan todos los productos primarios de madera y papel. De ese modo, incluyen el carbono contenido en todos los productos de madera secundarios derivados de los primarios. Sin embargo, tales métodos no contemplan el efecto de las importaciones y exportaciones de productos secundarios de madera, como los muebles o los productos de artesanía de madera, sobre la variación de las reservas de carbono. Podría ser necesario adaptar algunos métodos para incluir las importaciones y exportaciones de productos de madera secundarios cuando PMR sea una categoría esencial y las cantidades de productos de madera secundarios compradas o vendidas sean apreciables en comparación con las cantidades de productos primarios producidos o consumidos. El método del Nivel 2 omite también estimaciones de la cantidad de madera de desecho que procede de madera primaria o secundaria y de industrias papeleras y que va a parar directamente a los LEDS. Si esas cantidades fueran importantes, podría ser necesario realizar estimaciones directas por separado para esos flujos de desechos de madera hacia los LEDS.

3a.1.3 Evaluación de la incertidumbre

El Cuadro 3a.1.4 contiene estimaciones de incertidumbre respecto de las variables y parámetros del Nivel 2. Tales estimaciones están basadas en estudios publicados y en el dictamen de expertos. Cuando se utilicen valores de ámbito nacional para las variables y parámetros, las incertidumbres deberían evaluarse de conformidad con las orientaciones de la Sección 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres) de esta publicación.

Las únicas estimaciones de incertidumbre sólidas de que probablemente se disponga son las vinculadas a las encuestas nacionales de producción y comercio de madera y papel. En estos casos, el error puede ser relativamente bajo.

En el Nivel 2, el efecto de la incertidumbre sobre la producción y el comercio varios decenios antes es relativamente menor si la mitad de vida de los productos en uso y de los LEDS es relativamente corta. Esto significa que, cuanto más largo sea el período de uso, más importante será utilizar datos específicos del país sobre la producción y el comercio antes de 1961. La incertidumbre de las estimaciones del Nivel 2 podría ser alta, particularmente si la incertidumbre específica del país es grande en las estimaciones a lo largo del tiempo en: 1) la fracción de madera y papel desechados que van a parar a los LEDS; y 2) la proporción de productos de los LEDS que se descomponen en condiciones anaeróbicas. A causa de esas incertidumbres, en el Nivel 3 sería deseable utilizar, si fuera posible, inventarios de encuestas a nivel nacional sobre la madera almacenada en las reservas, por ejemplo en las viviendas. Tales encuestas pueden conllevar incertidumbres relativamente bajas. Para estimar las incertidumbres asociadas específicamente a la Modalidad de producción habría que estimar la incertidumbre asociada a la descomposición de productos exportados a otros países. En conjunto, las incertidumbres respecto de los Niveles 2 ó 3 pueden estimarse utilizando los métodos del Nivel 3 (Monte Carlo) examinados en la Sección 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres). Habrá que seguir trabajando con el fin de especificar un método más simple para evaluar las incertidumbres; es decir, las ecuaciones en que podrían utilizarse las incertidumbres del Cuadro 3a.1.4 directamente para estimar la incertidumbre total, en lugar de utilizar el método de simulación de Monte Carlo. La utilización de métodos del Nivel 2 con datos por defecto, es decir, sin datos específicos del país, arrojará estimaciones con una incertidumbre probablemente no inferior a ±50%.

CUADRO 3a.1.2
TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ROLLIZOS INDUSTRIALES (RECOLECCIÓN) POR REGIONES DEL MUNDO, PARA DETERMINADOS PERÍODOS ENTRE 1900 Y 1961.
(Las columnas 7 y 8 representan tasas que podrán utilizarse para proyectar datos sobre la producción y el comercio de productos de madera y papel en períodos anteriores a 1961 mediante la Ecuación 3A.1.4)

Región del mundo	Rollizos industriales Producción	Población	Rollizos industriales Producción por habitante	Población	Rollizos industriales Producción, con la producción por habitante fijada al nivel de 1950	Rollizos industriales Producción, con la producción por habitante disminuyendo al ritmo de 1950 a 1975	Rollizos industriales Producción, con la producción por habitante fijada al nivel de 1950 antes de 1950	Rollizos industriales Producción, con la producción por habitante disminuyendo al ritmo de 1950 a 1975
	(1950-1961)	(1950-1961)	(1950-1975)	(1900-1950)	(1900-1950)	(1900-1950)	(1900-1961)	(1900-1961)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)	(6)=(3)+(4)	(7) véase la nota	(8) véase la nota
Total mundial	0,0326	0,0182	0,0049	0,0085	0,0182	0,0134	0,0208	0,0169
Europa	0,0296	0,0080	0,012	0,0059	0,0080	0,0179	0,0119	0,0200
URSS	0,0412	0,0173	0,0087	0,0061	0,0173	0,0148	0,0216	0,0196
América del Norte	0,0085	0,0170	0,0016	0,0148	0,0170	0,0164	0,0155	0,0150
América Latina	0,0359	0,0268	0,0054	0,0163	0,0268	0,0217	0,0285	0,0243
África	0,0548	0,0226	0,0255	0,0102	0,0226	0,0357	0,0284	0,0391
Asia	0,0492	0,0193	0,0155	0,0078	0,0193	0,0233	0,0247	0,0280
Oceanía	0,0412	0,0193	0,0074	0,0155	0,0193	0,0229	0,0233	0,0262

Nota: La Columna 7 es ln (EXP(col 5*50)*EXP(col 1*11))/ 61

Nota: La Columna 8 es ln (EXP(col 6*50)*EXP(col 1*11))/ 61

Fuentes de datos: Columna 1 -- 1950-53: (FAO 1957), 1954-1960: (FAO 1965), 1961: (FAO 2002a)

Columna 2 – 1950-1960: (Naciones Unidas, Div. Pob., 1998), 1961: (FAO 2002b)

Columna 3 – Rollizos industriales - 1950-53: (FAO 1957), 1954-1960: (FAO 1965), 1961-1975: (FAO 2002a)

Población – 1950-1960: (Naciones Unidas, Div. Pob., 1998), 1961-1975: (FAO 2002b)

Columna 4 – 1900-1950: (Naciones Unidas, Div. Pob., 1999)

Cuadro 3a.1.3
MITAD DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA EN USO – EJEMPLOS OBTENIDOS DE ESTUDIOS

País/ region	Referencia	Categoría de PMR	Mitad de vida en uso (años)	Pérdida fraccional anual ($f_{D\,j}$) (ln(2) / Mitad de vida, en años)
Valores por defecto		Madera de aserrar	35	0,0198
		Chapa, madera contrachapada y tableros estructurales	30	0,0231
		Tableros no estructurales	20	0,0347
		Papel	2	0,3466
Finlandia	Pingoud *et al.* 2001	Madera de aserrar y contrachapada (basado en el cambio de inventario de productos)	30	0,0231
Finlandia	Karjalainen *et al.* 1994	Madera de aserrar y contrachapada, promedio	50	0,0139
		Papel de pulpa mecánica, promedio	7	0,0990
		Papel de pulpa química, promedio	5,3	0,1308
Finlandia	Pingoud *et al.* 1996	Promedio de papel	1,8	0,3851
		Papel de periódicos, de hogar, sanitario	0,5	1,3863
		Papel de embalar y para cajas de cartón	1	0,6931
		80 % del papel de impresora y para escribir	1	0,6931
		20% del papel de impresora y para escribir	10	0,0693
Países Bajos	Nabuurs 1996	Papel	2	0,3466
		Madera de embalaje	3	0,2310
		Tablero aglomerado	20	0,0347
		Madera de aserrar, promedio	35	0,0198
		Madera de aserrar – pícea y Alamo	18	0,0385
		Madera de aserrar – roble y haya	45	0,0154
Estados Unidos	Skog and Nicholson 2000	Madera de aserrar	40	0,0173
		Tableros estructurales	45	0,0154
		Tableros no estructurales	23	0,0301
		Papel (hojas libres)	6	0,1155
		Otros tipos de papel	1	0,6931

Nota: Se recomienda que al utilizar estos valores de vida media estimados se verifiquen también las correspondientes estimaciones de la variación de reservas como se indica, por ejemplo, en la Sección 3a.1.5. Al hacerlo, podría ser necesario reajustar las vidas medias.

CUADRO 3A.1.4
PARÁMETROS Y ESTIMACIONES DE INCERTIDUMBRE ASOCIADAS A LOS VALORES POR DEFECTO DEL NIVEL 2 PARA ESTIMAR LA VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN PMR EN USO

Descripción del parámetro	Parámetro	Valores	Intervalo de incertidumbre
Recolección de rollizos (madera recolectada y retirada del lugar, para productos tales como la leña)	R	Cuadro 3a.1.1	Específico del país para los datos de la FAO
Producción, importación y exportación de PMR – datos de la FAO	P_{PN} ,P_{IM} , P_{EX} PM, IM(PM), EX (PM) OPF, IM(OPF), EX(OPF) PR, IM(PR), EX(PR) IM(PFR), EX(PFR) Cantidad de productos producidos, importados y exportados	Cuadro 3a.1.1	Específico del país para los datos de la FAO Producción y comercio – para países con censos o encuestas sistemáticos - ±15% desde 1961 Producción y comercio – para países sin censos o encuestas sistemáticos ±50% desde 1961
Volumen de producto/Peso de producto	P	Cuadro 3a.1.1	±15%
Peso de producto en horno seco/Peso de carbono	C	0,5 (Cuadro 3a.1.1)	±10%
Tasa de crecimiento de la producción, de las importaciones y de las exportaciones antes del primer año de datos de la FAO	r (en la Ecuación 3a.1.4)	Cuadro 3a.1.2, columnas 7 y 8	Tasa de aumento de la producción antes de 1961 ±15% para una región, mayor para un país perteneciente a una región. Tasa de aumento del comercio antes de 1961 ±50% para una región, mayor para un país perteneciente a una región
Fracción de productos de madera sólida desechados cada año	f_D (madera sólida) fH_D (madera sólida)	Cuadro 3a.1.3	Mitad de vida, en años = (0,693 / f_D (madera sólida)) Incertidumbre de la mitad de vida = ±50% La incertidumbre es mayor para fH_D en función del tamaño y del destino de las exportaciones
Fracción de productos de papel desechados cada año	f_D (papel) fH_D (papel)	Cuadro 3a.1.3	Mitad de vida, en años = (0,693 / f_D (papel)) Incertidumbre de la mitad de vida = ±50% La incertidumbre es mayor para fH_D en función del tamaño y del destino de las exportaciones

3a.1.4 Presentación de informes y Documentación

Se sugiere documentar y archivar toda la información utilizada para producir estimaciones nacionales de la variación de las reservas. Se incluyen, en particular, los datos y parámetros utilizados sobre la producción de madera y de papel. Debería documentarse la variación de los parámetros para efectuar estimaciones de la variación de las reservas entre un año y el siguiente. El informe del inventario nacional debería contener resúmenes de los métodos utilizados y referencias a los datos de las fuentes, con objeto de conocer las etapas seguidas para realizar las estimaciones.

3a.1.5 Garantía de la calidad/Control de la calidad del inventario

Con independencia de que los PMR sean o no una categoría esencial, se sugiere realizar verificaciones de control de calidad como se indica en la Sección 5.5 (Garantía de la calidad y control de la calidad) para los datos y parámetros utilizados con arreglo al método seleccionado. Si PMR es una categoría esencial, se sugiere realizar comprobaciones adicionales de control de calidad en el Nivel 2 con arreglo a la Sección 5.5, y particularmente el desarrollo y revisión por expertos de los datos y parámetros, y desarrollar, conforme sea necesario, estimaciones de ámbito nacional de datos y parámetros utilizando fuentes de datos nacionales utilizando el dictamen de expertos conforme se indica en la Sección 6.2.5, Dictamen de expertos (*OBP2000*).

Como ayuda para el control de la calidad cuando se utiliza el Nivel 2, se sugiere (a fin de verificar las estimaciones de las reservas o de la variación de las reservas) estimar por separado el almacenamiento de carbono total o la variación anual para determinados grupos de productos, por ejemplo tablas o tableros de los edificios. Las tablas y los tableros de los edificios constituirían una parte del total de madera utilizado. Podría aplicarse el Nivel 2 para estimar la cantidad total de madera en tablas y tableros en los edificios, o la variación de la madera en tablas y tableros almacenada en un año reciente. Se necesitaría una estimación de la parte de madera y tableros utilizada en los edificios a lo largo del tiempo. Tales estimaciones podrían compararse con otras estimaciones de la madera de los edificios o con la variación de la madera de los edificios, como se indica a continuación. La cantidad total actual de madera y de tableros en los edificios podría calcularse multiplicando los metros cuadrados de superficie de suelo de los edificios por el contenido de tablas por metro cuadrado. La variación de la madera en tablas de los edificios podría calcularse multiplicando los metros cuadrados de edificio construido en un año dado por el contenido de tablas por metro cuadrado.

Otra sugerencia, si se utiliza el Nivel 2, para ayudar a verificar la vida media de los edificios, se puede utilizar información histórica sobre el número y edad de los edificios a lo largo del tiempo. Serían necesarios datos sobre el número de edificios de una edad (o tramo de edades) dada en determinada fecha del pasado, y el número de esos edificios que siguen en pie en fechas más recientes. Tales cifras podrían utilizarse para estimar la pérdida fraccional de edificios por año. La pérdida porcentual anual podría utilizarse para estimar un valor de mitad de vida. Véase en el Cuadro 3a.1.3 la relación entre la mitad de vida y la pérdida fraccional anual, en el supuesto de que la fracción perdida cada año sea constante).

Apéndice 3a.2 Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes del drenaje y de la rehumidificación de los suelos forestales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

3a.2.1 Introducción

El drenaje y la rehumidificación de los suelos orgánicos y de los suelos minerales húmedos con elevado contenido de carbono orgánico influyen en las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero, como consecuencia de lo cual el CO_2 resulta muy afectado. Los métodos para determinar los cambios que se producen en las emisiones y absorciones de CO_2 en estas tierras se tratan en las Secciones 3.2 a 3.5, relativas a los suelos orgánicos.

Además, los suelos muy drenados producen grandes emisiones de N_2O porque con el drenaje aumenta la capa aireada y se intensifica la mineralización de la materia orgánica del suelo. En cambio, los suelos orgánicos no gestionados constituyen fuentes o sumideros naturales muy pequeños de N_2O (Regina *et al*., 1996). El efecto del drenaje sobre las emisiones de N_2O depende de las propiedades del suelo; las emisiones más altas están asociadas a tipos de turba minerotrófica (rica en nutrientes) y las emisiones más bajas a tipos de turba ombrotrófica (pobre en nutrientes) (Regina *et al.*, 1996). Como los datos de que se dispone sobre emisiones de N_2O procedentes de suelos orgánicos drenados y suelos minerales húmedos son relativamente escasos y variables, los métodos a que se hace referencia en este apéndice no son muy fiables.

Las metodologías que se mencionan a continuación para las emisiones de N_2O se centran en tierras forestales que no se abordan en las *Directrices del IPCC*. Las emisiones de N_2O de suelos de tierras agrícolas y praderas drenadas se tratan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP 2000*. Teniendo en cuenta los datos de que se dispone y el grado actual de conocimientos sobre esta materia, se puede utilizar el mismo método para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y para las tierras convertidas en tierras forestales.

Si se rehumedece el suelo orgánico se reducirán las emisiones de N_2O hasta llegar al nivel original cercano a cero.

El CH_4 emitido por suelos orgánicos no drenados es un proceso natural, y las emisiones son muy variables. Con el drenaje de los suelos orgánicos se reducen estas emisiones e incluso se puede convertir la zona en un pequeño sumidero de CH_4 (véanse las *Directrices del IPCC*, Manual de referencia, Sección 5.4.3, drenaje de humedades). Si bien ni en las *Directrices del IPCC* ni en esta publicación se mencionan métodos para estimar el efecto del drenaje o de la rehumidificación de bosques y humedales en las emisiones de CH_4, puesto que no se dispone de muchos datos, dicho efecto puede alcanzar una magnitud considerable en términos de emisiones de equivalentes de CO_2 cuando las zonas con grandes emisiones de CH_4 están muy drenadas. Sin embargo, el efecto del drenaje sobre las emisiones de CH_4 puede ser reducido cuando a) el nivel de emisiones naturales de CH_4 es bajo, b) se mantiene una capa freática poco profunda, o c) las emisiones de CH_4 procedentes del drenaje de acequias compensan el sumidero de CH_4 en las zonas drenadas. En este apéndice se aplica el valor por defecto de 0 emisiones de CH_4, una vez realizado el drenaje (Laine *et al.*, 1996; Roulet y Moore, 1995).

Las emisiones de CH_4 pueden aumentar en suelos orgánicos rehumedecidos. La "rehumidificación" consiste en que la capa freática vuelva a los niveles anteriores al drenaje. Cuando un país rehumedece los suelos orgánicos se considera que estos suelos han sido gestionados. En tal caso, los efectos del drenaje o de la rehumidificación pueden notificarse basándose en los datos específicos del país. Según la documentación existente, y como primera aproximación, se calcula que el CH_4 producido por los suelos orgánicos rehumedecidos cubiertos de bosque varía entre 0 y 60 kg CH_4 ha^{-1}/$año^{-1}$ en zonas con clima templado y boreal, y entre 280 y 1.260 kg CH_4 ha^{-1}/$año^{-1}$ en zonas con clima tropical (Bartlett y Harris, 1993). Según muestran algunos indicios, las emisiones de CH_4 pueden ser aún más reducidas en turberas rehumedecidas que en tierras vírgenes (Komulainen *et al.* 1998, Tuittila *et al.* 2000). Actualmente no se puede dar ninguna orientación sobre buenas prácticas para las emisiones de CH_4 procedentes de la rehumidificación de suelos orgánicos.

3a.2.2 Cuestiones metodológicas

3a.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Se aplica el mismo método para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (TFTF) y para las tierras convertidas en tierras forestales (TTF). Los árboles de decisiones que se presentan en la Sección 3.1 (Figura 3.1.1 Árbol de decisiones para identificar el nivel meteorológico apropiado de las tierras que se mantienen en la misma categoría de uso), y Figura 3.1.2 (Árbol de decisiones de identificar el nivel meteorológico apropiado de las tierras que se convierten en otra categoría de uso) pueden utilizarse para identificar el nivel apropiado de las estimaciones de N_2O teniendo en cuenta los datos de que se dispone. Las emisiones de N_2O procedentes del drenaje y de la rehumidificación de suelos forestales contribuyen a la subcategoría "suelos" en los árboles de decisiones.

En la Ecuación 3a.2.1 se muestra el método básico para estimar las emisiones directas de N_2O producidas por suelos orgánicos forestales drenados. Se estima que las emisiones N_2O procedentes de la rehumidificación de suelos orgánicos forestales rehumedecidos se sitúan en un nivel natural, y el valor por defecto se establece en cero. La ecuación puede aplicarse a distintos niveles de desglose según los datos disponibles, en particular con respecto a los factores de emisión propios del país.

ECUACIÓN 3a.2.1
EMISIONES DIRECTAS DE N_2O PROCEDENTES DE SUELOS FORESTALES DRENADOS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de } N_2O_{TFTF} = \sum(S_{TFTF_{orgánicos\ IJK}} \bullet FE_{TFTF_{drenaje,\ orgánicos\ IJK}}) + S_{TFTF_{minerales}} \bullet FE_{TFTF_{drenaje,\ mineral}} \bullet 44/28 \bullet 10^{-6}$$

Donde:

Emisiones de N_2O_{TFTF} = emisión de N_2O en unidades de nitrógeno, kg N

$S_{TFTF_{orgánico}}$ = superficie de suelos orgánicos forestales drenados, ha

$S_{TFTF_{mineral}}$ = superficie de suelos minerales forestales drenados, ha

$FE_{TFTFdrenaje,\ orgánicos}$ = factor de emisión en suelos orgánicos forestales drenados, kg de N de N_2O $ha^{-1}/año^{-1}$

$FE_{TFTFdrenaje,\ minerales}$ = factor de emisión en suelos minerales forestales drenados, kg de N de N_2O $ha^{-1}/año^{-1}$

ijk = tipo de suelo, zona climática, intensidad del drenaje, etc. (según el nivel de desglose)

Se utiliza el mismo método para calcular las emisiones de N_2O procedentes de suelos orgánicos drenados de tierras convertidas en tierras forestales.

Nivel 1: En el Nivel 1, la Ecuación 3a.2.1 se aplica con un simple desglose de los suelos forestales drenados en zonas "ricas en nutrientes" y "pobres en nutrientes" y se utilizan factores de emisión por defecto. Los datos por defecto se presentan en la Sección 3a.2.2.2, y en la Sección 3a.2.2.3 se describe la orientación para obtener datos de actividad.

Nivel 2: El Nivel 2 se puede utilizar si se dispone de los factores de emisión propios del país y de los datos sobre la zona correspondiente. Generalmente, esos datos permitirán desglosar la estimación para tener en cuenta las prácticas de gestión, como el drenaje de distintos tipos de turberas, la fertilidad (p. ej., cenagales por oposición a pantanos) y el tipo de árbol (frondoso por oposición a conífero), desarrollándose factores de emisiones específicos para cada subclase. De la información relativa al suelo que figure en el inventario nacional sobre bosques se pueden obtener datos sobre la zona desglosados debidamente.

Nivel 3: Si se dispone de modelos más complejos o de estudios más detallados se puede utilizar un método nacional de Nivel 3 para estimar las emisiones de N_2O. En vista de la variabilidad espacial y temporal y de las incertidumbres de las emisiones de N_2O, este procedimiento ofrece más garantías en un país en el que las emisiones directas de N_2O de bosques gestionados constituyen la categoría esencial, porque la aplicación de métodos avanzados puede representar con mayor exactitud las prácticas de gestión y las variables más relevantes.

3a.2.2.2 ELECCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Cuando se utilizan los Niveles 1 y 2 es necesario conocer los factores de las emisiones de N_2O por unidad de superficie y año.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan factores de emisión por defecto de las publicaciones especializadas; esos valores se muestran en el Cuadro 3a.2.1.

Como se dispone de pocos datos, los factores de emisión por defecto de los respectivos niveles de nutrientes y zonas climáticas sólo pueden considerarse indicativos, y tal vez no reflejen con exactitud la magnitud real de las emisiones en un país dado.

Las emisiones procedentes de suelos minerales forestales drenados se deberían calcular utilizando factores de emisión más reducidos e independientes que para los suelos orgánicos forestales drenados. Cabe suponer que las emisiones procedentes de suelos minerales forestales drenados representan aproximadamente la décima parte de $FE_{drenaje}$ de los suelos orgánicos (Klemedtsson *et al.*, 2002). Es necesario realizar más mediciones, sobre todo en las zonas tropicales, para mejorar los factores de emisión indicativos del Cuadro 3a.2.1. Se estima que si se rehumedecen los bosques drenados (es decir, que la capa freática recupera los niveles previos al drenaje) las emisiones de N_2O vuelven a su nivel inicial cercano a cero.

CUADRO 3a.2.1
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO DE EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DEL DRENAJE DE SUELOS FORESTALES

Zona climática y tipo de suelo	Factor de emisión $FE_{TFTF_{drenaje}}$ kg de N de N_2O ha^{-1} $año^{-1}$	Intervalo de incertidumbre* kg de N de N_2O ha^{-1} $año^{-1}$	Referencia/ Comentarios
Clima templado y boreal			
Suelo orgánico pobre en nutrientes	0,1	0,02 a 0,3	Alm *et al.*, 1999; Laine *et al.*, 1996 Martikainen *et al.*, 1995; Minkkinen *et al.*, 2002: Regina *et al.*, 1996
Suelo orgánico rico en nutrientes	0,6	0,16 a 2,4	Klemedtsson *et al.*, 2002; Laine *et al.*, 1996; Martikainen *et al.*, 1995; Minkkinen *et al.*, 2002: Regina *et al.*, 1996
Suelo mineral	0,06	0,02 a 0,24	Klemedtsson *et al.*, 2002
Clima tropical	8	0 a 24	Estimado como la mitad del factor de tierras agrícolas orgánicas drenadas

* Intervalo de confianza del 95% de una distribución log normal

Nivel 2: Cuando se dispone de datos del país, en particular sobre diferentes regímenes de gestión, en el Nivel 2 se pueden definir los factores de emisión específicos. Estas emisiones propias del país deberían extraerse de estudios realizados en el país o en países vecinos comparables y, de ser posible, tendrían que desglosarse por nivel de drenaje, vegetación (bosque frondoso por oposición a conífero) y fertilidad de la turba. Como hay pocos textos técnicos y los resultados son a veces contradictorios, los factores de emisión propios del país deberían obtenerse mediante un riguroso programa de mediciones. En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, pág. 4.69 de *OBP2000*, se describe una buena práctica para obtener factores de emisiones específicos de un país de las emisiones de N_2O procedentes de los suelos.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deben definirse respecto a cada país utilizando valores más precisos en lugar de valores por defecto. Como escasean las publicaciones técnicas y los resultados son a veces contradictorios, se alienta a los países a obtener factores de emisión propios del país realizando mediciones contrastadas tomando como referencia lugares forestales no drenados apropiados. Los países con condiciones medioambientales semejantes deberían intercambiar sus datos.

3a.2.2.3 ELECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad necesarios para estimar esta fuente pertenecen a la superficie de tierras forestales drenadas y rehumedecidas. En el Nivel 1, la estimación nacional de los suelos forestales drenados está estratificada según la fertilidad del suelo, ya que los valores por defecto vienen dados por suelos ricos en nutrientes y pobres en nutrientes. Los datos nacionales pueden obtenerse en los servicios que se ocupan de los suelos y de estudios de humedales; por ejemplo, para convenciones internacionales. De no ser posible realizar una estratificación según la fertilidad de la turba, los países pueden confiar en el dictamen de expertos. Los climas boreales suelen favorecer la aparición de cenagales pobres en nutrientes, en tanto que los climas templados y oceánicos suelen propiciar la formación de turberas ricas en nutrientes. El Nivel 2 podría permitir una mayor estratificación. Por ejemplo, el área también podría distinguirse mediante prácticas de gestión como

el drenaje de diferentes tipos de turba y de árbol. En el Capítulo 2 se dan orientaciones sobre los distintos procedimientos de que se dispone para clasificar las áreas de tierra.

3a.2.2.4 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Las estimaciones de las emisiones antropógenas de N_2O procedentes de los bosques son muy inciertas a causa de: a) la elevada variabilidad espacial y temporal de las emisiones; b) la escasez de mediciones durante largos períodos y su poca representatividad probable en regiones más extensas, y c) la incertidumbre respecto a la agregación espacial y la incertidumbre inherente a los factores de emisión y a los datos de actividad.

Nivel 1: La incertidumbre asociada a los factores de emisión por defecto del Nivel 1 se muestran en el Cuadro 3a.2.1.

La incertidumbre en el área de turberas forestales y su división en tipos de turba pobres en nutrientes (ombrotrófica, cenagales) y ricos en nutrientes (minerotrófica, pantanos) se calcula mejor mediante una evaluación de la incertidumbre por países. Las estimaciones actuales de áreas de turberas forestales drenadas y humedecidas en un país varían considerablemente entre distintas fuentes de datos, y pueden tener una incertidumbre del 50% o más.

Nivel 2: En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, pág. 4.69, de *OBP2000*, se describe una buena práctica para obtener factores de emisión específicos de un país.
El área de turberas forestales y su división entre tipos de turba pobre en nutrientes y rica en nutrientes requiere una evaluación de las incertidumbres específica del país, preferentemente comparando diversas fuentes de datos y aplicando estadísticas de diferentes áreas; por ejemplo, análisis de sensibilidad o de Monte Carlo (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Nivel 3: Los modelos basados en procesos probablemente ofrezcan una estimación más acorde con la realidad, pero han de calibrarse y compararse con las mediciones. Para fines de validación se necesitan mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.1, Identificación y cuantificación de las incertidumbres figuran orientaciones genéricas sobre evaluación de la incertidumbre utilizando métodos avanzados.

3a.2.3 Exhaustividad

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.3 sobre exhaustividad, en el texto principal.

3a.2.3.1 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.4 sobre elaboración de una serie temporal coherente, en el texto principal.

3a.2.4 Presentación de informes y Documentación

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.5 sobre presentación de informes y documentación, en el texto principal.

3a.2.5 Garantía de la calidad/Control de la calidad (GC/CC)

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO_2 procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.6 sobre garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios, en el texto principal.

Apéndice 3a.3 Humedales que siguen siendo humedales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

3a.3.1 Introducción

En la presente sección se desarrollan las consideraciones de la Sección 5.4.3 (Otras categorías de actividad posibles) de las *Directrices del IPCC* mediante una descripción de las metodologías que permiten estimar la variación de las reservas de carbono, así como las emisiones de CH_4 y N_2O (que pueden ser tan importantes como las emisiones de CO_2) procedentes de humedales que siguen siendo humedales. La conversión de tierras en humedales se describe en la Sección 3.5 de esta publicación.

La estimación de las emisiones de CO_2 en humedales consta de dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3a.3.1.

ECUACIÓN 3a.3.1
EMISIONES DE CO_2 EN HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES

$$\text{Emisiones de } CO_{2\,HH} = \text{Emisiones de } CO_{2\,HH\,turba} + \text{Emisiones de } CO_{2\,HH\,aneg}$$

Donde:

Emisiones de $CO_{2\,HH}$ = emisiones de CO_2 en humedales que siguen siendo humedales, en Gg de CO_2 año^{-1}

Emisiones de $CO_{2\,HH\,turba}$ = emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba (Sección 3a.3.1), en Gg de CO_2 año^{-1}

Emisiones de $CO_{2\,HH\,aneg}$ = emisiones de CO_2 emisiones de CO_2 procedentes de tierras anegadas (Sección 3a.3.2), en Gg de CO_2 año^{-1}

La estimación de las emisiones de N_2O consta de los mismos dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3a.3.2.

ECUACIÓN 3a.3.2
EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DE HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES

$$\text{Emisiones de } N_2O_{HH} = \text{Emisiones de } N_2O_{HH\,turba} + \text{Emisiones de } N_2O_{HH\,aneg}$$

Donde:

Emisiones de N_2O_{HH} = emisiones de N_2O procedentes de humedales que siguen siendo humedales, en Gg de N_2O año^{-1}

Emisiones de $N_2O_{HH\,turba}$ = emisiones de N_2O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba (Sección 3a.3.2), en Gg de N_2O año^{-1}

Emisiones de $N_2O_{HH\,aneg}$ = emisiones de N_2O procedentes de tierras anegadas (Sección 3a.3.3), en Gg de N_2O año^{-1}

En el momento actual sólo es posible proporcionar una metodología por defecto respecto de CH_4 para las tierras anegadas (Ecuación 3a.3.3):

ECUACIÓN 3a.3.3
EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES

$$\text{Emisiones de } CH_{4\,HH} = \text{Emisiones de } CH_{4\,HH\,aneg}$$

Donde:

Emisiones de $CH_{4\,HH}$ = Emisiones de CH_4 procedentes de humedales que siguen siendo humedales, en Gg de CH_4 año^{-1}

Emisiones de $CH_{4\,HH\,aneg}$ = Emisiones de CH_4 procedentes de tierras anegadas (Sección 3a.3.3), en Gg de CH_4 año^{-1}

3a.3.2 Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba

Como se indica en el Cuadro 3a.3.1 y en las Ecuaciones 3a.3.1 y 3a.3.2, por el momento sólo se indican métodos para estimar las emisiones de CO_2 y de N_2O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba.

CUADRO 3a.3.1
RESUMEN DE NIVELES PARA LOS SUELOS ORGÁNICOS GESTIONADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Variación en la biomasa viva ($\Delta C_{HH\ turba\ BV}$)	No se estima (o se supone igual a cero).	Improbable que sea significativo (véase *infra*), pero podrá estimarse si se dispone de datos específicos del país, con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.4.1.1 (Praderas, variación de las reservas de carbono en la biomasa viva).	Improbable que sea significativo (véase *infra*), pero podrá estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país, con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.4.1.1 (Praderas, Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva).
Variación en la materia orgánica del suelo ($\Delta C_{HH\ turba\ MOS}$)	Las emisiones procedentes de la extracción de turba pueden estimarse utilizando factores de emisión por defecto y datos de área.	Se estima utilizando factores más desglosados, específicos del país. Si se dispone de datos, pueden estimarse las emisiones procedentes del restablecimiento de turberas y de las existencias almacenadas.	Puede estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país.
N_2O	Las emisiones procedentes de la extracción de turba pueden estimarse utilizando factores de emisión y datos de área por defecto.	Se estima utilizando factores más desglosados específicos del país. Si se dispone de datos, pueden estimarse las emisiones procedentes de la restauración de turberas.	Puede estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país.
CH_4	No se estima por el momento.	Se estima utilizando factores específicos del país. Si se dispone de datos, pueden estimarse las emisiones procedentes de la restauración de turberas.	Podrá estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país.

3a.3.2.1 EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

La estimación de las emisiones de CO_2 procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba consta de dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3a.3.4.

ECUACIÓN 3a.3.4
EMISIONES DE CO_2 EN TIERRAS GESTIONADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\text{Emisiones de } CO_{2\ HH\ turba} = (\Delta C_{HH\ turba_{BV}} + \Delta C_{HH\ turba_{Suelos}}) \bullet 10^{-3} \bullet 44/12$$

Donde:

Emisiones de $CO_{2\ HH\ turba}$ = Emisiones de CO_2 procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba, en Gg de CO_2 año^{-1}

$\Delta C_{HH\ turba\ BV}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{HH\ turba\ Suelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año^{-1}

La variación de las reservas de carbono se convierte en emisiones de CO_2 (se espera que la Ecuación 3a.3.4 arroje una pérdida de carbono). Las emisiones se notifican como valores positivos, y las absorciones, como valores negativos (para más detalles sobre la notificación y las convenciones de signos véanse la Sección 3.1.7 y el Anexo 3A.2, Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

3a.3.2.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

En general, la parte de las emisiones que procede de la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva será pequeña en comparación con las emisiones de carbono asociadas a la materia orgánica de los suelos. Ello se debe a que normalmente la vegetación es eliminada de los suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba, aunque puede haber cierta cantidad de vegetación en las zanjas de drenaje o a lo largo de los contornos. Sin embargo, cuando se gestionan las turberas es posible que se eliminen cantidades sustanciales de vegetación, asunto que se examina en la Sección 3.5. Debido a la escasez de datos y a la importancia probablemente escasa de la variación en la biomasa de las tierras gestionadas para la extracción de turba, no se ofrecen aquí orientaciones por defecto, y podrá suponerse, en el Nivel 1, que la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en turberas gestionadas es igual a cero. Sin embargo, los países en que las turberas son una categoría esencial podrán desarrollar datos que ayuden a estimar las emisiones procedentes de la vegetación, utilizando métodos de niveles superiores basados en el criterio de expertos nacionales.

3a.3.2.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3a.3.2.1.2.1 Cuestiones metodológicas

Las emisiones de CO_2 procedentes de los suelos se producen en varias etapas en el proceso de extracción de turba, como se indica en la Ecuación 3a.3.5.

ECUACIÓN 3a.3.5
VARIACIÓN DEL CARBONO EN EL SUELO EN TIERRAS GESTIONADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{HH\ turba_{Suelos}} = (\Delta C_{HH\ turba_{Suelos,\ drenaje}} + \Delta C_{HH\ turba_{Suelos,\ extracción}} + \Delta C_{HH\ turba_{Suelos,\ almacenamiento}} + \Delta C_{HH\ turba_{Suelos,\ restablecimiento}})$$

Donde:

$\Delta C_{HH\ turba\ Suelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{HH\ turba_{Suelos,\ drenaje}}$ = variación del carbono en el suelo durante el drenado, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{HH\ turbaSuelos,\ extracción}$ = variación del carbono en el suelo durante la extracción de turba, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{HH\ turbaSuelos,\ almacenamiento}$ = variación del carbono en el suelo durante el almacenamiento de turba antes de retirarla para quemarla, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{HH\ turbaSuelos,\ restablecimiento}$ = variación del carbono del suelo por efecto de las prácticas adoptadas para restablecer tierras anteriormente cultivadas, en toneladas de C año^{-1}

En la actualidad sólo es posible proporcionar un método por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono asociadas a la extracción de turba ($\Delta C_{HH_{Suelos,\ extracción}}$), que son esencialmente emisiones causadas por una mayor oxidación de la materia orgánica del suelo en los campos de producción. Las emisiones procedentes de reservas de almacenamiento de turba y de operaciones de restablecimiento responden a mecanismos mucho menos conocidos. Con el aumento de la temperatura las existencias almacenadas pueden liberar más CO_2 que el terreno de excavación, aunque no se dispone por el momento de datos suficientes para ofrecer orientaciones. Los países pueden desarrollar métodos nacionales para estimar los otros términos de la Ecuación 3a.3.5 en niveles superiores, con lo que podrían dar cuenta también del efecto del restablecimiento de las turberas, y de la dinámica que ocasiona un aumento de las emisiones inmediatamente después del drenaje, en comparación con el período durante el que se elimina la turba.

Elección del método

El método del Nivel 1 está basado en la identificación básica de las áreas y en los factores de emisión por defecto, mientras que el método del Nivel 2 está desglosado en escalas espaciales más reducidas y utiliza factores de emisión específicos del país, siempre que se disponga de ellos. En el estado actual de la ciencia,

pocos países utilizarán métodos del Nivel 3, por lo que sólo se describirán los principales elementos de un método del Nivel 3.

Nivel 1: En el Nivel 1 se estiman sólo las emisiones asociadas directamente a la variación del carbono en los suelos durante la extracción de turba (emisiones fugitivas en los campos de producción). Las emisiones procedentes de la turba extraída quedan incluidas en las emisiones procedentes de la combustión de turba notificadas en el sector Energía. En el Nivel 1, la Ecuación 3a.3.6 se aplica en términos globales a la superficie de suelo orgánico de un país gestionado para la extracción de turba, utilizando factores de emisión por defecto.

ECUACIÓN 3a.3.6
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS GESTIONADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{HH\ turba_{Suelos,\ extracción}} = S_{turba\ ricosN} \bullet FE_{turba\ ricosN} + S_{turba\ pobresN} \bullet FE_{turba\ pobresN}$$

Donde:

$\Delta C_{HH\ turba\ Suelos,\ extracción}$ = emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba, expresadas en forma de carbono, en toneladas de C año^{-1}

$S_{turba\ ricosN}$ = superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje, en ha

$S_{turba\ pobresN}$ = superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje, en ha

$FE_{turba\ ricosN}$ = factores de emisión del CO_2 procedente de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

$FE_{turba\ pobresN}$ = factores de emisión del CO_2 procedente de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba, en toneladas de C ha^{-1} año^{-1}

Nivel 2: El Nivel 2 puede utilizarse si se dispone de datos de área y de factores de emisión específicos del país. Sería posible subdividir los datos de actividad y los factores de emisión en función de la fertilidad del suelo, del tipo de ubicación, del nivel de drenaje y del uso anterior de la tierra, por ejemplo forestal o de cultivo. Podrían incluirse también factores de emisión para subcategorías tales como las reservas de almacenamiento de turba, o las turberas drenadas y restablecidas. Además, podrían desarrollarse factores de emisión que reflejen diferencias en los niveles de emisión entre el período directamente posterior al drenaje y el período de extracción de turba.

Nivel 3: Para utilizar los métodos del Nivel 3 se necesitarían datos estadísticos sobre la superficie de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba en función del tipo de ubicación, la fertilidad, el tiempo transcurrido desde el drenaje, o el tiempo transcurrido desde el restablecimiento, que podrían combinarse con los factores de emisión apropiados y/o con modelos basados en procesos. Podrían utilizarse también estudios basados en información sobre la variación de la densidad aparente del suelo y del contenido de carbono, con el fin de detectar variaciones de las reservas de carbono en el suelo, siempre y cuando los muestreos tengan la intensidad suficiente. Tales datos podrían utilizarse también para desarrollar factores de emisión apropiados respecto del CO_2, corrigiendo las pérdidas de carbono en forma de carbono orgánico lixiviado, las pérdidas de materia orgánica muerta por escorrentía, o las pérdidas en forma de emisiones de CH_4.

Elección de factores de emisión

Nivel 1: Para aplicar el Nivel 1 se necesitan factores de emisión por defecto respecto de FE_{turba}. En el Cuadro 3a.3.2 se ofrecen factores de emisión por defecto para el Nivel 1. Estos factores son idénticos a los indicados en el Cuadro 3.5.2 (Factores de emisión e incertidumbre asociada en suelos orgánicos después del drenaje) para estimar las emisiones de CO_2 asociadas al drenaje de tierras para la extracción de turba (un tipo de conversión de la tierra descrito en la Sección 3.5). Aunque se sabe que las emisiones en el período inmediatamente posterior al drenaje serán mayores que durante la extracción de turba, no se dispone actualmente de datos suficientes para desarrollar factores de emisión por defecto específicos con respecto a esas actividades. Como ya se ha indicado, en el Nivel 2 los países podrían desarrollar factores de emisión específicos del país más desglosados, y diferenciar entre las tasas de emisión durante la conversión de las tierras en turberas y las emisiones fugitivas que se producen durante la extracción de turba.

CUADRO 3A.3.2
FACTORES DE EMISIÓN DE CARBONO EN FORMA DE CO_2 E INCERTIDUMBRE ASOCIADA EN SUELOS ORGÁNICOS DESPUÉS DEL DRENAJE

Región/Tipo de turba	Factor de emisión toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$	Incertidumbre[a] toneladas de C ha^{-1} $año^{-1}$	Referencia/Comentario [b]
Boreal y templada			
Pobre en nutrientes FE_{pobreN}	0,2	0 a 0,63	Laine y Minkkinen, 1996; Alm *et al.*, 1999; Laine *et al.*, 1996; Minkkinen *et al.*, 2002
Rica en nutrientes FE_{ricoN}	1,1	0,03 a 2,9	Laine *et al.*, 1996; LUSTRA, 2002; Minkkinen *et al.*, 2002; Sundh *et al.*, 2000
Tropical			
FE	2,0	0,06 a 6,0	Calculado a partir de la diferencia relativa entre regiones templadas (pobres en nutrientes) y tropicales en el Cuadro 3.3.5.

[a] Intervalo de datos implícitos

[b] Los valores de las regiones boreal y templada han sido obtenidos como valor medio a partir de una revisión de mediciones de parcelas emparejadas, suponiendo que los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba se han drenado sólo ligeramente. La mayoría de los datos corresponden a Europa.

En las regiones boreales predominan los pantanos pobres en nutrientes, mientras que en las regiones templadas son más habituales los marjales y cenagales ricos en nutrientes. Los países de regiones boreales que no dispongan de información sobre las áreas de turberas ricas en nutrientes y pobres en nutrientes deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas pobres en nutrientes. Los países de regiones templadas que no dispongan de tales datos deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas ricas en nutrientes. Sólo se ofrece un factor por defecto para las regiones tropicales, de modo que para los países tropicales no es necesario desglosar las áreas de turberas cuando se utilice el Nivel 1. Los valores de incertidumbre proceden de una distribución lognormal, y representan un intervalo de confianza del 95%.

Niveles 2 y 3: Para los Niveles 2 y 3 se necesitan datos específicos del país sobre prácticas de gestión como el drenaje de diferentes tipos de turba. La bibliografía es escasa, y los resultados se contradicen a veces. Se sugiere a los países que obtengan factores de emisión específicos del país a partir de mediciones, tomando como referencia ubicaciones vírgenes apropiadas. Los datos deberían compartirse entre países con condiciones medioambientales similares.

Elección de datos de actividad

Nivel 1: Un dato de actividad necesario en todos los niveles es la superficie de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba. Idealmente, en el Nivel 1 los países obtendrían datos de ámbito nacional sobre la superficie destinada a la extracción de turba. En las regiones boreales y templadas, estos datos de área tendrían que ser desglosados en función de la fertilidad del suelo para que se correspondan con los factores de emisión por defecto expuestos en el Cuadro 3a.3.2. Ese tipo de datos puede obtenerse de las estadísticas nacionales, de empresas de extracción minera de turba, o de los ministerios estatales que se ocupan de los usos de la tierra. La superficie de extracción de turba puede estimarse también a partir de estadísticas sobre la producción de turba para su uso como combustible y para usos hortícolas, cuando se conoce la tasa media de extracción a nivel nacional. Si no se dispone de este valor, puede suponerse en términos generales que la tasa de extracción es de 0,04 millones de m^3/km^2 o de 0,016 millones de t/km^2.

Si no fuera posible utilizar ninguna de estas metodologías, se podrán obtener datos por defecto sobre las superficies de turba a partir de las estimaciones de las investigaciones publicadas. En el Cuadro 1 de Andriesse (1988) figuran datos sobre la superficie de suelos orgánicos de otros países, junto con una estimación de la proporción entre las turberas tropicales y las de regiones templadas y boreales. En el Cuadro 3a.3.3 se ofrecen estimaciones aproximadas del drenaje de los humedales a escala continental. Estos datos no son necesariamente aplicables a los suelos orgánicos, y no distinguen entre los diferentes tipos de suelos. Sin embargo, pueden considerarse como una primera estimación grosera del uso de la tierra en las turberas respecto de las cuales no se dispone de datos más detallados. Pueden obtenerse datos adicionales sobre las superficies de turbera en: Andriesse (1988), Lappalainen (1996), OECD/IUCN (1996), Tarnocai *et al.* (2000), Umeda y Inoue (1996), Xuehui y Yan (1996). Se encontrarán también datos al respecto en http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/peat/peat.asp y en http://www.wetlands.org.

Niveles 2 y 3: Los países deberían evaluar la superficie total de suelo orgánico gestionado para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje o en que subsisten los efectos de operaciones anteriores de extracción de turba con el nivel de desglose necesario para los cálculos de los niveles o para la

metodología de modelización que se esté utilizando. Si fuera posible, se sugiere a los países que recuperen datos sobre las superficies de marjal y sobre el nivel de drenaje, a fin de utilizar factores de emisión por defecto más desglosados o factores específicos del país. Si se está efectuando una restablecimiento, se sugiere a los países que informen por separado de la superficie de suelos orgánicos restablecidos anteriormente gestionados para la extracción de turba, y que estimen las emisiones procedentes de las tierras destinadas a la extracción de turba.

CUADRO 3a.3.3
ESTIMACIONES DE SUPERFICIE Y USOS DE LAS TURBERAS PARA EL NIVEL 1 POR CADA 1000 HECTÁREAS

País o región	Superficie de turbera total (no gestionada + gestionada) 1000 ha	Agricultura, drenada (tierras agrícolas + praderas) 1000 ha	Bosques gestionados, drenados 1000 ha	Extracción de turba (turberas industriales) 1000 ha [a]	% en los trópicos[b]	Referencia
Europa	**95695**	**(56-65% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)**			**0**	**1, 9**
Belarús	2939	900	(pequeños)	109	0	1, 2
Dinamarca	142	140	(pequeños)	1,2	0	1, 2
Estonia	1009	130	320	258	0	1, 2
Finlandia	8920	350	3540	53	0	1, 2, 3
Francia	100	55	(pequeños)	(pequeños)	0	1, 2
Alemania	1420	210	(pequeños)	32	0	1, 2
Gran Bretaña	1754	500	500	5,4	0	1, 2
Hungría	100	80	0	0,2	0	1, 2
Islandia	1000	120	(pequeños)		0	1, 2
Irlanda	1176	90	45	82	0	1, 2
Italia	120	30		(pequeños)	0	1, 2
Letonia	669	160	50	27	0	1, 2
Lituania	352	25	190	36	0	1, 2
Países Bajos	279	250	(pequeños)	3,6	0	1, 2
Noruega	2370	190	280	2,5	0	1, 2
Polonia	1255	760	370	2,5	0	1, 2
Eslovenia	100	30	0	(pequeños)	0	1, 2
Suecia	10379	300	524	12	0	1, 2
Ucrania	1008			19	0	1, 2

CUADRO 3a.3.3 (CONTINUACIÓN)
ESTIMACIONES DE SUPERFICIE Y USOS DE LAS TURBERAS PARA EL NIVEL 1 POR CADA 1000 HECTÁREAS

País o región	Superficie de turbera total (no gestionada + gestionada) 1000 ha	Agricultura, drenada (tierras agrícolas + praderas) 1000 ha	Bosques gestionados, drenados 1000 ha	Extracción de turba (turberas industriales) 1000 ha [a]	% en los trópicos[b]	Referencia
Asia	**24446**	**(27% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas, en aumento)**				**4b, 9**
Birmania	965				100	4
China	1044-3480	135		104	30	4b, 5
Indonesia	17000-27000	400		3,6 (combustible sólo)	100	4
Iraq	1790				100	4
Japón	201				0	4b, 6
Malasia	2250-2730	500			100	4b
Papua Nueva Guinea	685				100	4b
Filipinas	104-240				100	4b
Rusia	39000-76000	700	2500	9120	0	1, 2
Corea del Sur	630				0	4b
Nueva Zelandia	165				30	8
África	**5840**	**(2% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)**				**4a, 11**
Guinea	525				100	4a
Nigeria	700				100	4a
Sudáfrica	950				100	4a
Uganda	1420				100	4a
Zambia	1106				100	4a
América del Norte	**173500**	**(56-65% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)**				**4c, 9**
Canadá[c]	111328	25	100	16	0	7
Estados Unidos Alaska: S de 49°N:	 49400 10240				 0 2,5	8
América Central y del Sur	**11222**	**(6% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)**				**4c, 9**
Brasil	1500-3500				100	4c
Chile	1047				10	4c
Cuba	658				100	4c
Guyana	814				100	4c
Honduras	453				100	4c
México	1000				100	4c
Nicaragua	371				100	4c
Venezuela	1000				100	4c

Referencias: 1 Lappalainen (1996), 2 Revisión de inventarios de humedales europeos, proyectos de informes nacionales (http://www.wetlands.org), 3 Inventario nacional, 4a-c Lappalainen y Zurek (1996), 5 Xuehui y Yan (1996), 6 Umeda y Inoue (1996), 7 Tarnocai, *et al.* (2000), 8 Andriesse (1988), 9 OCDE/UICN (1996)

[a] Extracción de turba para su uso como combustible: http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/peat/peat.asp

[b] Andriesse (1988); La definición de trópico utilizada por Andriesse (1988) es más extensa que el área habitualmente utilizada entre el Trópico de Cáncer (25º N) y el Trópico de Capricornio (25º S). Según esta definición, por ejemplo, Nueva Zelandia e Iraq no se clasificarían como tropicales.

[c] Se estima que el área total afectada por la construcción de embalses hidroeléctricos excederá de 9000 km^2.

3A.3.2.1.2.2 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: Las incertidumbres más importantes en el Nivel 1 se derivan de los factores de emisión y de las estimaciones de superficie por defecto. Los factores y parámetros de emisión se han desarrollado a partir de un número muy pequeño de datos puntuales (menos de 10), y podrían no ser representativos de grandes extensiones o zonas climáticas. La desviación estándar de los factores de emisión excede fácilmente del 100% de la media, pero es probable que las funciones de probabilidad implícitas sean no normales. Se sugiere a los países que utilicen el intervalo de error en lugar de la desviación estándar.

La superficie de turberas drenadas podría conllevar una incertidumbre de 50% en Europa y América del Norte, pero puede llegar a ser un factor de 2 en el resto del mundo. La incertidumbre en el Sureste de Asia es muy elevada, y las turberas están especialmente sometidas a presión, principalmente a causa de la urbanización y de la intensificación de la agricultura y de la silvicultura, y posiblemente también por la extracción de turba.

Nivel 2: Se sugiere a los países con importantes extensiones de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba que utilicen un método del Nivel 2 para obtener una evaluación de la incertidumbre total (véase el Capítulo 5, Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres) respecto del conjunto de aportaciones significativas a las emisiones (drenaje/rehumidificación, superficie, parámetros específicos del país).

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán, en principio, unas estimaciones más realistas, aunque deben ser calibrados y validados a partir de las mediciones. En el Capítulo 5 (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres) se ofrecen orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbre en los métodos avanzados. Dado que el drenaje de las turberas da lugar a la compactación de la turba y a la oxidación, la metodología de variación de reservas para vigilar los flujos de CO_2 puede ser imprecisa. Si se utiliza, debería calibrarse utilizando las mediciones de flujo apropiadas.

3a.3.2.2 EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DE TURBERAS DRENADAS

3a.3.2.2.1 Cuestiones metodológicas

El método para estimar las emisiones de N_2O procedentes de turberas drenadas se indica en la ecuación siguiente.

ECUACIÓN 3a.3.7
EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DE HUMEDALES DRENADOS

$$\text{Emisiones de } N_2O_{HH\ turba} = (S_{turba_{ricosN}} \bullet FE_{turba_{ricosN}} + S_{turba_{pobresN}} \bullet FE_{turba_{pobresN}}) \bullet 44/28 \bullet 10^{-6}$$

Donde:

Emisiones de $N_2O_{HH\ turba}$ = emisiones de N_2O, en Gg de N_2O año^{-1}

$S_{turba_{ricosN}}$ = superficie de suelos orgánicos drenados ricos en nutrientes, en ha

$S_{turba_{pobresN}}$ = superficie de suelos orgánicos drenados pobres en nutrientes, en ha

$FE_{turba_{ricosN}}$ = factor de emisión en suelos orgánicos de humedales drenados ricos en nutrientes, en kg de N de N_2O ha^{-1} año^{-1}

$FE_{turba_{pobresN}}$ = factor de emisión en suelos orgánicos drenados pobres en nutrientes, en kg de N de N_2O ha^{-1} año^{-1}

Elección del método

Nivel 1: El método del Nivel 1 para estimar las emisiones de N_2O procedentes de humedales drenados es similar al descrito en las *Directrices del IPCC* para los suelos agrícolas drenados, y para los suelos forestales drenados (Apéndice 3a.2, Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes del drenado y reposición de agua en suelos forestales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro), y se indica en la Ecuación 3a.3.7. La superficie de drenaje (desglosada conforme proceda) se multiplicará por el factor de emisión correspondiente. Al igual que para las tierras forestales drenadas, en el Nivel 1 se proporcionan los factores por defecto de las tierras pertenecientes a regiones templadas y boreales para los suelos pobres en nutrientes y ricos en nutrientes. Dado

que para las regiones tropicales se proporciona un único factor de emisión, no es necesario en este caso desglosar el valor en función de la fertilidad del suelo.

Nivel 2: En este Nivel, la superficie de tierras se desglosa en función de factores adicionales, como la fertilidad, el tipo de ubicación y el nivel de drenaje, y se utilizan factores de emisión específicos del país desglosados.

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán, en principio, una estimación más realista, pero deberán ser calibrados y validados a partir de las mediciones. Para validarlos se necesitarán unas mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, se ofrecen orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbre con métodos avanzados.

Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: En el Cuadro 3a.3.4 se indican factores de emisión por defecto para el Nivel 1.

CUADRO 3a.3.4
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LAS EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DE HUMEDALES

Zona climática y tipo de suelo	Factor de emisión $FE_{2\ turba}$ kg de N de N_2O ha^{-1} $año^{-1}$	Intervalo de incertidumbre* kg de N de N_2O ha^{-1} $año^{-1}$	Referencia/ Comentarios
Clima de regiones boreales y templadas			
Suelo orgánico pobre en nutrientes	0,1	0 a 0,3	Alm et *al*., 1999; Laine *et al.,* 1996; Martikainen *et al.,* 1995; Minkkinen *et al*., 2002; Regina *et al.,* 1996
Suelo orgánico rico en nutrientes	1,8	0,2 a 2,5	
Clima tropical	18	2 a 25	El valor correspondiente a las superficies tropicales se calcula a partir de la diferencia relativa entre regiones templadas y tropicales en el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. Esa misma metodología se ha utilizado en el Cuadro 3.2.2, y los órdenes de magnitud son similares.

* Los valores de incertidumbre provienen de una distribución log normal, y representan un intervalo de confianza del 95%.

Nivel 2: El Nivel 2 integra los datos específicos del país, si se dispone de ellos, y especialmente los relativos a prácticas de gestión tales como el drenaje de diferentes tipos de turba. Dado que las publicaciones son escasas y los resultados en ocasiones se contradicen, se sugiere a los países que obtengan factores de emisión específicos del país mediante mediciones contrastadas con ubicaciones vírgenes de referencia apropiadas. En el Recuadro 4.1 de *OBP2000* se ofrecen orientaciones concretas sobre la manera de obtener factores de emisión específicos del país para el N_2O (pág. 4.62).

Nivel 3: El Nivel 3 incorpora modelos que deberían validarse a partir de mediciones. Su adecuación a las condiciones específicas del país debería comprobarse.

Elección de datos de actividad

Deberían utilizarse los mismos datos de actividad para estimar las emisiones de CO_2 y de N_2O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba; en la Sección 3a.3.3.3.1 se ofrece información sobre la manera de obtener tales datos. Para los países de regiones boreales y templadas que utilizan el método del Nivel 1, los datos de superficie deberían estar estratificados en función de la fertilidad del suelo, ya que los valores por defecto proporcionados corresponden a suelos ricos en nutrientes y pobres en nutrientes. Debería ser posible obtener datos de ámbito nacional de las entidades que prestan servicios sobre el suelo, y de encuestas sobre humedales, por ejemplo para las convenciones internacionales. Si no fuera posible estratificar los datos en función de la fertilidad de la turba, los países podrían basarse en el dictamen de expertos. Los climas boreales favorecen los pantanos pobres en nutrientes, mientras que los climas templados y oceánicos favorecen la formación de turberas más ricas en nutrientes.

El Nivel 2 debería permitir una estratificación más detallada. Por ejemplo, las áreas podrían también diferenciarse en función de las prácticas de gestión, como el drenaje de diferentes tipos de turba, la fertilidad (por ejemplo, pantanos o marjales, situación en materia de nitrógeno), y el tipo de árboles. En el Capítulo 2 se ofrecen orientaciones sobre las metodologías disponibles para clasificar las áreas de tierra.

En el Nivel 3 puede ser necesaria información adicional, posiblemente georreferenciada, sobre las propiedades del suelo, la gestión y el tipo de clima, en función de los aportes a los modelos o de otras metodologías sofisticadas.

3a.3.2.2.2 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: Los factores de emisión por defecto del Nivel 1 están basados en menos de 20 conjuntos de datos emparejados, obtenidos de un número limitado de estudios centrados en las características geográficas de Europa. Por esta razón, deberían considerarse muy inciertos. La desviación estándar de los factores de emisión excede fácilmente del 100% de la media, pero las funciones de probabilidad implícitas serán probablemente no normales. En consecuencia, se indican a continuación tanto la desviación estándar del valor medio como el intervalo de datos implícitos. Dado que los datos implícitos son preliminares, se sugiere a los países que utilicen el intervalo de error en lugar de la desviación estándar. En el Cuadro 3a.3.4 se ofrecen valores de incertidumbre asociados a los factores de emisión por defecto de $FE_{2_{HH}}$ en el Nivel 1.

Para calcular la incertidumbre respecto de la superficie de turbera y su clasificación en tipos de turba pobres en nutrientes (ombotróficas, pantanos) y ricas en nutrientes (minerotróficas, marjales), lo ideal sería utilizar una evaluación de incertidumbre específica del país. En la actualidad, las estimaciones de la superficie de turberas forestales drenadas y rehidratadas de un país varían notablemente en función de las fuentes de datos, y pueden conllevar una incertidumbre del 50% o más.

Nivel 2: Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, la incertidumbre debería calcularse como parte integrante del proceso de desarrollo de los factores. En el Recuadro 4.1 de *OBP2000*, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, se ofrecen orientaciones para obtener factores de emisión específicos del país.

Para obtener la superficie de turberas y su división en tipos de turba pobres en nutrientes y ricos en nutrientes es necesaria una evaluación de incertidumbre específica del país, que puede conseguirse comparando diversas fuentes de datos y aplicando estadísticas de superficie diferentes, por ejemplo las obtenidas de análisis de sensibilidad o de Monte Carlo (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente una estimación más exacta de las emisiones, pero será necesario calibrarlos y validarlos a partir de las mediciones. Para la validación se necesitan mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, figuran orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbre.

3a.3.2.3 EXHAUSTIVIDAD

Un inventario completo debería permitir estimar las emisiones procedentes de todas las turberas industriales, incluidas las áreas de extracción minera de turba abandonadas en las que todavía hay drenaje, y las áreas drenadas para una futura extracción de turba.

3a.3.2.4 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos) se ofrecen orientaciones generales sobre la coherencia de las series temporales. El método de estimación de las emisiones debería aplicarse de manera coherente a cada año de la serie temporal, con el mismo nivel de desglose. Además, cuando se utilicen datos específicos del país, el organismo encargado del inventario nacional debería utilizar el mismo protocolo de medición (estrategia de muestreo, método, etc.). Si no fuera posible utilizar el mismo método o protocolo de medición a lo largo de toda la serie temporal, deberían seguirse las orientaciones del Capítulo 5 sobre la realización de nuevos cálculos. Podría ser necesario interpolar la superficie de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba para obtener series temporales más largas o tendencias de mayor alcance. Deberían realizarse verificaciones de la coherencia (p. ej., poniéndose en contacto con empresas de extracción minera de turba) para reunir información temporal sobre las áreas afectadas por la extracción de turba pasada o futura, y deberían explicarse las diferencias de emisión entre uno y otro año de inventario, por ejemplo evidenciando las variaciones en las áreas de turbera industrial, o mediante factores de emisión actualizados. Deberían explicarse las diferencias de emisión entre uno y otro año, por ejemplo evidenciando las variaciones en las áreas de turbera, o mediante factores de emisión actualizados.

3a.3.2.5 PRESENTACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Conviene documentar y archivar toda la información necesaria para producir las estimaciones de inventario nacionales de emisiones/absorciones, como se indica en el Capítulo 5, con sujeción a las consideraciones específicas siguientes. Las emisiones procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba no se mencionan explícitamente en las *Directrices del IPCC*, pero corresponden, en forma global, a la categoría 5E, "Otros tipos", del IPCC.

Factores de emisión: Dada la escasez de datos publicados, deberían describirse y documentarse en detalle los fundamentos científicos en que se basen los nuevos factores, parámetros y modelos de emisión específicos del país. Ello implica definir los parámetros de entrada y describir el proceso en virtud del cual se han obtenido los factores, parámetros y modelos de emisión, así como describir las fuentes de la incertidumbre.

Datos de actividad: Deberían registrarse las fuentes de todos los datos de actividad utilizados en los cálculos (fuentes de datos, bases de datos y referencias cartográficas del suelo), además (con sujeción a las consideraciones de confidencialidad que correspondan) de la comunicación con empresas que trabajen en la extracción de turba. Tal documentación debería incluir la frecuencia de recopilación de datos y de estimación, y las estimaciones de exactitud y precisión, así como las razones a que responden las variaciones importantes en los niveles de emisión.

Resultados de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones importantes de las emisiones entre un año y otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los factores de emisión, parámetros y métodos de un año a otro, y deberían documentarse las razones de esas variaciones. Si se utilizan factores de emisión, parámetros y métodos diferentes en años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones.

3a.3.2.6 GC/CC DE LOS INVENTARIOS

Deberían realizarse verificaciones de garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC), conforme se indica en el Capítulo 5 (Sección 5.5). Cabría también hacer verificaciones de control de la calidad adicionales como se indica en los procedimientos del Nivel 2 del Capítulo 8, GC/CC, de *OBP2000*, así como aplicar procedimientos de garantía de calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles superiores para cuantificar las emisiones procedentes de esa categoría de fuente. Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, éstos deberían basarse en datos experimentales de alta calidad, desarrollados mediante un programa de mediciones riguroso, y debidamente documentados.

En el momento actual, no es posible cotejar las estimaciones de emisión procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba con respecto a otros métodos de medición. Sin embargo, el organismo encargado del inventario debería asegurarse de que las estimaciones de las emisiones son objeto de un control de calidad mediante:

- Comparación de los factores de emisión específicos del país notificados con los valores por defecto y con datos de otros países;
- Comprobación de la plausibilidad de las estimaciones comparando las superficies de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba con los datos de las industrias turberas y de la producción de turba.

3a.3.3 Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas

Las tierras anegadas se definen como masas de agua reguladas por las actividades humanas para la producción de energía, el regadío, la navegación, el ocio, etc., en las que se producen variaciones sustanciales de la extensión de agua por efecto de la regulación del nivel del agua. Los lagos y ríos regulados en que el ecosistema principal antes del anegamiento era un lago río natural no se consideran tierras anegadas. Los arrozales se examinan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*.

Hay escasos datos estadísticos que sugieran que las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de tierras anegadas varían con el tiempo (Duchemin *et al.*, 1999; Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 2000 y 2002a; Keller y Stallard, 1994), aunque estudios recientes sugieren que durante los diez primeros años después del anegamiento las emisiones de CO_2 son consecuencia de la descomposición de la materia orgánica en la tierra antes del anegamiento, mientras que las emisiones posteriores de CO_2 proceden de material transferido al área anegada (S. Houel, 2002; Hélie, 2003). De confirmarse esos estudios, las emisiones de CO_2 atribuidas únicamente al anegamiento no durarían más de aproximadamente 10 años.

En esta sección se ofrece información preliminar sobre la manera de estimar las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O procedentes de tierras anegadas. Esta información se ha obtenido de investigaciones publicadas accesibles, y podría ser de utilidad para los países que desean empezar a estimar las emisiones procedentes de esa fuente. Debido al estrecho vínculo existente entre las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O y las metodologías, en esta sección se examinan esos tres gases sin establecer distinciones en cuanto a las emisiones procedentes de tierras anegadas en función de la edad del reservorio. Las emisiones procedentes de la variación de la biomasa viva sobre el suelo por efecto de la conversión en tierras anegadas se examinan en la Sección 3.5.2.2.

3a.3.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Después del anegamiento puede haber emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de tierras anegadas por las vías siguientes:

- difusión molecular a través de la interfaz aire-agua, para el CO_2, CH_4 y N_2O (emisiones difusivas);
- burbujas de CH_4 procedentes del sedimento, a través de la columna de agua (emisiones en burbujas);
- emisiones procedentes del agua al atravesar la turbina y/o por el aliviadero y la corriente de rebose (emisiones desgasificantes); y
- emisiones procedentes de la descomposición de la biomasa sobre agua[1]

Las dos primeras vías –emisiones difusivas y emisiones en burbujas– se estiman en el Nivel 1. Con respecto a los embalses hidroeléctricos, las emisiones desgasificantes, causadas por un aumento del CO_2 y del CH_4 disueltos en el agua por efecto del anegamiento y liberados a la atmósfera cuando el agua atraviesa la turbina o sale por el aliviadero (Galy-Lacaux *et al*., 1997), pueden incluirse en el Nivel 2 si se dispone de datos. En las regiones tropicales, las emisiones procedentes de la descomposición de la biomasa sobre agua pueden constituir una vía importante (Fearnside, 2002), y las emisiones correspondientes pueden estimarse en el Nivel 3. Las emisiones de CO_2 y de CH_4 procedentes de embalses varían según la estación. En las regiones boreales y templadas, el CO_2 y el CH_4 se acumularán bajo el hielo y se liberarán con el deshielo (Duchemin, 2000).

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Se describe a continuación un procedimiento para estimar las emisiones procedentes de embalses con arreglo a diversos niveles, con grados de exactitud tanto mayores cuanto más elevado es el nivel metodológico. Al examinar los distintos niveles, se abordarán cuestiones específicas con respecto a la estimación de las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O.

Nivel 1

El Nivel 1 ofrece un planteamiento simplificado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de reservorios mediante datos de emisión por defecto y datos de superficie muy totalizados. A menos que se indique otra cosa, la superficie utilizada en los cálculos del Nivel 1 será la superficie total anegada, que abarca todas las superficies cubiertas de agua antes del anegamiento, dado que por lo general no se dispone de datos de superficie en los que no se incluyan esas áreas previamente anegadas.

Emisiones de CO_2

El método de la Sección 3.5.2.2 para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva sobre el suelo por efecto de la conversión de las tierras en tierras anegadas presupone que toda la biomasa sobre el suelo es convertida en CO_2 durante el primer año posterior a la conversión. En realidad, la parte de biomasa sobre el suelo que queda en el lugar antes del anegamiento se descompondrá más lentamente. La descomposición del carbono del suelo contribuirá también a las emisiones, y la Ecuación 3a.3.8 proporciona un método del Nivel 1 en relación con este tipo de emisiones de CO_2:

[1] La biomasa sobre agua es la biomasa de los árboles no sumergidos por el anegamiento, y especialmente la ubicada en zonas anegadas poco profundas (Fearnside, 2002).

ECUACIÓN 3a.3.8
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de } CO_{2\ HH\ aneg} = P \bullet E(CO_2)_{dif} \bullet S_{aneg,\ superficie\ total}$$

Donde:

Emisiones de $CO_{2\ HH\ aneg}$ = emisiones totales de CO_2 procedentes de tierras anegadas, en Gg de CO_2 año^{-1}

P = período, en días (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anual)

$E(CO_2)_{dif}$ = emisiones difusivas diarias medias, en Gg de CO_2 ha^{-1} día^{-1}

$S_{aneg,\ superficie\ total}$ = superficie anegada total, incluidas las tierras anegadas, los lagos anegados y las crecidas de ríos, en ha

El método de estimación del CO_2 es simple: la única vía de emisiones que se estima en el Nivel 1 es la emisión difusiva durante los períodos sin hielo y con hielo. Las emisiones de CO_2 en burbujas no son importantes. El supuesto por defecto consiste en que las emisiones de CO_2 no durarían más de unos 10 años después del anegamiento.

Las emisiones de CO_2 estimadas mediante la Ecuación 3a.3.8 son muy inciertas, y dependerán de las condiciones específicas del lugar (en particular, del tipo de suelos). La Ecuación 3a.3.8 puede inducir a sobreestimar las emisiones cuando se utilice junto con la Ecuación 3.5.6 de la Sección 3.5.2.2. Si los países utilizan un método del Nivel 2, podrán representar más exactamente el perfil temporal adecuado de las emisiones de CO_2 después del anegamiento. Se ofrecen a continuación orientaciones con respecto a los métodos del Nivel 2.

Emisiones de CH_4

El método del Nivel 1 para estimar las emisiones de CH_4 procedentes de tierras anegadas incluye las vías difusiva y en burbujas (Ecuación 3a.3.9):

ECUACIÓN 3a.3.9
EMISIONES DE CH_4 PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de } CH_{4\ HH\ aneg} = P \bullet E(CH_4)_{dif} \bullet S_{aneg,\ superficie\ total} + P \bullet E(CH_4)_{burbuja} \bullet S_{aneg,\ superficie\ total}$$

Donde:

Emisiones de $CH_{4\ HH\ aneg}$ = emisiones totales de CH_4 procedentes de tierras anegadas, en Gg de CH_4 año^{-1}

P = período, en días (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anual)

$E(CH_4)_{dif}$ = emisiones difusivas diarias medias, en Gg de CH_4 ha^{-1} día^{-1}

$E(CH_4)_{burbuja}$ = emisiones en burbujas medias, en Gg de CH_4 ha^{-1} día^{-1}

$S_{aneg,\ superficie\ total}$ = superficie anegada total, incluidas las tierras anegadas, los lagos anegados y las crecidas de los ríos, en ha

Emisiones de N_2O

El método del Nivel 1 para estimar las emisiones de N_2O procedentes de tierras anegadas incluye únicamente la vía difusiva. Las emisiones de N_2O asociadas a la vía de burbujas no son importantes (Ecuación 3a.3.10):

ECUACIÓN 3a.3.10
EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de } N_2O_{\ HH\ aneg} = P \bullet E(N_2O)_{dif} \bullet S_{aneg,\ superficie\ total}$$

Donde:

Emisiones de $N_2O_{\ HH\ aneg}$ = emisiones totales de N_2O procedentes de tierras anegadas, en Gg de N_2O año^{-1}

P = período, en días (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anual)

$E_f(N_2O)_{dif}$ = emisiones difusivas diarias medias, en Gg de N_2O ha^{-1} día^{-1}

$S_{aneg,\ superficie\ total}$ = superficie anegada total, incluidas las tierras anegadas, los lagos anegados y las crecidas de los ríos, en ha

Nivel 2

Emisiones de CO_2

En el Nivel 2, las emisiones de CO_2 procedentes de los embalses pueden estimarse con arreglo a la Ecuación 3a.3.11. Las emisiones de CO_2 procedentes de tierras anegadas deberían estimarse sólo durante los primeros 10 años después del anegamiento cuando se utilicen métodos del Nivel 2 ó 3, a menos que las investigaciones específicas del país indiquen otra cosa.

Según la cantidad de datos de que se disponga, tanto las emisiones difusivas como las desgasificantes pueden estimarse en el Nivel 2. Para estimar las emisiones difusivas pueden utilizarse factores de emisión por defecto, o pueden desarrollarse factores específicos del país. Para estimar las emisiones desgasificantes son necesarios factores específicos del país. La estimación de las emisiones difusivas puede ampliarse también para diferenciar entre los períodos en que los embalses están exentos de hielo y los períodos en que están cubiertos de hielo. Se podría conseguir con ello una mejora importante de la exactitud en comparación con los países de climas más fríos. Si se dispone de los datos apropiados podrá utilizarse la superficie de las tierras anegadas en lugar de la superficie anegada total. La superficie anegada puede desglosarse por zonas climáticas.

ECUACIÓN 3a.3.11
EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 2)

$$\text{Emisiones de } CO_{2\ HH\ aneg} = (P_f \bullet E_f(CO_2)_{dif} \bullet S_{aneg,\ tierra}) + (P_i \bullet E_i(CO_2)_{dif} \bullet S_{aneg,\ tierra}) + (([CO_2]_{dis} - [CO_2]_{equ}) \bullet \text{Caudal efluente} \bullet 10^{-6}) + (([CO_2]_{aliviadero} - [CO_2]_{equ}) \bullet \text{Aliviadero} \bullet 10^{-6})$$

Donde:

Emisiones de $CO_{2\ HH\ aneg}$ = emisiones totales de CO_2 procedentes de tierras anegadas, en Gg de CO_2 $año^{-1}$

P_f = período sin hielo, en días

P_i = período con capa de hielo, en días

$E_f(CO_2)_{dif}$ = emisiones difusivas diarias medias procedentes de la interfaz aire-agua durante el período sin hielo, en Gg de CO_2 ha^{-1} $día^{-1}$

$E_i(CO_2)_i$ = emisiones difusivas vinculadas al período con capa de hielo, en Gg de CO_2 ha^{-1} $día^{-1}$

$S_{aneg,\ tierra}$ = superficie de tierra anegada, en ha

$[CO_2]_{dis}$ = concentraciones medias de CO_2 antes de llegar a las turbinas (profundidad de la toma de agua), en kg l^{-1}

$[CO_2]_{equ}$ = concentraciones medias de CO_2 disuelto corriente abajo de la presa en equilibrio con la atmósfera, en kg l^{-1}

$[CO_2]_{aliviadero}$ = concentraciones medias de CO_2 antes del aliviadero (profundidad de la toma de agua), en kg l^{-1}

Caudal efluente = caudal saliente anual medio en las turbinas por cada embalse hidroeléctrico, en l $año^{-1}$

Aliviadero = caudal saliente anual medio en el aliviadero, por cada embalse hidroeléctrico, en l $año^{-1}$

Emisiones de CH_4

El Nivel 2 puede ampliar el Nivel 1 sustituyendo los valores por defecto por factores de emisión específicos del país, reflejando las diferencias en las emisiones difusivas y de burbujas durante los períodos en que los embalses están exentos de hielo o cubiertos de hielo (para los países de las zonas climáticas "boreales, muy húmedas"), incluyendo (si se dispone de datos) las emisiones desgasificantes procedentes de caudales efluentes y de aliviaderos (en su mayoría, embalses hidroeléctricos), y corrigiendo las estimaciones de área con respecto a la superficie de tierra anegada. La superficie de tierra anegada puede desglosarse también por zonas climáticas. El Nivel 2 se describe mediante la Ecuación 3a.3.12:

ECUACIÓN 3a.3.12
EMISIONES DE CH_4 PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 2)

$$\text{Emisiones de } CH_{4\ HH\ aneg} = (P_f \bullet E(CH_4)_{dif} \bullet S_{aneg,\ tierra}) + (P_f \bullet E(CH_4)_b \bullet S_{aneg,\ tierra}) + P_i \bullet (Ei(CH_4)_{dif} + Ei(CH_4)_{burbuja}) \bullet S_{aneg,\ tierra} + (([CH_4]_{dis} - [CH_4]_{equ.}) \bullet \text{Caudal efluente} \bullet 10^{-6}) + (([CH_4]_{aliviadero} - [CH_4]_{equ}) \bullet \text{Aliviadero} \bullet 10^{-6})$$

Donde:

Emisiones de $CH_{4\ HH\ aneg}$ = emisiones totales de CH_4 procedentes de tierras anegadas, por año, en Gg de CH_4 año^{-1}

P_f = período sin hielo, en días

P_i = período con capa de hielo, en días

$E(CH_4)_{dif}$ = emisiones difusivas diarias medias procedentes de la interfaz aire-agua, en Gg de CH_4 ha^{-1} día^{-1}

$E(CH_4)_{burbuja}$ = emisiones en burbujas medias procedentes de la interfaz aire-agua, en Gg de CH_4 ha^{-1} día^{-1}

$S_{aneg,\ tierra}$ = Superficie de tierra anegada, en ha

$[CH_4]_{dis}$ = concentraciones medias de CH_4 antes de llegar a las turbinas (profundidad de la toma de agua), en kg l^{-1}

$[CH_4]_{equ.}$ = concentraciones medias de CH_4 disuelto corriente abajo de la presa o en equilibrio con la atmósfera, en kg l^{-1}

$[CH_4]_{aliviadero}$ = concentraciones medias de CH_4 antes del aliviadero (profundidad de la toma de agua), en kg l^{-1}

Caudal efluente = caudal efluente anual medio en litros en las turbinas, por cada embalse hidroeléctrico, en l año^{-1}

Aliviadero = caudal anual medio en litros en el aliviadero, por cada embalse hidroeléctrico, en l año^{-1}

Emisiones de N_2O

En el Nivel 2, el método para estimar las emisiones de N_2O procedentes de tierras anegadas es el mismo que el de la Ecuación 3a.3.10, con la diferencia de que pueden utilizarse factores de emisión específicos del país, y (cuando se disponga de datos) deberían utilizarse superficies de tierra anegadas en lugar de superficies anegadas totales.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 para estimar las emisiones del conjunto de gases son de mayor alcance y pueden incluir datos adicionales específicos del país, como las emisiones procedentes de la biomasa sobre agua. El Nivel 3 obliga a distinguir entre emisiones procedentes de la degradación de la materia orgánica sumergida y de la descomposición de la materia orgánica procedente de la cuenca.

ELECCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN

Los valores por defecto clave necesarios para aplicar el método del Nivel 1 son los factores de emisión de CO_2, CH_4 y N_2O por vía difusiva, y un factor de emisión de CH_4 por vía de burbujas. El Cuadro 3a.3.5 contiene factores de emisión por defecto para varias zonas climáticas que pueden utilizarse en el Nivel 1. Tales factores de emisión integran variaciones espaciales y temporales de las emisiones procedentes de los embalses, así como flujos en la interfaz aire-agua de ellos. Todos los datos por defecto han sido obtenidos de mediciones efectuadas en embalses hidroeléctricos o para el control de crecidas. En el Nivel 1, los factores de emisión correspondientes al período sin hielo deberían utilizarse durante todo el año.

En el Nivel 2, además de los factores anteriormente indicados se necesitan datos sobre las concentraciones de CH_4 en diversos puntos aguas arriba y abajo de la presa para estimar las emisiones desgasificantes. En la medida de lo posible, deberían utilizarse emisiones específicas del país en lugar de factores por defecto. Es previsible que se utilice una combinación de valores por defecto y factores de emisión específicos del país cuando estos últimos no reflejen en su totalidad las condiciones medioambientales y de gestión. El desarrollo de factores de emisión específicos del país se examina en el Recuadro 3a.3.1. La obtención de factores específicos del país debería documentarse claramente y, si fuera posible, aparecer en publicaciones revisadas por homólogos. Las orientaciones del Recuadro 3a.3.1 son aplicables también a la obtención de factores de emisión en el Nivel 3.

CUADRO 3A.3.5 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LOS EMBALSES				
Clima	**Emisiones difusivas (período sin hielo) E_f $(GEI)_{dif}$ (kg ha^{-1} d^{-1})**			**Referencias**
	CH_4	**CO_2**	**N_2O**	
Boreal, muy húmedo	0,11 ± 88%	15,5 ±56%	0,008 ±300%	Duchemin, 2000; Huttunen *et al.*, 2002; Schlellhase, 1994, Duchemin *et al.*, 1999
Templado, muy húmedo	0,2 ±55%	9,3 ±55%	nm	Duchemin, 2000; Duchemin 2002a, St-Louis *et al.*, 2000; Smith y Lewis, 1992
Templado cálido, seco	0,063 ± 0,032	-3,1 ±3,6	nm	Duchemin 2002b
Templado cálido, muy húmedo	0,096 ±0,074	13,2 ±6,9	nm	Duchemin 2002b
Tropical, muy húmedo	0,64 ±330%	60,4 ±145%	0,05 ±100%	Keller et Stallard, 1994; Galy-Lacaux *et al.*, 1997; Duchemin *et al.*, 2000; Pinguelli Rosa *et al.*, 2002
Tropical, húmedo-temporada seca larga	0,31 ±190%	11,65 ±260%	nm	Pinguelli Rosa *et al.*, 2002; Dos Santos, 2000
Tropical, húmedo-temporada seca corta	0,44 ±465%	35,1 ±290%	nm	Pinguelli Rosa *et al.*, 2002; Dos Santos, 2000
Tropical, seco	0,3 ±115%	58,7 ±270%	nm	Pinguelli Rosa *et al.*, 2002; Dos Santos, 2000
	Emisiones en burbujas (período sin hielo) E_f $(GEI)_{burbuja}$ (kg ha^{-1} d^{-1})			
Boreal, muy húmedo	0,29 ±160%	ns	ns	Duchemin, 2000, Huttunen *et al.*, 2002; Schlellhase, 1994
Templado frío, muy húmedo	0,14 ±70%	ns	ns	Duchemin, 2002a; St-Louis *et al.*, 2000; Smith y Lewis, 1992
Tropical, muy húmedo	2,83 ±45%	ns	ns	Galy-Lacaux *et al.*, 1997; Duchemin *et al.*, 2000; Pinguelli Rosa *et al.*, 2002
Tropical, húmedo-temporada seca larga	1,9 ±155%	ns	ns	Pinguelli Rosa *et al.*, 2002
Tropical, húmedo-temporada seca corta	0,13 ±135%	ns	ns	Pinguelli Rosa *et al.*, 2002
Tropical, seco	0,3 ±324%	ns	ns	Pinguelli Rosa *et al.*, 2002
	Emisiones asociadas al período de cubierta de hielo E_i $(GEI)_{dif}$ + E_i $(GEI)_{burbuja}$ (kg ha^{-1} d^{-1})			
Boreal, muy húmedo	0,05 ±60%	0,45 ±55%	nm	Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 2002a
ns : no significativo, nm: no medido				

ELECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones en tierras anegadas pueden ser necesarios diferentes tipos de datos de actividad, según el nivel que se utilice y la zona climática. En el Nivel 1, la superficie anegada total es necesaria en todos los casos. En el Nivel 2 hay datos de actividad adicionales, como el período en que los embalses están cubiertos o exentos de hielo en regiones boreales muy húmedas, así como los caudales del caudal efluente hidroeléctrico y los aliviaderos y superficies de tierras anegadas.

Superficie de tierra anegada

Idealmente, los datos de las superficies anegadas deberían obtenerse de los organismos nacionales. Si no se dispusiera de tales datos, en el Cuadro 3a.3.6 figura información sobre la superficie anegada total que puede utilizarse para estimar las emisiones en el Nivel 1. El Cuadro incluye solamente superficies de tierras anegadas que existían antes de 1990.

En el Nivel 2 se necesita conocer la superficie de tierra anegada para estimar las emisiones difusivas y en burbujas. Esos datos pueden frecuentemente obtenerse de empresas hidroeléctricas. También, los países pueden obtener los valores de las superficies de tierra anegadas mediante un análisis de la cuenca de drenaje, o en las bases de datos de los embalses nacionales.

CUADRO 3a.3.6
DATOS DE SUPERFICIE POR DEFECTO DE LOS EMBALSES

	ICOLD	Datos específicos del país
País	**Superficie (Mha)**	**Superficie (Mha)**
Rusia	7,32	7,96
Estados Unidos	---	6,98
Canadá	0	6,5
China	---	5,8
India	4,57	---
Brasil	0,69	3,98
Finlandia	0,73	---
Tailandia	0,71	---
Egipto	0,70	---
Australia	0,66	---
México	0,60	---
Zimbabwe	0,59	---
Venezuela	0,58	---
Turquía	0,56	---
Argentina	0,50	---
Côte d'Ivoire	0,29	---
Nueva Zelandia	0,21	---

Malik *et al.*, 2000; US Army Corps Dams Database 1996; WCD, 2001; ICOLD 1998. Environment Canada Reservoir Database (Duchemin, 2002a); Dos Santos, 2000.

Período sin capa de hielo/período con capa de hielo

En los Niveles 2 y 3, los períodos en que los embalses están exentos de hielo o cubiertos de hielo son datos necesarios para estimar las emisiones difusivas y en burbujas de CH_4. Tales datos pueden obtenerse de los servicios meteorológicos nacionales o de las empresas hidroeléctricas.

Volumen de caudal efluente/aliviadero

En el Nivel 2 hay que conocer los volúmenes de caudal efluente y del aliviadero respecto de las tierras anegadas para estimar las emisiones desgasificantes de CH_4. Estos datos pueden obtenerse de las empresas hidroeléctricas. Los flujos desgasificantes suelen ser una particularidad de los embalses hidroeléctricos.

En el Nivel 3 se necesita un mayor volumen de datos que permita introducir modelizaciones complejas de la evolución de las emisiones. Por lo general, tales datos pueden recopilarse en un inventario nacional de embalses. Tal inventario debería abarcar todo tipo de embalses, así como datos y/o información sobre los nombres, tipos, superficies, profundidades, caudal efluente, concentración de gases en los embalses antes y después de pasar por las turbinas, condiciones climáticas, pH del agua, fondo geológico, tipo de ecorregión, y coordenadas geográficas (Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 1995; Tavares de lima, 2002; Duchemin *et al.*, 1999; Duchemin, 2002a).

Concentraciones de CO_2 y de CH_4 aguas arriba y aguas abajo de las presas

En los Niveles 2 y 3, las concentraciones de CH_4 aguas arriba y aguas abajo de las presas serían un dato necesario para estimar las emisiones desgasificantes. Estos datos pueden obtenerse como se indica en Fearnside (2002), Galy-Lacaux *et al*. (1997) y Duchemin (2002b).

RECUADRO 3a.3.1
OBTENCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DEL PAÍS

En términos generales, los factores de emisión específicos del país se obtienen midiendo las emisiones por categorías de subfuente (es decir, por superficie de tierras anegadas, por edad de las tierras anegadas, o por tipos de gestión, por ejemplo hidroeléctrica, agrícola, o de regulación de agua). Los niveles de emisión varían ampliamente de un embalse a otro en función de factores tales como: superficie, tipo de ecosistemas anegados, profundidad y forma del embalse, clima local, basamento geológico, modo de funcionamiento del embalse, y características ecológicas y físicas de la cuenca fluvial represada. Las emisiones pueden variar también ampliamente de uno a otro lugar de un mismo embalse (en gran medida, en función de la variación de la profundidad, de la exposición al viento y al sol, y del crecimiento de plantas acuáticas), de un año otro, de una estación a otra e, incluso, entre el día y la noche (Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 1995; Tavares de lima, 2002; Duchemin *et al.*, 1999; Duchemin, 2002a).

Para que los factores de emisión sean representativos de las condiciones medioambientales y de gestión del país, deberían efectuarse mediciones en diferentes regiones de tierras anegadas de un país, en todas las estaciones y, si procediese, en diferentes regiones geográficas y para diferentes regímenes de gestión (Duchemin *et al.*, 1999, Duchemin *et al.*, 2002a). Una elección apropiada de las regiones o de los regímenes permitiría reducir el número de ubicaciones que habrá que muestrear para obtener una estimación de flujo fiable. Los mapas, los datos de teledetección, o una base de datos sobre los embalses pueden proporcionar una base útil para efectuar una delimitación utilizando la variabilidad de un sistema o de un paisaje. Podría haber errores de totalización si las mediciones disponibles no abarcan todas las condiciones medioambientales y de gestión de las tierras anegadas, o la variabilidad climática interanual. Los modelos de simulación validados, calibrados y bien documentados pueden ser útiles para desarrollar factores de emisión medios en base a los datos de medición (Duchemin, 2000).

Con respecto al período de frecuencia de las mediciones, la medición de las emisiones debería efectuarse durante un año completo y, preferiblemente, durante una serie de años, a fin de reflejar las diferencias en cuanto a las condiciones meteorológicas, a la variabilidad climática interanual y a la evolución de las tierras anegadas (Scott *et al.*, 1999; Duchemin, 2000; Tavares de Lima, 2002). Se encontrará una buena descripción de las técnicas de medición disponibles en Duchemin *et al.* (1995), Galy-Lacaux *et al.* (1997), Duchemin (2000), Fearnside (2002) y Duchemin *et al* (2002b).

Para conseguir factores de emisión exactos con respecto a las emisiones difusivas y en burbujas, habría que observar a lo largo del tiempo ubicaciones representativas de factores que pudieran influir en la variabilidad anual e interanual de las emisiones. Algunos de esos factores son la profundidad y la variación del nivel de agua, la temperatura del agua, y la velocidad del viento. Los factores de emisión desgasificante pueden variar con la temperatura del agua, circunstancia que debería medirse aguas arriba de las turbinas y aguas abajo de la presa, de modo que pueda establecerse la correlación para los métodos de los niveles superiores.

La frecuencia de medición debería ser coherente con la frecuencia de los factores que influyen en la variabilidad anual e interanual. Es probable que las emisiones varíen de una región geográfica a otra, especialmente entre diferentes ecorregiones, zonas climáticas y basamentos geológicos.

En general, los factores de emisión se determinan a partir del valor medio de las emisiones en ubicaciones representativas. Para ello, habrá que tener en cuenta la importancia de cada zona geográfica y de cada período estacional en relación con el país.

3a.3.3.2 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Las dos fuentes de incertidumbre mayores al estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de embalses se derivan de los factores de emisión a lo largo de las distintas vías (difusiva, en burbujas y desgasificante) y a las estimaciones de superficie de los embalses.

Factores de emisión: La media diaria de las emisiones difusivas, obtenida de mediciones *in situ*, varía en un orden de magnitud para el CH_4, y en un factor de 5 para el CO_2 y el N_2O (Cuadro 3a.3.4). Además, la media diaria de las emisiones en burbujas de CH_4 varía en más de un orden de magnitud. La utilización de mediciones por defecto para diferentes tipos de embalses y en otras regiones conllevará también incertidumbres. Además, la mayoría de las mediciones de flujo para los gases de efecto invernadero se realizan en embalses hidroeléctricos, de manera que los otros tipos de embalse no están incluidos en la estimación de las emisiones por defecto.

Superficie de tierra anegada: Debería disponerse de información sobre la superficie anegada que permanece en los embalses de mayor tamaño, con una probabilidad de incertidumbre muy pequeña. Sin embargo, puede ser más difícil obtener información sobre la superficie de tierra anegada y la probabilidad de incertidumbre será algo mayor especialmente en los países que carecen de grandes embalses o que sólo tienen un pequeño número de embalses hidroeléctricos. Puede ser también difícil obtener información detallada sobre la ubicación, el tipo y la función de las presas menores, aunque es posible realizar inferencias estadísticas basándose en la distribución de tamaños de los embalses cuyos datos se conocen. Además, los embalses responden a diversos fines, lo cual, a su vez, influye en la disponibilidad de datos.

3a.3.3.3 EXHAUSTIVIDAD

Un inventario completo debería abarcar todas las tierras anegadas. Se sugiere mantener una contabilidad completa de las superficies, estratificadas en función de los climas y zonas de ecosistema principales, y en función de sus fines.

3a.3.3.4 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En la Sección 5.6 se dan orientaciones generales sobre la coherencia de las series temporales (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos). El método de estimación de las emisiones debería aplicarse de manera coherente a cada uno de los años de la serie temporal, con el mismo nivel de desglose. Además, cuando se utilicen datos específicos del país, el organismo encargado del inventario nacional debería utilizar los mismos protocolos de medición (estrategias de muestreo, métodos, etc.). Si no fuera posible utilizar un mismo método o protocolo de medición a lo largo de la serie temporal, deberían seguirse las orientaciones del Capítulo 5 sobre la realización de nuevos cálculos. Deberían explicarse las diferencias en las emisiones de gases de efecto invernadero de un año de inventario a otro, por ejemplo evidenciando las variaciones en las áreas de tierras anegadas, o utilizando factores de emisión actualizados. Deberían realizarse comprobaciones de la coherencia (p. ej., contactando con empresas hidroeléctricas) a fin de reunir información temporal sobre las áreas afectadas por anegamientos anteriores o futuros.

3a.3.3.5 PRESENTACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Sería apropiado documentar y archivar toda la información necesaria para obtener las estimaciones de los inventarios nacionales. La información adicional siguiente es particularmente importante para documentar esa categoría de fuentes:

Factores de emisión: Deberían indicarse las fuentes de los factores de emisión y de los parámetros utilizados (es decir, los valores por defecto del IPCC u otros). Si se han utilizados factores de emisión y parámetros específicos del país o de la región, y si se han utilizado también métodos nuevos (distintos de los métodos por defecto del IPCC), el fundamento científico de estos factores de emisión, parámetros y modelos debería estar bien documentado. Para ello, habrá que definir los parámetros de aporte y describir el proceso mediante el cual se han obtenido los factores de emisión, los parámetros y los modelos, así como las fuentes y la magnitud de las incertidumbres.

Datos de actividad: Las fuentes de todos los datos de actividad utilizados para los cálculos deberían estar documentadas (es decir, habría que indicar con detalle las bases de datos estadísticos de las que se han obtenido, y ponerse en contacto con empresas del sector). Cuando no se disponga de datos de actividad directamente de las bases de datos o cuando se combinen varios conjuntos de datos, deberían describirse la información, los supuestos y los procedimientos utilizados para obtener los datos de actividad. Tal documentación debería incluir la frecuencia de recopilación y de estimación de los datos, así como estimaciones de grado de exactitud y de precisión.

Resultados de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones importantes de las emisiones entre un año y otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los factores de emisión, parámetros y métodos de un año a otro, y deberían documentarse las razones de esas

variaciones. Si se utilizan factores de emisión, parámetros y métodos diferentes en años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones.

3a.3.3.6 GC/CC DEL INVENTARIO

Sería apropiado efectuar verificaciones de garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) como se indica en el Capítulo 5 (Sección 5.5), y someter a revisiones por expertos las estimaciones de emisión. Dada la escasez de datos, tales revisiones deberían efectuarse con regularidad, a fin de reflejar nuevos resultados de las investigaciones. Cabría también hacer verificaciones de control de la calidad adicionales, como se indica en los procedimientos del Nivel 2, Capítulo 8, GC/CC, de *OBP2000*, así como aplicar procedimientos de garantía de la calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles superiores para cuantificar las emisiones procedentes de esa categoría de fuente. Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, éstos deberían basarse en datos experimentales de alta calidad, desarrollados mediante un programa de mediciones riguroso, y debidamente documentados.

En el momento actual no es posible cotejar con mediciones externas las estimaciones de las emisiones procedentes de tierras anegadas. Sin embargo, el organismo encargado del inventario debería asegurarse de que las estimaciones de las emisiones son objeto de un control de la calidad mediante:

- Comparación de los factores de emisión específicos del país notificados con los valores por defecto y con datos de otros países;
- Comparación de las áreas de tierras anegadas con datos de las empresas hidroeléctricas, con la base de datos de la Comisión Internacional de Grandes Presas, y con los datos enviados para los inventarios de seguridad física de las presas nacionales.

Apéndice 3a.4 Asentamientos: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

En el Apéndice 3a.4 se expone un método básico para estimar las emisiones y absorciones de carbono por los árboles de los asentamientos. Esta categoría de uso de la tierra se examinó en el Manual de referencia de las *Directrices del IPCC*, en la Sección 5.2 (Variación de las reservas en la biomasa de los bosques y en otra biomasa boscosa). Esta metodología abarca la subcategoría de variación de las reservas de carbono en la biomasa viva. Por el momento no se dispone de información suficiente para desarrollar una metodología básica con los datos por defecto para estimar la contribución de la materia orgánica muerta y de los suelos a las emisiones y absorciones de CO_2 en asentamientos.

3a.4.1 Asentamientos que siguen siendo asentamientos

La categoría de asentamientos que siguen siendo asentamientos abarca todo tipo de formaciones de árboles urbanos, principalmente en calles, jardines o parques, o en tierras que han sido utilizadas como asentamientos (por ejemplo, áreas funcional o administrativamente asociadas a ciudades, pueblos, etc.) desde el último período de recopilación de datos. Las emisiones y absorciones de CO_2 en esta categoría se estiman mediante una sola subcategoría de variación de las reservas de carbono en la biomasa, como se resume en la Ecuación 3a.4.1.

ECUACIÓN 3a.4.1
ECUACIÓN RESUMIDA DE LA VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN ASENTAMIENTOS QUE SIGUEN SIENDO ASENTAMIENTOS

$$\Delta C_{AA} = \Delta C_{AA_{BV}}$$

Donde:

ΔC_{AA}= variación de las reservas de carbono en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

$\Delta C_{AA_{BV}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

3a.4.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

3A.4.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Al estimar las emisiones asociadas a los asentamientos, se supondrá que la variación de las reservas de carbono se produce sólo en la biomasa arbórea. La variación de las reservas de carbono en la biomasa arbustiva no se considerará, dado que son escasos los datos sobre la vegetación arbustiva. Sin embargo, si hubiera datos de actividad y valores de parámetros para las especies de arbustos, su efecto sobre las emisiones y absorciones de CO_2 podrá estimarse utilizando un método del Nivel 2 o del Nivel 3. Tampoco se considerarán las plantas de césped u ornamentales de los parques y jardines, dado que no se dispone de información suficiente.

Se dispone de pocos datos para estimar la absorción de carbono por los árboles de los asentamientos. Novak y Crane (2002) han estimado en 23 millones de toneladas de C año^{-1} la absorción de carbono por los árboles de los asentamientos en los Estados Unidos. Si se exceptúa una evaluación de la capacidad de sumidero de los árboles urbanos en Sydney (Brack, 2002), no existen estudios similares para otras regiones del mundo. Los métodos descritos en esta sección están basados en investigaciones realizadas principalmente en ciudades de los Estados Unidos. Son útiles como primera aproximación para evaluar las emisiones y absorciones netas de CO_2 por los árboles urbanos. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que se necesitan datos adicionales para otras regiones, con objeto de desarrollar un método totalmente generalizado.

El método general permite estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa como consecuencia del crecimiento de los árboles, descontando las pérdidas de reservas de carbono en la biomasa por efecto de la poda y de la mortalidad. En función de la magnitud del crecimiento y de las pérdidas, la variación resultante anual media de las reservas de carbono en la biomasa viva pueden ser positivas o negativas.

Este método se indica en la Ecuación 3a.4.2.

ECUACIÓN 3a.4.2
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA EN ASENTAMIENTOS QUE SIGUEN SIENDO ASENTAMIENTOS

$$\Delta C_{AA_{BV}} = \Delta C_{AA_C} - \Delta C_{AA_P}$$

Donde:

$\Delta C_{AA_{BV}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

ΔC_{AA_C} = variación de las reservas de carbono por efecto del crecimiento de la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

ΔC_{AA_P} = variación de las reservas de carbono por efecto de las pérdidas de biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

3a.4.1.1.1.1 Elección del método

En función de la disponibilidad de datos apropiados, podrá utilizarse cualquiera de los niveles descritos a continuación. Ambos están basados en la misma metodología (crecimiento menos pérdidas) de la Sección 3.2.1.1, tal como se indica en la Ecuación 3a.4.2.

Nivel 1: En el Nivel 1 existen dos opciones para estimar las variaciones de la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos. En el Nivel 1a se utiliza la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie de la cubierta de copas como factor de absorción, y en el Nivel 1b se utiliza la variación de las reservas de carbono por número de árboles como factor de absorción. El método elegido dependerá de la disponibilidad de datos de actividad.

Nivel 1a: Método de la superficie de la cubierta de copas

Este método está representado en la Ecuación 3a.4.3A, y debería utilizarse cuando se disponga de datos sobre la superficie total de la cubierta de copas en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

ECUACIÓN 3a.4.3A
CRECIMIENTO DE LA BIOMASA ANUAL BASADO EN LA SUPERFICIE TOTAL DE LA CUBIERTA DE COPAS

$$\Delta B_{AA_C} = (S_{COPAS} \bullet CCOP)$$

Donde:

ΔB_{AA_C} = crecimiento de la biomasa anual en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

S_{COPAS} = superficie total de la cubierta de copas, en ha

CCOP = tasa de crecimiento basada en la superficie de la cubierta de copas, en toneladas de C (ha de cubierta de copas)$^{-1}$ año^{-1}

Este método puede aplicarse en tres etapas:

Etapa 1: Estimar la superficie total de la cubierta de copas en todos los asentamientos que siguen siendo asentamientos.

Etapa 2: Multiplicar la superficie total de la cubierta de copas por el factor de absorción por defecto apropiado de CCOP (véase la Sección 3a.4.1.1.1.2) para obtener ΔB_{AA_C}.

Etapa 3: Utilizar la estimación de ΔB_{AA_C} en la Ecuación 3a.4.2. Además, establecer $\Delta B_{AA_P} = 0$ si la edad media de la población de árboles es inferior o igual a 20 años; en otro caso, suponer que $\Delta B_{AA_C} = \Delta B_{AA_P}$ (véase la Sección 3a.4.1.1.1.2).

Nivel 1b: Método de la tasa de crecimiento de árboles

Este método está representado en la Ecuación 3a.4.3B, y debería utilizarse cuando se disponga de datos sobre el número de árboles por clases de especies genéricas en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

ECUACIÓN 3a.4.3B
CANTIDAD ANUAL DE CRECIMIENTO DE LA BIOMASA, BASADA EN EL NÚMERO DE ÁRBOLES, POR CLASES DE ESPECIES GENÉRICAS

$$\Delta B_{AA_C} = \sum_{i=1}^{n} (NA_i \bullet C_{Tasa_i})$$

Donde:

ΔB_{AA_C} = crecimiento de la biomasa anual en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año^{-1}

NA_i = número de árboles de la clase de especies genérica *i*;

C_{Tasa_i} = tasa media anual de acumulación de carbono por árbol de la clase de especies genérica *i*, en toneladas de C año^{-1} · (número de árboles)$^{-1}$

CUADRO 3A.4.1
VALOR POR DEFECTO EN EL NIVEL 1b DEL VALOR MEDIO DE ACUMULACIÓN ANUAL DE CARBONO POR ÁRBOL (EN TONELADAS DE C AÑO^{-1}) EN ÁRBOLES URBANOS, POR CLASES DE ESPECIES

Clase de especies genérica	Valor por defecto de la acumulación anual de carbono por árbol (en toneladas de C año^{-1})
Álamo	0,0096
Arce de tronco blando	0,0118
Madera dura (varias)	0,0100
Arce de madera dura	0,0142
Enebro	0,0033
Cedro/alerce	0,0072
Abeto Douglas	0,0122
Abeto/falso abeto	0,0104
Pino	0,0087
Pícea	0,0092
Fuente: D. Nowak (2002; comunicación personal)	

Este método puede aplicarse en cuatro etapas:

Etapa 1: Para cada clase de especies genérica, estimar el número de árboles en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

Etapa 2: Multiplicar cada estimación por la tasa apropiada de variación de carbono por árbol, para obtener la cantidad de carbono absorbido.

Etapa 3: Sumar las cantidades de carbono absorbidas por cada clase de especies genérica para todas las clases presentes en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

Etapa 4: Utilizar la estimación de ΔB_{AA_C} en la Ecuación 3a.4.2. Además, establecer $\Delta B_{AA_P} = 0$ si la edad media de la población de árboles es inferior o igual a 20 años; en otro caso, suponer que $\Delta B_{AA_C} = \Delta B_{AA_P}$ (véase la Sección 3a.4.1.1.1.2).

Nivel 2: En el Nivel 2 pueden utilizarse, junto con los factores de absorción específicos del país (CCOP o C_{Tasa_i}), las ecuaciones básicas enunciadas en los Niveles 1a y 1b. Además de basarse en datos específicos del país, los métodos del Nivel 2 pueden desglosar los asentamientos por regiones climáticas, con objeto de aplicar a los datos unos factores de absorción más pormenorizados. Debería estimarse explícitamente la pérdida de biomasa (ΔB_{AA_P}), en lugar de apoyarse en supuestos por defecto. En niveles superiores, las estimaciones de la variación

de las reservas de carbono en los asentamientos pueden contener también subcategorías adicionales, como la biomasa bajo el suelo, la materia orgánica muerta o la materia orgánica del suelo.
Dado el carácter preliminar de esta metodología, no se ofrece un método explícito para el Nivel 3. Sin embargo, los países pueden optar por desarrollar metodologías de estimación de orden superior, siempre y cuando conlleven una mayor certidumbre en la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en los asentamientos.

3a.4.1.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

En el Nivel 1a, el factor de absorción es el término CCOP de la Ecuación 3a.4.3A. Si se utiliza el Nivel 1a, habrá que aplicar un valor por defecto de CCOP de 2,9 toneladas de C (ha de cubierta de copas)$^{-1}$ año^{-1}. Esta estimación está basada en una muestra de ocho ciudades de los Estados Unidos, con valores que oscilan entre 1,8 y 3,4 toneladas de C (ha de cubierta de copas)$^{-1}$ año^{-1} (Nowak, 2002).

En el Nivel 1b, el factor de absorción es C_{Tasai} en la Ecuación 3a.4.3B. Si se utiliza el Nivel 1b, se aplicarán los valores por defecto del Cuadro 3a.4.1 respecto de las tasas de acumulación de carbono para cada clase de especies genérica. Estas estimaciones están basadas en diversas ecuaciones alométricas y en datos directos limitados procedentes de áreas urbanas de los Estados Unidos.

En niveles superiores, los países deberían desarrollar factores de emisión adecuados a las circunstancias nacionales. Podrán utilizarse tasas por unidad de superficie o individualizadas. Las tasas de absorción específicas del país deberían estar basadas en las zonas climáticas predominantes y en las especies de árboles de las áreas de asentamientos de un país. Si se desarrollan tasas de absorción específicas del país para las estimaciones de materia seca de biomasa, las tasas deberían convertirse en unidades de carbono utilizando una fracción de carbono (FC) por defecto de 0,5 toneladas de carbono por tonelada de materia seca, o la fracción de carbono que se considere más apropiada para los datos específicos del país.

El valor por defecto $\Delta B_{AAP} = 0$ está basado en el supuesto de que los árboles urbanos son sumideros netos de carbono cuando crecen activamente, y en que el período activo de crecimiento es de aproximadamente 20 años, en función de la especie de árbol, de la densidad de la plantación, y de la ubicación (p. ej., árboles plantados a lo largo de avenidas o de parques, en lugares umbríos o soleados, etc.). Aunque las condiciones de crecimiento en parques y jardines sean buenas, se supondrá que el crecimiento y el estado de salud de los árboles más antiguos se deteriorará progresivamente a lo largo del tiempo debido a la dureza de las condiciones urbanas (p. ej., niveles de radiación relativamente bajos, contaminación del aire). Por consiguiente, el método está basado en el supuesto de que la acumulación de carbono en la biomasa disminuye con la edad y, por lo tanto, para los árboles de más de 20 años de edad se supondrá que los aumentos de carbono en la biomasa estarán compensados por las pérdidas causadas por la poda y la mortalidad. En términos conservadores, esto se expresa mediante $\Delta B_{AA_C} = \Delta B_{AA_P}$.

En niveles superiores, los supuestos con respecto a ΔB_{AAP} deberían evaluarse y modificarse para adecuarlos más a las circunstancias del país. Por ejemplo, los países pueden tener información sobre las pérdidas de carbono en función de la edad y/o específicas de la especie para los árboles de los asentamientos. En tal caso, los países deberían desarrollar un término de pérdida, y documentar los recursos y criterios utilizados para ello.

3a.4.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad necesarios para aplicar un método del Nivel 1 son S_{COPAS}, es decir, la superficie de la cubierta de copas, o bien NA_i, es decir, el número de árboles de las clases de especies genéricas. En el Nivel 1a, los valores de superficie de la cubierta de copas (S_{COPAS}) pueden obtenerse mediante fotografías aéreas de áreas urbanas, con ayuda de personal especializado en la interpretación de imágenes, del muestreo de imágenes y de las mediciones de superficie (Nowak *et al.*, 1996). La cubierta de copas se define típicamente como el porcentaje de terreno cubierto por una proyección vertical del perímetro más externo de la extensión natural del follaje de las plantas. Es importante señalar que en la Ecuación 3a.4.3A se utiliza un término de superficie y no un valor porcentual. Para utilizarlo en la Ecuación 3a.4.3A, el porcentaje de cubierta de copas debería convertirse en un valor de superficie total multiplicando el valor porcentual de la cubierta de copas por la superficie total de árboles.

En el Nivel 1b, los registros de las poblaciones de árboles, desglosados en especies o en clases de especies genéricas, podrán obtenerse de los organismos municipales responsables de la vegetación urbana, o mediante métodos de muestreo.

En el Nivel 2, los datos de la población de árboles, desglosados en especies o en clases de especies genéricas, podrán obtenerse mediante un muestreo apropiado. A tal fin es posible adaptar los métodos de muestreo de área descritos en el Capítulo 5, Sección 5.3 (Muestreo).

3a.4.1.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Hay dos fuentes principales de incertidumbre con los métodos básicos: la incertidumbre respecto de los factores de absorción, y la incertidumbre respecto de los datos de actividad. El factor de absorción por defecto del Nivel 1a, CCOP, tiene una incertidumbre de ±50% de la media. Los valores por defecto indicados para los factores de absorción del Nivel 1b tienen una incertidumbre general de ±30% de la media, sobre la base del dictamen de expertos. Los países necesitarán evaluar la incertidumbre de las estimaciones de superficie o del número de árboles utilizadas en los Niveles 1a ó 1b. Los datos de actividad de cada uno de los niveles metodológicos tienen en común el valor de la incertidumbre asociada a la delimitación de los asentamientos. Ese valor influye en los tamaños relativos de los tipos de uso de las tierras urbanas (p. ej., usos comerciales, residenciales, parques, etc.), que difieren en cuanto a la población de árboles y a la extensión de las superficies pavimentadas y construidas. La incertidumbre respecto de los datos de actividad dependerá del método utilizado para estimar la superficie de la cubierta de copas. La mayoría de los métodos están basados en la interpretación de fotografías aéreas, pero difieren en los métodos utilizados para muestrear tales fotografías. La incertidumbre relativa de las estimaciones de superficie de la cubierta de copas puede variar, en términos conservadores, entre ±5% y ±20% de la estimación media. La incertidumbre en los datos de actividad (número de árboles en cada clase de especies genérica) se deriva principalmente de los métodos de muestreo utilizados para estimar el tamaño de la población de árboles. Una estimación de incertidumbre conservadora oscilaría entre ±15% y ±25% del valor del número de árboles.

Las orientaciones generales para identificar, cuantificar y combinar las incertidumbres figuran en el Capítulo 5, Sección 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

3a.4.2 Exhaustividad

Para asegurar la exhaustividad de las estimaciones de emisión y absorción en asentamientos, es necesario incluir todos los asentamientos de un país o, al menos, aquellos cuyo tamaño excede de determinado umbral, así como las estimaciones de la totalidad de gases de efecto invernadero y de fuentes y sumideros relativos a los asentamientos.

En la actualidad, el desarrollo de una estimación completa de la variación de las reservas de carbono para esa categoría de uso de la tierra está limitado por la falta de estudios de ámbito mundial que proporcionen métodos de cuantificación y datos de parámetros por defecto. Sin embargo, dado que en la mayoría de los organismos municipales se dispone de datos, los métodos y metodologías expuestos anteriormente deberían permitir una contabilidad bastante completa de la variación de los depósitos de carbono en los asentamientos.

3a.4.3 Elaboración de una serie temporal coherente

En el Capítulo 5, Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos) se ofrecen orientaciones para la elaboración de series temporales coherentes. Para desarrollar una serie temporal coherente respecto de la categoría de asentamientos que siguen siendo asentamientos se debería tratar de hacer un inventario periódico de los árboles de los asentamientos. Tal inventario podría hacerse anualmente, o por otros períodos fijos, y abarcaría, además del número de especies, una medición del tamaño de los árboles, por ejemplo en términos del diámetro medido a la altura del pecho (dbh), de modo que se pueda estimar el crecimiento a lo largo de múltiples períodos de muestreo. Deberían ser también objeto de atención las pérdidas de biomasa por poda y mortalidad, idealmente mediante un inventario periódico de los árboles de los asentamientos.

3a.4.4 Presentación de informes y documentación

Los países deberían documentar, en los cuadros de notificación, las estimaciones de las emisiones y absorciones por la biomasa de los asentamientos que siguen siendo asentamientos. La variación de las reservas de carbono (en toneladas de C año^{-1}), así como las emisiones/absorciones de CO_2 (en Gg de CO_2 año^{-1}), deberían incluirse en los cuadros de notificación. Es esencial señalar que, por convención, la variación de las reservas de carbono es positiva cuando aumentan las reservas de carbono de los depósitos terrestres, y negativa cuando disminuyen. En cambio, para las emisiones/absorciones de CO_2 se aplica la regla contraria. En la Sección 3.1.7, Notificación, y en el Anexo 3A.2, Cuadros de notificación, se ofrecen más orientaciones sobre las convenciones en cuanto a los signos.

A los efectos de una notificación transparente, y para facilitar un mayor afinamiento de las estimaciones del inventario, los países deberían documentar detenidamente las decisiones adoptadas y los planteamientos

utilizados para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 en los asentamientos. A tal fin, los países deberían examinar los puntos siguientes cuando preparen su documentación:

- Nombre y ubicación geográfica de cada asentamiento;
- Nombre de la fuente (o fuentes) de los datos de actividad, o de los datos que han permitido obtenerlos;
- Métodos utilizados para obtener datos de actividad;
- Criterios utilizados para incluir especies de árboles en las clases de especies genéricas indicadas en el Cuadro 3a.4.1;
- Factores y/o coeficientes utilizados para ajustar el valor medio de la acumulación anual de carbono por árbol al crecimiento en condiciones urbanas, si procede;
- Fuente (o fuentes) de las ecuaciones de crecimiento y de los métodos utilizados para combinarlos, y para obtener valores de parámetros diferentes de los indicados en el presente apéndice;
- Métodos de muestreo y modelos utilizados para desarrollar tasas de acumulación de carbono específicas del país;
- Descripción de los métodos utilizados para delimitar las áreas de asentamientos; y
- Resultados del análisis de la tendencia temporal de los registros de emisión anteriores, justificación de los nuevos cálculos, y procedimientos utilizados a tal fin. Deberían explicarse todas las oscilaciones importantes en los valores de la serie. Para las orientaciones generales, véase el Capítulo 5.

La documentación precedente debería archivarse adecuadamente para utilizarla como referencia en el futuro.

3a.4.5 Garantía de la calidad/control de la calidad de los inventarios

Es aconsejable realizar verificaciones de control de calidad como se indica en el Capítulo 5, Sección 5.5 (Garantía de la calidad y control de la calidad), y suplementar la GC/CC general aplicada al procesamiento, al tratamiento y a la notificación de los datos conforme se indica en el Capítulo 5 con procedimientos específicos de la fuente, y particularmente el examen de los parámetros, las ecuaciones y los cálculos utilizados para estimar los valores de emisión. Las estimaciones del inventario, así como los valores de todos los parámetros y factores de emisión importantes, deberían ser revisados por especialistas externos (particularmente, expertos en silvicultura urbana), así como por las partes interesadas.

Referencias

3.1 INTRODUCCIÓN

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OECD/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japón.

3.2 TIERRAS FORESTALES

Andreae M.O., y Merlet P. (2002). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, 15 (4): págs. 955 a 966.

Bernoux M., Carvalho M. da CS, Volkoff B., Cerri C.C., Carvalho M. da CS. (2002). Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), págs. 888 a 896.

Bhatti J.S., Apps M.J., y Jiang H. (2001). Examining the carbon stocks of boreal forest ecosystems at stand and regional scales. In: Lal R. et al. (eds.) Assessment Methods for Soil Carbon, Lewis Publishers, Boca Raton FL. págs. 513 a 532.

Brown S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO-Forestry-Paper 134. Forest Resources Assessment Publication, págs. 55.

Brumme R., Borken W., y Finke S. (1999). Hierarchical control on nitrous oxide emission in forest ecosystem. *Global Biogeochemical Cycles*, 13: págs. 1137 a 1148.

Butterbach Bahl K., Breuer L., Gasche R., Willibald G., y Papen H. (2002). Exchange of trace gases between soils and the atmosphere in Scots pine forest ecosystems of the northeastern German lowlands. 1. Fluxes of N2O, NO/NO2 and CH4 at forest sites with different N-deposition. *Forest Ecology and Management*, 167: págs. 123 a 134.

Chojnacky D.C. y Heath L.S. (2002). Estimating down deadwood from FIA forest inventory variables in Maine. *Environmental-Pollution*, 116: Suppl. 1 : S25-S30.

Conen F., Dobbie K.E., y Smith K.A. (2000). Predicting N_2O emissions from agricultural land through related parameters. *Global Change Biology*, 5: págs. 471 a 426.

Crutzen P.J., y Andreae M.O. (1990). Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science*, 4988: págs. 1669 a 1678.

Obale-Ebanga F., Sevink J., de Groot W., y Nolte C. (2003). Myths of slash and burn on physical degradation of savannah soils: Impacts on Vertisols in North Cameroon. Soil-Use and Management,19 (1) : págs. 83 a 86.

Dixon R.K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., y Wisniewski J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263(1544): págs. 185 a 190.

Hay G.J., Marceau D.J., Dube P., y Bouchard A. (2001). A multi-scale framework for landscape analysis: Object-specific analysis and upscaling. *Landscape-Ecology*, 16: págs. 471 a 490.

Duvall M.D., y Grigal D.F. (1999). Effects of timber harvesting on coarse woody debris in red pine forests across the Great Lakes states, USA. *Canadian Journal of Forest Research* 29 (12): págs. 1926 a 1934.

Food y Agriculture Organisation (FAO) (2001). Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report. Forestry Paper 140, FAO, Rome: págs. 479.

FAO (1995). Forest Resources Assessment 1990: Global Synthesis. Forestry Papers 124, FAO, Roma: págs. 44.

Filipchuk A.N., Strakhov V.V., Borisov B.A. *et al*. (2000). Breve descripción nacional sobre el sector forestal y los productos de madera: Federación de Rusia. CEPE de las NU, FAO. Nueva York, Ginebra. ECE/TIM/SP/18 (en ruso): págs. 94.

Fisher R.F. y Binkley D. (2000). Ecology and management of forest soils. John Wiley & Sons. New York: págs. 489.

Harmon M.E. y Marks B. (2002). Effects of silvicultural practices on carbon stores in Douglas-fir-western hemlock forests in the Pacific Northwest, USA: results from a simulation model. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (5): págs. 863 a 877.

Harmon M. E., Krankina O.N., Yatskov M., y Matthews E. (2001). Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data. In: Lai, R., J. Kimble, B. A. Stewart (eds.). Assessment Methods for Soil Carbon, CRC Press, Nueva York, págs. 533 a 552.

Hoover C.M., Birdsey R.A., y Heath L.S. (2000). How to estimate carbon sequestration on small forest tracts. *Journal Forestry*, 98 (9): págs. 13 a 19.

Houghton R.A. (1999). The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land-use 1850-1990. *Tellus*, 51B: págs. 298 a 313.

Ilic J., Boland D., McDonald M., Downes G., y Blakemore P. (2000). Woody density Phase 1 – state of Knowledge. National Carbon Accounting System, Technical Report No 18. Australian greenhouse Office.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds).). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OECD/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Jackson R.B., Banner J.L., Jobbagy E.B., Pockman W.T., y Wall D.H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plan invasion of grasslands. *Nature*, 418: págs. 623 a 626.

Jobbagy E.G., y Jackson R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 19(2): págs. 423 a 436.

Johnson D.W., y Curtis P.S. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140: págs. 227 a 238.

Johnson D.W., Knoepp J.D., Swank W.T. (2002). Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. Environment Pollution, 116: págs. 201 a 208.

Johnson M.G., Levine E.R., y Kern J.S. (1995). Soil organic matter: distribution, genesis, and management to reduce greenhouse gas emissions. *Water, Air and Soil Pollution* 82: págs. 593 a 615.

Jacinthe P.A., Lal R., Kimble J.M. (2002). Carbon dioxide evolution in runoff from simulated rainfall on long-term no-till and plowed soils in Southwestern Ohio. *Soil Tillage Research* 66 (1): págs. 23 a 33.

Kirschbaum-MUF (2000). How should forest fires be treated in the National Greenhouse Gas Inventory? *Australian-Forestry*, 63(2): págs. 136 a 141.

Klemedtsson L., Klemedtsson A.K., Moldan F., y Weslien P. (1997). Nitrous oxide emission from Swedish forest soils in relation to liming and simulated increased N-deposition. *Biology & Fertility of Soils* 25: págs. 290 a 295.

Koehl M. (2000). Reliability and comparability of TBFRA 2000 results. In: TBFRA 2000, Ginebra, CEPE-NU/FAO: págs. 27 a 61.

Kramer H. (1982). Nutzungsplanung in der Forsteinrichtung. Sauerländer Verlag, Frankfurt: págs.128.

Kurz W. A. y Apps M. J. (1992). Atmospheric carbon and Pacific Northwest Forests. In: Wall, G. (ed.). Implication of climate change for Pacific Northwest Forest management. Un. of Waterloo. Dept. of Geography. *Occasional Paper* No. 15: págs. 69 a 80.

Lafleur P.M., Roulet N.T., Bubier J.L., Frolking S., y Moore T.R. (2003). Inter-annual variability in the peatland-atmosphere carbon dioxide exchange at an ombrotrophic bog - art. no. 1036. *Global-Biogeochemical-Cycles*, 17 (2).

Laitat É., Karjalainen T., Loustau D., y Lindner M. (2000). Introduction: Towards an integrated scientific approach for carbon accounting in forestry. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 2000 4(4): págs. 315 a 319.

Izaurralde R.C., Rosenberg N.J., y Lal R. (2001). Mitigation of climatic change by soil carbon sequestration: issues of science, monitoring, and degraded lands. *Advances-in-Agronomy*, 70: págs. 1 a 75.

Lehtonen X, Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R., y Liski J. (2003). Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests, *Forest Ecology and Management, In Press, Corrected Proof,* en prensa, pruebas corregidas. Disponible en línea el 24 de septiembre de 2003.

Levine J.S., Wesley III R.C., Winstead E.L., Thinehart R.P., Cahoon Jr. D.R., Sebacher D.K., Sebacher S., y Stocks B.J. (1991). Biomass burning: combustion emissions, satellite imagery, and biogenic emissions. In: J.S. Levine (Ed.) *Global Biomass Burning* MIT Press, Cambridge: págs. 264 a 271.

Li Z., Kurz W.A., Apps M.J., y Beukema S.J. (2003) Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (1): págs. 126 a 136.

Li C.S., Aber J, Stange F, Butterbach Bahl K., y Papen H. (2000). A process-oriented model of N_2O and NO emissions from forest soils: 1. Model development. *Journal of Geophysical Research Atmospheres.* 105 (D4): págs. 4369 a 4384.

Liski J., Pussinen A., Pingoud K., Makipaa R., Karjalainen T. (2001). Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Canadian Journal of Forest Research* 31: págs. 2004 a 2013.

Löewe H, Seufert G., y Raes F. (2000). Comparison of methods used within Member States for estimating CO2 emissions and sinks according to UNFCCC and EU Monitoring Mechanism: forest and other wooded land. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 2000* 4(4): págs. 315 a 319.

Martikainen P.J., Nykanen H., Alm J., y Silvola J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant & Soil* 169: págs. 571 a 577.

McKenzie N.J., Cresswell H.P., Ryan P.J., y Grundy M. (2000). Opportunities for the 21st century: Expanding the horizons for soil, plant, and water analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31: págs. 1553 a 1569.

Mosier A. y Kroeze C. (1999). Contribution of agroecosystems to the global atmospheric N_2O budget. Proceedings of International workshop on reducing N_2O emission from agroecosystems, Banff, Canada, marzo de 1999.

Mosier A. R., Delgado J.A., y Keller M. (1998). Methane and nitrous oxide fluxes in an acid Oxisol in Western Puerto Rico: Effects of tillage, liming and fertilization. *Soil Biology & Biochemistry* 30: págs. 2087 a 2098.

Page-Dumroese D, Jurgensen M, Elliot W, *et al.* (2000). Soil quality standards and guidelines for forest sustainability in northwestern North America. *Forest Ecology Management* 138 (1-3): págs. 445 a 462.

Papen H., y Butterbach-Bahl K. (1999). A 3-year continuous record of nitrogen trace gas fluxes from untreated and limed soil of a N-saturated spruce and beech forest in Germany - 1. N_2O emissions. *Journal of Geophysical Research* 104: págs. 18487 a 18503.

Paul K.I., Polglase P.J., Nyakuengama J.G., y Khanna P.K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168: págs. 241 a 257.

Polglase P.J., Paul K.I., Khanna P.K., Nyakuengama J.G., O'Connell A.M., Grove T.S., y Battaglia M. (2000). Change in soil Carbon Following Afforestation or Reforestation. National Carbon Accounting system technical report no. 20 Australian Greenhouse Gas Office, Canberra.

Post W.M. y Kwon K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use changes: processes and potential. *Global Change Biology* 6: págs. 317 a 327.

Pregitzer K.S. (2003). Woody plants, carbon allocation and fine roots. *New Phytologist* 158 (3): págs. 421 a 424.

Renault P. (1999). Les modèles opérationnels d'émission de N_2O par les sols aux échelles régionales. *C.R. Acad. Agri. Fr.* 85, 6 : págs. 163 a 176.

Richter D.D., Markewitz D., Trumbore S.E. y Wells C.B. (1999). Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. *Nature* 400: págs. 56 a 58.

Schelhaas M.J., Varis S., y Schuck A. (2001). Database on Forest Disturbances in Europe (DFDE), European Forest Institute, Joensuu, Finland, http://www.efi.fi/projects/dfde/.

Scott N.A., Tate K.R., Giltrap D.J., *et al.* (2002). Monitoring land-use change effects on soil carbon in New Zealand: quantifying baseline soil carbon stocks. *Environmental Pollution* 116: págs. 167 a 186.

Siltanen et al. (1997). A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra mineral soils. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.

Smith J.E., y Heath L.S. (2002). A model of forest floor carbon mass for United States forest types. General Technical Report, USDA Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA. En prensa.

Smith K. A., Dobbie K.E., Ball B.C., Bakken L.R., Sitaula B.K., Hansen S., Brumme R., Borken W., Christensen S., Priemé A., Fowler D., MacDonald J.A., Skiba U., Klemedtsson L., Kasimir-Klemedtsson A., Degórska A., y Orlanski P. (2000). Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. *Global Change Biology* 6: págs. 791 a 803.

Smith K.A., Bouwman L., y Braatz B. (1999). Nitrous oxide: direct emissions from agricultural soils. Background paper for IPCC Workshop on Good Practice in Inventory Preparation : Agricultural sources of methane and nitrous oxide, 24-26 February 1999, Wageningen, Países Bajos.

Spies T.A., Franklin J.F., y Thomas T.B. (1988). Coarse woody debris in Douglas-fir forests of Western Oregon and Washington. *Ecology* 6: págs. 1689 a 1702.

Stange F., Butterbach-Bahl K., Papen H., *et al.* (2000). A process-oriented model of N_2O and NO emissions from forest soils 2. Sensitivity analysis and validation. *Journal of Geophysical Research Atmosphere* 105 (D4): págs. 4385 a 4398.

Thormann M.N., Szumigalski A.R., Bayley S.E. (1999). Aboveground peat and carbon accumulation potentials along a bog-fen-marsh wetland gradient in southern boreal Alberta, Canada. *Wetlands* 19 (2): págs. 305 a 317.

Tremblay S., Ouimet R. y Houle D. (2002). Prediction of organic carbon content in upland forest soils of Quebec, Canada. *Can. J. For. Res*. 32: págs. 903 a 914.

CEPE-NU/FAO (2000)

Vogt K.A., Vogt D.J., Pamiotto P.A., Boon P., O'Hara J., y Asbjornsen H. (1996). Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type, and species. *Plant and Soil* 187: págs. 159 a 219.

Yavitt J. B., Fahey T.J., y Simmons J.A. (1997). Methane and carbon dioxide dynamics in a northern hardwood ecosystem. *Soil Science Society of America Journal* 59: págs. 796 a 804.

Zagreev V.V., Sukhikh B.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., y Moshkalev A.G. (1993). Normas de la federación de Rusia para los inventarios forestales. *Kolos*, Moscú, pág. 495. (en ruso).

Zoltai S.C. y Vitt D.H. (1995). Canadian wetlands – environmental gradients and classification. *Vegetation* 118 (1-2): págs. 131 a 137.

3.3 TIERRAS AGRÍCOLAS

Armentano T.V. y Menges E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74: págs. 755 a 774.

Barbosa R.I. y Fearnside P.M. (1996). Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon. *Journal of Geophysical Research* (Atmospheres) 101(D20): págs. 25847 a 25857.

Bernoux M., Carvalho M.D.S., Volkoff B., y Cerri C.C. (2002). Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal* 66: págs. 888 a 896.

Conant R.T. y Paustian K. (2002). Spatial variability of soil organic carbon in grasslands: implications for detecting change at different scales. *Environmental Pollution* 116: págs. 127 a 135.

Davidson E. A. y Ackerman I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* 20: págs. 161 a 164.

Dixon R.K., Winjum J.K., y Schroeder P.E. (1993). Conservation and sequestration of carbon: the potential of forests and agroforest management practices. *Global Environmental Change* 3: págs. 159 a 173.

Dobbie K.E., McTaggart I.P., y Smith K.A. (1999). Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: Variations between crops and seasons, key driving variables, and mean emission factors. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 104: págs. 26891 a 26899.

Fearnside P.M. (1990). Fire in the tropical rainforest of the Amazon basin. In: Fire in the tropical biota Goldammer, J.G.(ed). Ecological Studies 84, Springer-Verlag, N.Y. : págs. 106 a 116.

Fearnside P.M. (2000). Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: págs. 115 a 158.

Firestone M.K. y Davidson E.A. (1989) Microbiological basis of NO and N_2O production and consumption in soil. In: Andreae M.O. and D. S. Schimel (eds) . Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, Wiley, N.Y: págs. 7 a 21.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Jobbagy E.G. y Jackson R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 19(2): págs. 423 a 436.

Klemedtsson L., Klemedtsson A.K., Moldan F., y Weslien P. (1997). Nitrous oxide emission from Swedish forest soils in relation to liming and simulated increased N-deposition. *Biology & Fertility of Soils* 25: págs. 290 a 295.

Masera O. R., Garza-Caligaris J.F., Kanninen M., Karjalainen T., Liski J., Nabuurs G.J., Pussinen A., de Jong B.H.J., y Mohren G.M.J. (2003). Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects. *Ecological Modelling* 164: págs. 177 a 199.

McGill W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. Springer-Verlag, Heidelberg: págs. 111 a 132.

Neill C., Melillo J.M., Steudler P.A., Cerri C.C., de Moraes J.F.L., Piccolo M.C., y Brito M. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* 7 : págs. 1216 a 1225.

Nusser S.M. y Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* 4: págs. 181 a 204.

Ogle S. M., Breidt F.J., Eve M.D., y Paustian K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* (en prensa).

Paul E.A., Paustian K., Elliott E.T. y Cole C.V. (eds) (1997) Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, 414 págs.

Schroeder P. (1994). Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 27: págs. 89 a 97.

Schroth G., D'Angelo S.A., Teixeira W.G., Haag D., y Lieberei R. (2002). Conversion of secondary forest into agroforestry monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *Forest Ecology and Management* 163: págs. 131 a 150.

Smith P., Powlson D.S., Smith J.U., y Elliott E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* 81: págs. 1 a 225.

Smith P., Powlson D., Glendining, M. (1996). Establishing a European GCTE soil organic matter network (SOMNET). In: Powlson D.S., Smith P., y Smith J.U. (eds.), Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. NATO ASI Series, Vol 38, Springer-Verlag, Berlín: págs. 81 a 97.

Soil Organic Matter Network (SOMNET) (1996). Model and Experimental Metadata. GCTE Task 3.3.1. Smith P., Smith J.U., y Powlson D.S. (eds). Global Change and Terrestrial Ecosystems Report No 7. GCTE Focus 3 Office, Wallingford, Reino Unido. 255 págs.

3.4 PRADERAS

Anderson D.J., Perry R.A., y Leigh J.H. (1972). Some perspectives on shrub/environment interactions. In: McKell C.M., Blaisdell J.P., Goodon J.R. (eds), Wildland Shrubs – Their Biology and Utilization.). USDA Forest Service, General Tech. Report INT-1.

Armentano T.V. y Menges E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. Journal-of-Ecology. 74, 3: págs. 755 a 774.

Baldocchi D., Kelliher F.M., Black T.A., Jarvis P. (2000). Climate and vegetation controls on boreal zone energy exchange. *Global Change Biology*,-Supplement. 6: Supplement 1, págs. 69 a 83.

Baldocchi D., Falge E., Gu L.H., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer C., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X.H., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., y Wofsy S. (2001). FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. Bulletin of the American Meteorological Society 82: págs. 2415 a 2434.

Barbosa R.I. y Fearnside P.M. (1996). Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon. *Journal of Geophysical Research* (Atmospheres) 101(D20): págs. 25847 a 25857.

Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H., y Baumgardner G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: págs. 1 a 11.

Conant R.T. y Paustian K. (2002a). Spatial variability of soil organic carbon in grasslands: implications for detecting change at different scales. Environmental Pollution 116: págs. 127 a 135.

Conant R.T. y Paustian K. (2002b). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles* 16: págs. 90_1-90_9.

Conant R.T., Paustian K., y Elliott E.T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Application* 11: págs. 343 a 355.

Davidson E. A. y Ackerman I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* 20: págs. 161 a 164.

Delmas R.A., Loudjana P., Podaire A., y Menaut J.C. (1991). Biomass burning in Africa: An assessment of annually burnt biomass. In; Levine J.S. (ed), Global Biomass Burning: Atmosphere, Climatic and Biosphere Implications, MIT Press, Cambridge, Mass.: págs. 147 a 154.

Ellert B.H., Janzen H.H., y McConkey B.G. (2001). Measuring and comparing soil carbon storage. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (eds.). Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration. CRC Press, Boca Raton, FL.: págs. 593 a 610.

Fearnside P.M. (1990). Fire in the tropical rainforest of the Amazon basin. pp 106-116 *In*: Goldammer J.G.(ed.) Fire in the tropical biota. Ecological Studies 84, Springer-Verlag, N.Y. 497 págs.

Fearnside P.M. (2000). Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: págs. 115 a 158.

Guo L.B. y Gifford R.M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8: págs. 345 a 360.

Hao W.M., Darold E.W., Olbu G., y Baker S.P. (1996). Emissions of CO_2, CO and hydrocarbons from fires in diverse African savanna ecosystems. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No. D19: págs. 23577 a 23584.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Jackson R.B., Banner J.L., Jobbagy E.B., Pockman W.T., y Wall D.H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plan invasion of grasslands. *Nature* 418: págs. 623 a 626.

Jackson R.B., Canadell J., Ehleringer J.R., Mooney H.A., Sala O.E., y Schulze E.D. (1996). A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: págs. 389 a 411.

Kuhlbusch T.A.J., Andreae M.O., Cachier H., Goldammer J.G., Lacaux J.P., Shea R., y Crutzen P.J. (1996). Black carbon formation by savanna fires: Measurements and implications for the global carbon cycle. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No D19: págs. 23651 a 23665.

Lacaux J.P., Delmas R., y Jambert C. (1996). NO_x emissions from African savanna fires. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No D19: págs. 23585 a 23595.

Lobert J. M., Scharffe D.H., Hao W.M., Kuhlbusch T.A., Seuwen R., Warneck P., y Crutzen P.J. (1993). Experimental evaluation of biomass burning emissions: Nitrogen carbon containing compounds. In: Levine J.S. (ed) Global Biomass Burning, MIT Press.

Lobert J.M. y Warnatz J. (1993). Emissions from combustion process in vegetation. In: Crutzen P.J. and Goldammer J.G.,Fire in the environment, John Wiley, Nueva York: págs. 15 a 37.

McGill W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. Springer-Verlag, Heidelberg: págs. 111 a 132.

Milchunas D.G. y Lauenroth W.K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63: págs. 327 a 366.

Neill C., Melillo J.M., Steudler P.A., Cerri C.C., de Moraes J.F.L., Piccolo M.C. y Brito M. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* 7 : págs. 1216 a 1225.

Nihlgard B. (1972). Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in abeech and aplanted spruce forest in South Sweden. *Oikos* 23: págs. 69 a 81.

Nusser S.M. y Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* 4: págs. 181 a 204.

Ogle S. M., Breidt F. J., Eve M. D., y Paustian K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* (en prensa).

Ojima D.S., Parton W.J., Schimel D.S., Scurlock J.M.O., y Kittel T.G.F. (1993). Modeling the effects of climatic and CO_2 changes on grassland storage of soil C. *Water, Air, and Soil Pollution* 70: págs. 643 a 657.

Olson R. J., Scurlock, J. M. O., Prince S. D., Zheng D. L., y Johnson K. R. (eds.) (2001). NPP Multi-Biome: NPP and Driver Data for Ecosystem Model-Data Intercomparison. Data set. Available on-line [http://www.daac.ornl.gov] from the Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos.

Pacala S.W., Hurtt G.C., Baker D., Peylin P., Houghton R.A., Birdsey R.A., Heath L., Sundquist E.T., Stallard R.F., Ciais P., Moorcroft P., Caspersen J.P., Shevliakova E., Moore B., Kohlmaier G., Holland E., Gloor M., Harmon M.E., Fan S.M., Sarmiento J.L., Goodale C.L., Schimel D., y Field C.B. (2001). Consistent land- and atmosphere-based US carbon sink estimates. *Science* 292: págs. 2316 a 2320.

Scholes R. J., Kendall J., y Justice C.O. (1996). The quantity of biomass burned in southern Africa, *Journal of Geophysical Research*, Vol 101. NO D19: págs. 23677 a 23682.

Smith P., Powlson D. S., Glendining M. J., y Smith J. O. U. (1997). Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. *Global Change Biology* 3: págs. 67 a 79.

Veldkamp E. (2001). Changes in soil carbon stocks following conversion of forest to pasture in the tropics. In: Holland E.A. (ed.): Notes from Underground: Soil Processes and Global Change. NATO ASI Series Berlin: Springer: en prensa.

Ward D.E., Hao W.M., Susott R.A., Babbitt R.E., Shea R.W., Kauffman J.B. y Justice C.O. (1996). Effect of fuel composition on combustion efficiency and emission factors for African savanna ecosystems. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No D19: págs. 23569 a 23574.

3.5 HUMEDALES

Alm J., Saarnio S., Nykanen H., Silvola J., y Martikainen P. J. (1999). Winter CO_2, CH_4 and N_2O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* 44: págs. 163 a 186.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Laine J. y Minkkinen K. (1996). Effect of forest drainage on the carbon balance of a mire - a case study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: págs. 307 a 312.

Laine J., Silvola J., Tolonen K., Alm J., Nykanen H., Vasander H., Sallantaus T., Savolainen I., Sinisalo J., y Martikainen P. J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming - northern peatlands. *Ambio* 25: págs. 179 a 184.

LUSTRA (2002). Land Use Strategies for Reducing Net Greenhouse Gas Emissions. Annual Report 2002, Uppsala, Sweden. http://www.sml.slu.se/lustra/index.phtml

Minkkinen K., Korhonen R., Savolainen I., y Laine J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100 the impact of forestry drainage. *Global Change Biology* 8: págs. 785 a 799.

Sundh I., Nilsson M., Mikkela C., Granberg G., y Svensson B. H. (2000). Fluxes of methane and carbon dioxide on peat-mining areas in Sweden. *Ambio* 29: págs. 499 a 503.

3.6 ASENTAMIENTOS

Nowak D.J. y Crane D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. *Environmental Pollution* 116(3): págs. 381 a 389.

Nowak D.J., Rowntree R.A., McPherson E.G., Sisinni S.M., Kerkmann E.R., y Stevens J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning* 36: págs. 49 a 57.

APÉNDICE 3A.1 PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

Burden R.L. y Faires J.D. (2001). Numerical Analysis, 7th ed. Brooks/ Cole Publishing. 810 págs.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1999. Anuario de la FAO – Productos forestales 1997. FAO Forestry Series No. 42. Roma. 245 págs. ftp://ftp.fao.org/fo/fon/fons/FOYB1997.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2002a. FAOSTAT Forestry data. Web site: http://apps.fao.org/page/collections?subset=forestry accessed 1 de julio de 2002.

Flugsrud K., Hoem B., Kvingedal E. y Rypdal R. (2001). Estimating the net emissions of CO_2 from harvested wood products. SFT report 1831/200. Norwegian Pollution Control Authority, Oslo. 47 págs. http://www.sft.no/publikasjoner/luft/1831/ta1831.pdf

Gjesdal S.F.T., Flugsrud K., Mykkelbost T.C., y Rypdal K. (1996). A balance of use of wood products in Norway, Norwegian Pollution Control Authority SFT, Report 96:04, 54 págs.

Haynes *et al.* (1990). An Analysis of the timber situation in the United States: 1989-2040. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rpt. RM-199. 268 págs.

Heath L. S., Birdsey R.A., Row C., y Plantinga A.J. (1996). Carbon pools and fluxes in U.S. forest products. In: Apps M.J. and Price D.T. (eds.), Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlín: págs. 271 a 278.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1998). Evaluating Approaches for Estimating Net Emissions of Carbon Dioxide from Forest Harvesting and Wood Products. Meeting Report, Dakar, Senegal, 5-7 de mayo de 1998. Brown S., Lim B. y Schlamadinger B. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia. See http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/dakar.htm

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Karjalainen T., Kellomaki S., y Pussinen A. (1994). Role of Wood-based Products in Absorbing Atmospheric Carbon. *Silva Fennica* 28 (2): págs. 67 a 80.

Micales J.A. y Skog K.E. (1997). The decomposition of forest products in landfills. *International Biodeterioration and Biodegradation* 39 (2-3): págs. 145 a 158.

Nabuurs G.J. y Sikkema R. (1998). Application and Evaluation of the Alternative IPCC Methods for Harvested Wood Products in the National Communications; Proceedings for the IPCC Expert Meeting on Evaluating approaches for estimating net emissions from harvested wood products, Wageningen, Países Bajos

Pingoud K., Savolainen I., y Seppälä H. (1996). Greenhouse impact of the Finnish forest sector including forest products and waste management. *Ambio* 25: págs. 318 a 326.

Pingoud K., Perälä A.L., y Pussinen A. (2001). Carbon dynamics in wood products. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 6: págs. 91 a 111.

Skog K., y Nicholson G. (1998). Carbon Cycling through Wood Products: The Role of Wood and Paper Products in Carbon Sequestration. *Forest Products Journal* 48 (7/8): págs. 75 a 83.

APÉNDICE 3A.2 GASES DISTINTOS DEL CO_2 PROCEDENTES DEL DRENAJE Y DE LA REHUMIDIFICACIÓN DE LOS SUELOS FORESTALES: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

Alm J., Saarnio S., Nykanen H., Silvola J. y Martikainen P.J. (1999). Winter CO_2, CH_4 and N_2O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* 44: págs. 163 a 186.

Bartlett K.B. y Harriss R.C. (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* 26: págs. 261 a 320.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Klemedtsson L., Weslien P., Arnold K., Agren G., Nilsson M., y Hanell B. (2002). Greenhouse gas emissions from drained forests in Sweden. In: Olsson M. (ed.) Land use strategies for reckoning net greenhouse gas emissions. Mistra Programme: Progress report 1999 – 2002. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala: págs. 44 a 67.

Komulainen V.M., Nykanen H., Martikainen P.J. y Laine J. (1998). Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions form peatlands drained for forestry in southern Finland. *Can. J. For. Res.* 28: págs. 402 a 411.

Laine J., Silvola J., Tolonen K., Alm J., Nykanen H., Vasander H., Sallantaus T., Savolainen I., Sinisalo J., y Martikainen P. J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming - northern peatlands. *Ambio* 25: págs. 179 a 184.

Martikainen P. J., Nykanen H., Alm J., y Silvola J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant & Soil* 169: págs. 571 a 577.

Regina K., Nykänen H., Silvola J., y Martikainen P. J. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. In: Northern peatlands in global climatic change. Proceedings of the international workshop. Academy of Finland, Hyytiälä: págs. 158 a 166.

Roulet N.T. y Moore T.R. (1995). Methane Emissions from Canadian Peatlands. In: Lal R., Kimble J., Levine E., and Stewart B.A., Soils and Global Change, CRC Lewis Publishers, Boca Raton: págs. 153 a 164.

Tuittila, E-S., Komulainen, V-M., Vasander, H., Nykänen, H., Martikainen, P.J. & Laine, J. (2000). Methane dynamics of a restored cut-away peatland. Global Change Biology 6: págs. 569 a 581.

APÉNDICE 3A.3 HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

SUELOS ORGÁNICOS GESTIONADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

Alm, J., S. Saarnio, H. Nykanen, J. Silvola, y P. J. Martikainen. (1999). Winter CO_2, CH_4 y N_2O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. Biogeochemistry 44: págs. 163 a 186.

Andriesse, J. P. (1988) Nature and Management of Tropical Peat Soils, FAO SOILS BULLETIN 59, http://www.fao.org/docrep/x5872e/x5872e04.htm

Feehan, J. & O'Donovan, G. (1996) *The Bogs of Ireland*. The Environmental Institute, University College, Dublín, Irlanda.

Fey, A., G. Benckiser y J.C.G. Ottow (1999). Emissions of nitrous oxide from a constructed wetland using a groundfilter and macrophytes in waste-water purification of a dairy farm. Biol Fertil Soils 29, págs. 354 a 359.

Huttunen, J.T., T.S. Vaisanen, S. K. Hellsten, M. Heikkinen, H. Nykanen, H. Jungner, A. Niskanen, M. O. Virtanen, O.V. Lindqvist, O. S. Nenonen, y P.J. Martikanen, (2002), Fluxes of CH_4, CO_2, and N_2O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahata in the northern boreal zone in Finland, Global Biogeochemical Cycles, 16,1.

Laine, J., y K. Minkkinen. (1996). Effect of forest drainage on the carbon balance of a mire - a case study. Scandinavian Journal of Forest Research 11: págs. 307 a 312

Laine, J., J. Silvola, K. Tolonen, J. Alm, H. Nykanen, H. Vasander, T. Sallantaus, I. Savolainen, J. Sinisalo, y P. J. Martikainen. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming - northern peatlands. Ambio 25: págs. 179 a 184.

Lappalainen, E. (1996) Global Peat Resources. Saarijärvi, Finlandia, Saarijärven Offset Oy.

Lappalainen, E. y Zurek, S. (1996a). Peatlands in other African countries. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finlandia, págs. 239 a 242.

Lappalainen, E. y Zurek, S. (1996b). Peatlands in other Asian countries. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finlandia, págs. 209 a 212.

Lappalainen, E. y Zurek, S. (1996c). Peatlands in central and south America. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finlandia, págs. 279 a 282.

LUSTRA (2002): Land Use Strategies for Reducing Net Greenhouse Gas Emissions. Annual Report 2002, Uppsala, Sweden. http://www.sml.slu.se/lustra/index.phtml

Martikainen, P. J., H. Nykanen, J. Alm, y J. Silvola. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. Plant & Soil 169: págs. 571 a 577.

Minkkinen, K., R. Korhonen, I. Savolainen, y J. Laine.(2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100 the impact of forestry drainage. Global Change Biology 8: págs. 785 a 799.

Mosier A. y C. Kroeze, (1999). Contribution of agroecosystems to the global atmospheric N_2O budget. Proceedings of International workshop on reducing N_2O emission from agroecosystems, Banff, Canada, marzo de 1999.

OECD/IUCN. (1996). Guidelines for aid agencies for improved conservation and sustainable use of tropical and sub-tropical wetlands. OCDE, París.

Regina, K., H. Nykänen, J. Silvola, y P. J. Martikainen. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. Pages 158-166 in Northern peatlands in global climatic change. Proceedings of the international workshop. Academy of Finland, Hyytiälä

Rubec, C. (1996). The status of peatland resources in Canada. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finland, págs. 243 a 252.

Smith K.A., L. Bouwman, B. Braatz, (1999). Nitrous oxide : direct emissions from agricultural soils. Background paper for IPCC Workshop on Good Practice in Inventory Preparation : Agricultural sources of methane and nitrous oxide, 24-26 february 1999, Wageningen, Países Bajos.

Sundh, I., Nilsson, M., Mikkela, C., Granberg, G., Svensson, B.H.,(2000). Fluxes of methane and carbon dioxide on peat-mining areas in Sweden. Ambio 29(8), págs. 499 a 503.

Tarnocai, C., Kettles, I.M., Lacelle, B. (2000). Peatlands of Canada. Geological Survey of Canada, Ottawa, Ont. Open File 3152 (mapa).

Umeda, Y. And Inoue, T. (1996). Peatlands of Japan. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finlandia, págs. 179 a 182.

Xuehui, M y Yan, H. (1996). Peat and peatlands in China. . In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finland, págs. 163 a 168.

TIERRAS ANEGADAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS ANEGADAS

Dos Santos, M.A., (2000), Inventário emissões de gases de efeito estufa derivadas de Hidréletricas, PhD. Dissertation, University of Rio de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil, 154 págs.

Duchemin, É, (2000), Hydroelectricity and greenhouse gases: Emission evaluation and identification of biogeochemical processes responsible for their production, PhD. Disseration, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 321 págs. (disponible en CD-ROM)

Duchemin, É. (2002a), Greenhouse gases emissions from US reservoirs: Spot sampling in the Columbia River Basin and in the Sierra Nevada region, Report for Environmental Fund Defense, DREXenvironment, 47 págs. (disponible en CD-ROM)

Duchemin, É., (2002b), Canadian Reservoir Database, Environment Canada/DREXenvironment, CD-ROM.

Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel y A. Chamberland, (1995), Production of the greenhouse gases CH_4 and CO_2 by hydroelectric reservoirs of the boreal region,*Global Biogeochemical Cycles*, págs. 9, 4, 529 a 540.

Duchemin, É., R. Canuel, P. Ferland, y M. Lucotte, (1999), Étude sur la production et l'émission de gaz à effet de serre par les réservoirs hydroélectriques d'Hydro-Québec et des lacs naturels (Volet 2), Scientific report, Direction principal Planification Stratégique - Hydro-Québec, 21046-99027c, 48 págs.

Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel, D. Almeida Cruz, H. C. Pereira, J. Dezincourt y A. G. Queiroz, (2000), Comparison of Greenhouse Gas Emissions from an Old Tropical Reservoir and from other Reservoirs Worldwide, *Verh. International Verein. Limnol*., págs. 27, 3, 1391 a 1395.

Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel, (2002a), CH_4 and CO_2 emissions from boreal reservoirs upon ice break-up, submitted to *Global Biogeochemical Cycles*.

Duchemin, É, M. Lucotte, V. St-Louis, y R. Canuel, (2002b), Hydroelectric reservoirs as anthropogenic source of greenhouse gases, World Resources Review, págs. 27, 3.

Fearnside, P.M. (2002). Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. Water, Air and Soil Pollution 133(1-4): págs. 69 a 96.

Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard y P. Gosse, (1997), Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guyana, Global Biogeochemical Cycle, 11,4, págs. 471 a 483.

Hélie, (2003), Approche isotopique des flux et de la géochimie du carbone dans les milieux aquatiques de l'est du Canada : exemple du Saint-Laurent et du réservoir Robert-Bourassa, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canadá.

Houel, (2002), Dynamique de la matière organique terrigène dans les réservoirs boréaux, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montreal (Quebec), Canadá, 111 págs.

Huttunen, J.T., T.S. Vaisanen, S. K. Hellsten, M. Heikkinen, H. Nykanen, H. Jungner, A. Niskanen, M. O. Virtanen, O.V. Lindqvist, O. S. Nenonen, y P.J. Martikanen, (2002), Fluxes of CH_4, CO_2, and N_2O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahata in the northern boreal zone in Finland, Global Biogeochemical Cycles, pág. 16,1

International Commission on Large Dams (ICOLD). 1998. World register of Dams (1998). Paris. International Comittee on large Dams (Ed.). Metadatabase..

Junk, W.J., J.A.S.N. Mello, (1990), Impactos ecologico das represas hidrelectricas na bacia amazonica brasileira, Estudo Avançado, 126 a 143 págs. 4 (8).

Keller, M. y R.F. Stallard. (1994). Methane emission by bubbling from Gatun lake, Panama, *J. Geophys. Res*., págs. 99, D4, 8307 a 8319.

Malik, L.K., Koronkevich,N.I., Zaitseva, I.S., Barabanova, E.A. (2000). *Development of Dams in the Russian Federation and NIS Countries*, A WCD briefing paper prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, http://www.dams.org

Pinguelli Rosa, L., B. Matvienko Sikar, M.A. dos Santos, E. Matvienko Sikar, (2002), Emissoes de dioxido de carbono e de metano pelos reservatorios hydroelectricos brasileiros, Relatorio de referencia – Inventorio brasileiro de emissoes antropicas de gase de efeito de estufa, Ministerio da Ciencia e tecnologia, Brasil, 199 págs.

Schlellhase, H.U. (1994). B.C. Hydro Strategic R&D; Carbon project - Reservoir case study, Powertech Labs inc., Final Report, págs. 1 a 57.

Scott, K.J., C.A. Kelly, J.W.M. Rudd, (1999), The importance of floating peat to methane fluxes from flooded peatlands, Biogeochemistry, págs. 47, 187 a 202.

Smith, L.K., y W.M. Lewis, (1992), Seasonality of methane emissions from five lakes and associated wetlands of the Colorado Rockies, Global Biogeochemical Cycles, págs. 6, 4, 323 a 338

St-Louis, V., C. A. Kelly, É. Duchemin, J. W. M. Rudd y D.M. Rosenberg. (2000). Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases: a global estimate, *Bioscience*, 50,9, págs. 766 a 775.

Tavares de Lima I. (2002). Emissoa de metano em reservatorio hidreletricos amazonicos atraves de leis de potencia (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws), PhD Dissertation, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil, 119 págs.

US Army Corps. (1996). United States Army Corps of Engineers' national Inventory of Dams. Metadatabase.US Army Corps (Ed.). Estados Unidos.

WCD, (2000), Dams and Development a new framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 págs.

WCD, (2001), Dams and Development a new framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.Xue, Y., D.A. Kovacic, M.B. David, L.E. Gentry, R.L. Mulvaney and C.W. Lindau (1999). In situ measurements of denitrification in constructed wetlands. J. Environ. Qual. 28, 263-269.Xuehui, M, and Yan, H. 1996. Peat and peatlands in China. . In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finlandia, págs. 163 a 168.

APÉNDICE 3A.4 ASENTAMIENTOS: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

Brack, C.L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by a urban forest. Environmental Pollution 116(Suppl. 1): S195-S200.

Nowak, D.J.; Crane, D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. Environmental Pollution 116(3): págs. 381 a 389.

Nowak, D.J.; Rowntree, R.A.; McPherson, E.G.; Sisinni, S.M.; Kerkmann, E.R. y Stevens, J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. Landscape and Urban Planning 36: págs. 49 a 57.

4

MÉTODOS COMPLEMENTARIOS Y ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS QUE EMANAN DEL PROTOCOLO DE KYOTO

AUTORES Y EDITORES REVISORES

Secciones 4.1 – 4.2

Autores principales coordinadores

Bernhard Schlamadinger (Austria)
Kansri Boonpragob (Tailandia), Henry Janzen (Canadá), Werner Kurz (Canadá), Rodel Lasco (Filipinas), y Pete Smith (Reino Unido)

Autores principales

Pascale Collas (Canadá), El Nur Abdalla El Siddig (Sudán), Andreas Fischlin (Suiza), Mitsuo Matsumoto (Japón), Alexander Nakhutin (Federación de Rusia), Ian Noble (Australia), Gérôme Pignard (Francia), Zoltán Somogyi (Hungría), y Xiao-Quan Zhang (China)

Autores colaboradores

Mark Easter (Estados Unidos), Wojciech Galinski (Polonia), Genviève Patenaude (Canadá), Keith Paustian (Estados Unidos), y Yoshiki Yamagata (Japón)

Editores revisores

Masahiro Amano (Japón) y Eveline Trines (Países Bajos)

Sección 4.3

Autores principales coordinadores

Sandra Brown (Estados Unidos) y Omar Masera (México)

Autores principales

Vitus Ambia (Papua Nueva Guinea), Barbara Braatz (Estados Unidos), Markku Kanninen (Finlandia), Thelma Krug (Brasil), Daniel Martino (Uruguay), Phanuel Oballa (Kenya), Richard Tipper (Reino Unido), y Jenny L. P. Wong (Malasia)

Autores colaboradores

Ben de Jong (México) y David Shoch (Estados Unidos)

Editor revisor

Soobaraj N. Sok Appadu (Mauricio)

Índice

4.1 INTRODUCCIÓN 4.9

4.1.1 Descripción general de las etapas para estimar y notificar información complementaria sobre las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 y en los artículos 6 y 12 ..... 4.10

4.1.2 Reglas generales para clasificar las áreas de tierra a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 ..... 4.14

4.1.3 Relación entre los inventarios nacionales de las Partes del Anexo I y los proyectos de UTCUTS en el marco del artículo 6..... 4.20

4.2 MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN, MEDICIÓN, VIGILANCIA Y NOTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE UTCUTS EN EL ÁMBITO DE LOS PÁRRAFOS 3 Y 4 DEL ARTÍCULO 3 4.22

4.2.1 Relación entre las categorías de uso de la tierra según la CMCC y según el Protocolo de Kyoto (párrafos 3 y 4 del artículo 3)..... 4.22

4.2.2 Metodologías genéricas para la identificación, estratificación y notificación de zonas..... 4.25

4.2.2.1 Disposiciones para la notificación..... 4.25

4.2.2.2 Métodos para la notificación de las tierras sometidas a las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 ..... 4.26

4.2.2.3 Relación entre los procedimientos del Capítulo 2 y los métodos de notificación del Capítulo 4 ..... 4.27

4.2.2.4 Elección del método de notificación 4.28

4.2.2.5 Cómo identificar las tierras (unidades de tierra) en general..... 4.29

4.2.3 Cuestiones genéricas de metodología para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ..... 4.32

4.2.3.1 Depósitos que deben notificarse..... 4.33

4.2.3.2 Años para los cuales se deben estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ..... 4.34

4.2.3.3 Intervalos de notificación y medición 4.35

4.2.3.4 Elección del método..... 4.36

4.2.3.5 Exclusión de los efectos indirectos naturales y anteriores a 1990..... 4.36

4.2.3.6 Alteraciones 4.36

4.2.3.7 Variabilidad interanual..... 4.37

4.2.4 Otras cuestiones genéricas de metodología 4.38

4.2.4.1 Elaboración de una serie temporal coherente..... 4.38

4.2.4.2 Evaluación de la incertidumbre..... 4.40

4.2.4.3 Presentación de informes y documentación 4.44

4.2.4.4 Garantía de la calidad y control de la calidad..... 4.55

4.2.4.5 Verificación..... 4.55

4.2.5 Forestación y Reforestación..... 4.56

4.2.5.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación 4.56

4.2.5.2 Elección de métodos para identificar unidades de tierra sometidas a forestación/reforestación con intervención humana directa 4.57

4.2.5.3 Elección de métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones distintas de CO_2 ... 4.60

4.2.6 Deforestación ... 4.62

4.2.6.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación ... 4.62

4.2.6.2 Elección de métodos para identificar unidades de tierra sometidas a deforestación con intervención humana directa ... 4.63

4.2.6.3 Elección de métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.66

4.2.7 Gestión de bosques ... 4.68

4.2.7.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación ... 4.68

4.2.7.2 Elección de métodos para identificar tierras sometidas a gestión de bosques ... 4.68

4.2.7.3 Elección de métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.71

4.2.8 Gestión de tierras agrícolas ... 4.73

4.2.8.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación ... 4.73

4.2.8.2 Elección de métodos para identificar las tierras ... 4.75

4.2.8.3 Elección de métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.76

4.2.9 Gestión de pastizales ... 4.89

4.2.9.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación ... 4.89

4.2.9.2 Elección de métodos para identificar las tierras ... 4.90

4.2.9.3 Elección de métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.92

4.2.10 Restablecimiento de la vegetación ... 4.94

4.2.10.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación ... 4.94

4.2.10.2 Elección de métodos para identificar las tierras ... 4.95

4.2.10.3 Elección de métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.96

4.3 PROYECTOS DE UTCUTS 4.98

4.3.1 Introducción ... 4.98

4.3.1.1 Definición de los proyectos y su relación con los artículos 6 y 12 ... 4.99

4.3.2 Ámbito del proyecto ... 4.99

4.3.2.1 Zona geográfica ... 4.99

4.3.2.2 Límites temporales ... 4.100

4.3.2.3 Actividades y prácticas ... 4.100

4.3.3 Medición, vigilancia y estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.102

4.3.3.1 Base de referencia ... 4.103

4.3.3.2 Estratificación de la zona del proyecto ... 4.104

4.3.3.3 Selección de los depósitos de carbono y los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ... 4.105

4.3.3.4 Diseño muestral ... 4.106

4.3.3.5 Mediciones sobre el terreno y análisis de datos para estimar el carbono almacenado ... 4.111

4.3.3.6 Estimación de los cambios en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ..... 4.118

4.3.3.7 Vigilancia de los cambios en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero causadas por las prácticas de ejecución del proyecto 4.120

4.3.3.8 Consideraciones para el plan de vigilancia 4.121

4.3.4 Plan de garantía de la calidad y control de la calidad 4.123

4.3.4.1 Procedimientos para garantizar que las mediciones sobre el terreno sean fiables 4.123

4.3.4.2 Procedimientos para verificar la recopilación de datos sobre el terreno 4.123

4.3.4.3 Procedimientos para verificar la entrada y el análisis de los datos..... 4.124

4.3.4.4 Mantenimiento y almacenamiento de datos 4.124

Anexo 4A.1 Instrumento para estimar las variaciones del carbono almacenado en el suelo asociados a cambios en la ordenación de tierras agrícolas y pastizales, sobre la base de datos por defecto del IPCC **4.125**

Anexo 4A.2 Ejemplos de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa de los árboles sobre el suelo y bajo el suelo **4.126**

Referencias **4.129**

Ecuaciones

Ecuación 4.2.1 Emisiones/absorciones anuales de carbono en el suelo originadas por la gestión de tierras agrícolas..... 4.81

Ecuación 4.3.1 Estimación de la biomasa sobre el suelo de los bosques..... 4.113

Ecuación 4.3.2 Volumen de madera muerta caída..... 4.115

Ecuación 4.3.3 Contenido de carbono orgánico del suelo 4.117

Figuras

Figura 4.1.1 Árbol de decisiones para clasificar una unidad de tierra según el párrafo 3 del artículo 3 (FRD) o tierra a tenor del párrafo 4 del artículo 3 (GB, GTA, GP y RV) en el año X del período de compromiso (2008, 2009,..., 2012) 4.15

Figura 4.2.1 Clasificación de la tierra en los inventarios nacionales en el marco de la CMCC de un país hipotético en el año X del período de compromiso..... 4.24

Figura 4.2.2 Clasificación de la tierra para la notificación en el marco del Protocolo de Kyoto de un país hipotético en el año X del período de compromiso..... 4.24

Figura 4.2.3 Dos métodos de notificación de tierras sometidas a actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 ..... 4.27

Figura 4.2.4 Árbol de decisiones para elegir un método de notificación para las tierras sometidas a actividades en el marco de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 ..... 4.29

Figura 4.2.5 Árbol de decisiones para determinar si una unidad de tierra es apta para forestación/reforestación (FR) o restablecimiento de la vegetación (RV) con intervención humana directa (ihd)..... 4.59

Figura 4.2.6 Árbol de decisiones para determinar si una unidad de tierra está sometida a deforestación (D) por intervención humana directa (ihd) 4.66

Figura 4.2.7 Relaciones entre diferentes categorías de bosques..... 4.69

Figura 4.2.8 Árbol de decisiones para determinar si la tierra reúne las condiciones para estar sometida a gestión de bosques 4.70

Figura 4.2.9 Árbol de decisiones para elegir el nivel apropiado para estimar las variaciones del carbono almacenado en los suelos minerales en el marco de la notificación de tierras agrícolas para el Protocolo de Kyoto..... 4.79

Figura 4.2.10 Ilustración conceptual de la matriz de los factores de la variación del carbono almacenado calculados para diferentes transiciones de uso y gestión de la tierra respecto de cada conjunto de combinaciones biofísicas (Nivel 1) 4.80

Figura 4.2.11 Representación esquemática de una variación del carbono almacenado en el suelo después de haberse impuesto un cambio en la gestión del secuestro de carbono..... 4.82

Figura 4.2.12 Ilustración conceptual de la matriz de factores de variación del carbono almacenado deducidos para diferentes transiciones de uso y gestión de la tierra para cada conjunto de combinaciones biofísicas (Nivel 2) 4.83

Figura 4.2.13 Árbol de decisiones para elegir el nivel metodológico al cual se han de notificar las variaciones del carbono almacenado en suelos orgánicos en el marco del Protocolo de Kyoto..... 4.86

Figura 4.3.1 Ejemplo de la relación entre el número de parcelas y el grado de precisión..... 4.107

Figura 4.3.2 Relación entre la magnitud de la estimación mínima confiable (EMC) en los Períodos de muestreo 1 y 2 y el intervalo de confianza de 95% en torno al contenido medio de carbono del suelo 4.109

Figura 4.3.3 Ejemplo de la forma en que cambia la variación porcentual absoluta del contenido medio de carbono del suelo (con un 95% de confianza) en un proyecto de forestación en relación con el intervalo de muestreo y el tamaño de la muestra 4.110

Cuadros

Cuadro 4.1.1 Resumen de las actividades de UTCUTS en el marco del Protocolo de Kyoto y de las correspondientes reglas de contabilidad 4.13

Cuadro 4.2.1 Relación entre las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto y las categorías básicas de uso de la tierra de la sección 2.2 ..... 4.23

Cuadro 4.2.2 Relación entre los procedimientos del Capítulo 2 y los métodos de notificación del Capítulo 4 ..... 4.28

Cuadro 4.2.3 Años civiles para los que se deben notificar las variaciones del carbono almacenado (para cada actividad y cada uno de los cinco depósitos descritos anteriormente), en función del tiempo en que se inició la actividad 4.35

Cuadro 4.2.4a Información complementaria sobre el inventario que debe notificarse antes del 1º de enero de 2007 o un año después de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto para la Parte, si éste es posterior 4.45

Cuadro 4.2.4b Información complementaria que debe notificarse para el inventario anual sobre gases de efecto invernadero durante el primer período de compromiso en conformidad con los Acuerdos de Marrakesh. 4.46

Cuadro 4.2.5 Matriz de transición de tierras 4.49

Cuadro 4.2.6a Cuadro para notificar (FR/D/GB) 4.50

Cuadro 4.2.6b Cuadro para notificar (GTA/GP/RV) 4.51

Cuadro 4.2.6c Cuadro para notificar (Proyectos) 4.52

Cuadro 4.2.7 Cuadro resumen de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes y absorción por sumideros por actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 y el artículo 6 para el año de inventario 4.53

Cuadro 4.2.8 Secciones en las que se pueden encontrar metodologías para estimar diferentes depósitos de carbono en tierras agrícolas 4.77

Cuadro 4.3.1 Matriz de decisión sobre posibles criterios de selección de los depósitos que habrán de medirse y vigilarse en los proyectos de UTCUTS 4.106

Cuadro 4.3.2 Prácticas de proyectos de UTCUTS que pueden tener como resultado emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ..... 4.118

Cuadro 4.3.3 Ubicación de los métodos y datos por defecto del IPCC para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ..... 4.120

Cuadro 4.A.1 Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa sobre el suelo de especies de madera dura y especies de pinos de zonas tropicales y templadas 4.126

Cuadro 4.A.2 Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa sobre el suelo de palmeras comunes en los bosques tropicales húmedos de América Latina 4.126

Cuadro 4.A.3 Ejemplos de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa sobre el suelo de algunas especies individuales usadas comunmente en los trópicos 4.127

Cuadro 4.A.4 Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa bajo el suelo o la biomasa de las raíces de los bosques 4.128

Recuadros

Recuadro 4.1.1 Ejemplos de atribución de unidades de tierra a actividades del párrafo 3 del artículo 3 y de tierras a actividades del párrafo 4 del artículo 3 en el tiempo 4.19

Recuadro 4.2.1 Ejemplo de coherencia en las prácticas de gestión 4.39

Recuadro 4.2.2 Vínculos 4.60

Recuadro 4.2.3 Vínculos..... 4.61

Recuadro 4.2.4 Vínculos..... 4.64

Recuadro 4.2.5 Vínculos..... 4.67

Recuadro 4.2.6 Vínculos..... 4.71

Recuadro 4.2.7 Vínculos..... 4.72

Recuadro 4.2.8 Ejemplo de superficies de gestión de tierras agrícolas en 1990 y el período de compromiso (contabilización neto-neto) 4.74

Recuadro 4.2.9 Vínculos..... 4.76

Recuadro 4.2.10 Vínculos..... 4.77

Recuadro 4.2.11 Ejemplos de influencias posibles de las variaciones del carbono almacenado en las emisiones de gases distintos del CO_2 ..... 4.88

Recuadro 4.2.12 Vínculos..... 4.91

Recuadro 4.2.13 Vínculos..... 4.92

Recuadro 4.2.14 Vínculos..... 4.95

Recuadro 4.2.15 Vínculos..... 4.96

Recuadro 4.3.1 Proyectos de forestación o reforestación 4.101

Recuadro 4.3.2 Proyectos de gestión de tierras agrícolas: Sustitución del sistema de labranza convencional por el de labranza cero en la agricultura 4.101

Recuadro 4.3.3 Proyectos de gestión forestal: Tala de impacto reducido..... 4.101

Recuadro 4.3.4 Proyectos de mejoramiento forestal: Plantación de enriquecimiento de bosques degradados o de crecimiento secundario 4.102

Recuadro 4.3.5 Orientación sobre la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de fuentes móviles 4.121

Recuadro 4.3.6 Proyectos de vigilancia con la participación de pequeños propietarios de tierras 4.122

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los métodos suplementarios y la orientación sobre las *buenas prácticas* específicamente relacionadas con las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) que contiene el Protocolo de Kyoto, y se examinan exhaustivamente los requisitos y metodologías para medir, estimar y comunicar las actividades a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si así lo ha elegido una Parte). Los métodos suplementarios y la orientación sobre las *buenas prácticas* del presente capítulo se aplican generalmente a las Partes que están incluidas en el Anexo B del citado Protocolo y que lo han ratificado. Este capítulo da asímismo orientación sobre las *buenas prácticas* para los proyectos de UTCUTS que se ejecutan en las Partes enumeradas en el Anexo B (proyectos en el ámbito del artículo 6) y los proyectos de forestación/reforestación que se ejecutan en las Partes no incluidas en el Anexo B del Protocolo de Kyoto (Artículo 12, proyectos relativos al mecanismo para un desarrollo limpio, o MDL), véase la Sección 4.3.[1]

En virtud de lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto, las Partes deben comunicar las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de CO_2 y otros gases de efecto invernadero que se deban a las actividades de UTCUTS a tenor del párrafo 3 del artículo 3, a saber la forestación (F), la reforestación (R) y la deforestación (D) desde 1990. También deberán informar sobre toda actividad con intervención humana elegida a tenor del párrafo 4 del artículo 3, que pueden ser: la gestión de bosques, el restablecimiento de la vegetación, la gestión de tierras agrícolas y la gestión de praderas.[2] En el período de compromiso, las Partes tienen que notificar una vez al año, junto con sus informes anuales de las emisiones por las fuentes y absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero, información complementaria relativa a UTCUTS en virtud de las disposiciones del Protocolo de Kyoto y los Acuerdos de Marrrakesh para garantizar el cumplimiento de sus compromisos sobre emisión-limitación y reducción[3]. La prescripción de notificación anual no supone la necesidad de hacer mediciones cada

---

[1] Se supone que el lector está familiarizado con los párrafos 3, 4 y 7 del artículo 3, 6 y 12 del Protocolo de Kyoto (http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf).

[2] Las condiciones relativas a UTCUTS se exponen en el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión-/CMP. 1 (uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura) que está contenido en el documento FCCC/CP/2001/Add.1, págs. 61 y 62:

"Forestación": conversión, por actividad humana directa, de tierras que carecieron de bosque durante un período mínimo de 50 años en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales;

“Reforestación”: conversión por actividad humana directa de tierras no boscosas en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales en terrenos donde antiguamente hubo bosques, pero que están actualmente deforestados. En el primer período de compromiso, las actividades de reforestación se limitarán a la reforestación de terrenos carentes de bosques al 31 de diciembre de 1989;

"Deforestación”: conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales;

"Restablecimiento de la vegetación”: actividad humana directa que tiene por objeto aumentar el carbono almacenado en determinados lugares mediante el establecimiento de vegetación en una superficie mínima de 0,05 ha y que no se ajusta a las definiciones de forestación y reforestación enunciadas en este artículo;

"Gestión de bosques": sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales con el objeto de permitir que el bosque cumpla funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales de manera sostenible;

"Gestión de tierras agrícolas": sistema de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola;

"Gestión de praderas": sistema de prácticas en tierras dedicadas a la ganadería para manipular la cantidad y el tipo de vegetación y de ganado producidos.

[3] Párrafo 5 del anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 26: *Cada parte del anexo I incluirá en su inventario anual de los gases de efecto invernadero información sobre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de los gases de efecto invernadero relacionadas con las actividades de uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura con arreglo al párrafo 4 del artículo 3, con arreglo al párrafo 2 del artículo 5, y de conformidad con toda orientación sobre las buenas prácticas derivada de las decisiones pertinentes de la CP/RP sobre uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura. Las estimaciones en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 se distinguirán claramente de las emisiones antropógenas de las fuentes enumeradas en el anexo A del Protocolo de Kyoto. Al presentar la información solicitada supra, cada Parte del anexo I incluirá en el informe los elementos especificados en los párrafos 6 a 9 infra, teniendo en consideración los valores seleccionados de conformidad con el párrafo 16 del anexo a la decisión.../CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura).* La nota sobre la palabra “anual” en la primera frase dice: *Se reconoce en las Directrices del IPCC, versión revisada de 1996, que la práctica actual en materia de uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura no implica necesariamente que cada año se recopilen datos a los efectos de preparar los inventarios anuales sobre una buena base científica.*

Párrafo 3 del artículo 7 del Protocolo de Kyoto: *Cada una de las Partes incluida en el Anexo I presentará la información solicitada en el párrafo 1 supra anualmente, comenzando por el primer inventario que deberá presentar de conformidad con la Convención para el primer año del período de compromiso después de la entrada en vigor del presente Protocolo para esa Parte [...]*

año; ahora bien, se cuenta con que las Partes elaboren sistemas que combinen las mediciones, los modelos y otros instrumentos que les permitan informar sobre una base anual.

Relación entre la CMCC y la presentación de informes en virtud del Protocolo de Kyoto:

La información que debe notificarse en virtud de lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto complementa la notificada en virtud de la Convención. Los países no tienen que presentar dos inventarios separados, pero deben proporcionar información a tenor de lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto, en el informe relativo al inventario.[4]

En la práctica, las circunstancias nacionales, y concretamente los detalles técnicos de los sistemas de contabilización del carbono establecidos por cada país, determinarán la secuencia en la cual se recopila la información para notificar. Por ejemplo, es posible comenzar con el inventario de la CMCC (con la información espacial adicional prescrita para notificar en virtud del Protocolo de Kyoto) y hacerla extensiva al inventario relativo al Protocolo de Kyoto, o bien es posible utilizar un sistema que genere la información tanto con respecto a la CMCC como al Protocolo de Kyoto.

Ejemplo: cuando una Parte que ha elegido la gestión de tierras agrícolas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3 prepara su inventario para tierras agrícolas en conformidad con lo dispuesto en la Sección 3.3 de esta Orientación para presentarlo en virtud de la CMCC, es eficiente al hacerlo utilizar la estratificación en límites geográficos (Sección 4.2.2). Seguidamente, al preparar la información complementaria para notificar en virtud del Protocolo de Kyoto, la Parte delimitaría las superficies de tierras agrícolas relativas a la CMCC que anteriormente eran bosques (Sección 3.3.2, tierras convertidas en tierras agrícolas), notificaría esta información bajo el título de deforestación con arreglo a lo dispuesto en el párrafo 3 del artículo 3, y notificaría las tierras agrícolas restantes a tenor del párrafo 4 del artículo 3.

En este capítulo se estudian las condiciones complementarias para la notificación de las estimaciones y los inventarios necesarios para la contabilización a tenor del Protocolo de Kyoto. Ahora bien, no se aborda la aplicación de las reglas de contabilidad acordadas en el Protocolo de Kyoto y los Acuerdos de Marrakesh (tales como los topes límites máximos, la contabilización neto-neto[5] y otras disposiciones específicas relativas a la contabilidad). Ello se debe a que la contabilidad es una cuestión política y no está tratada en la solicitud al IPCC. La estimación se refiere al modo en que se calculan las estimaciones de inventario, la notificación en los cuadros y otros formatos uniformes utilizados para transmitir la información relativa a los inventarios. La contabilidad se refiere a la manera en que se utiliza la información para evaluar el cumplimiento de los compromisos dimanantes del Protocolo.

Los Acuerdos de Marrakesh se refieren a la tierra de dos modos, y aquí se adoptan estos términos:

- Por *unidades de tierra* se entiende a las superficies sometidas a las actividades definidas según el párrafo 3 del artículo 3, a saber: forestación, reforestación y deforestación
- Por *tierra* se entiende las zonas sometidas a las actividades definidas por el párrafo 4 del artículo 3, a saber: gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales, y restablecimiento de la vegetación.

4.1.1 Descripción general de las etapas para estimar y notificar información complementaria sobre las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 y en los artículos 6 y 12

En esta sección se presenta una descripción general de las etapas necesarias para estimar, medir, vigilar y notificar las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones y absorción de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 relativas a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 y a los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto. En las Secciones 4.2 y 4.3 se presentan métodos detallados y orientación sobre las buenas *prácticas* para cada actividad.

---

[4] Párrafo 1 del artículo 7 del Protocolo de Kyoto: *Cada una de las Partes incluidas en el anexo I incorporará en su inventario anual […] la información suplementaria necesaria a los efectos de asegurar el cumplimiento del artículo 3 […].*

Párrafo 2 del artículo 7 del Protocolo de Kyoto: *Cada una de las Partes incluidas en el anexo I incorporará en la comunicación nacional que presente de conformidad con el artículo 12 de la Convención la información suplementaria necesaria para demostrar el cumplimiento de los compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo.*

[5] La contabilización neto-neto se refiere a las disposiciones del párrafo 9 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura) que está contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 63.

ETAPA 1: Definir el término "bosque", aplicar las definiciones a las circunstancias nacionales, estableciendo las condiciones de precedencia y/o jerarquía entre las actividades seleccionadas relativas al párrafo 4 del artículo 3

ETAPA 1.1: Seleccionar los valores numéricos en la definición del término "bosque"[6].

Las Partes deben decidir a finales de 2006 su elección de los parámetros para definir el bosque, es decir, deberán elegir una extensión mínima (0,05-1 ha), la densidad mínima de copas en la madurez (10-30%), y la altura arbórea mínima en la madurez (2-5m). Las superficies que cumplan estos criterios mínimos son consideradas bosque, y lo son asimismo los bosques recientemente alterados o los bosques jóvenes de los que se espera que alcancen estos parámetros umbral. Los valores numéricos de esos parámetros no pueden modificarse durante el período de compromiso. Cada Parte tiene que justificar en su notificación que esos valores están en conformidad con la información comunicada históricamente a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación u otros órganos internacionales, y caso de que discrepen, deben explicar por qué y cómo se escogieron valores diferentes.

Además de la superficie mínima de bosque, es una *buena práctica* que los países especifiquen la anchura mínima que van a aplicar a la definición de bosque y las unidades de tierras sometidas a actividades de forestación, reforestación y deforestación, según se explica en la Sección 4.2.2.5.1.

ETAPA 1.2: Aplicar las definiciones a las circunstancias nacionales.

Las Partes deben decidir y notificar para finales de 2006 qué actividades (si las hay) relativas al párrafo 4 del artículo 3 han elegido (gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y/o restablecimiento de la vegetación). Es una *buena práctica* que las Partes establezcan documentalmente, para cada actividad elegida, la manera en que se aplicarán las definiciones a las circunstancias nacionales, y que enumeren los criterios para determinar a que actividad sería atribuida una tierra. Estos criterios deberían escogerse de tal modo que minimicen o eviten la superposición, y deberían responder a los criterios de orientación que se dan en el árbol de decisiones de la Figura 4.1.1, Sección 4.1.2.

ETAPA 1.3: Establecer las condiciones de precedencia y/o una jerarquía entre las actividades seleccionadas correspondientes al párrafo 4 del artículo 3.

En los casos en que pueda haber superposición, es una *buena práctica* que el país especifique sus condiciones de precedencia y/o jerarquía entre las actividades correspondientes al párrafo 4 del artículo 3 antes del período de compromiso, en lugar de hacerlo caso por caso. Por ejemplo, si la tierra podría entrar a la vez en la categoría de gestión de tierras agrícolas y de gestión de bosques (como en los sistemas agroforestales), es una *buena práctica* aplicar consecuentemente el esquema especificado de condiciones de precedencia y/o jerarquía [7] para determinar en qué actividad se va a notificar la tierra.

ETAPA 2: Identificar las tierras sometidas a las actividades en el ámbito del párrafo 3 del artículo 3 y cualquier otra actividad elegida a tenor de lo dispuesto en el párrafo 4 del artículo 3.

La segunda etapa de la evaluación de inventarios es determinar las superficies en las que han tenido lugar las actividades desde 1990 (y para las cuales han de calcularse las emisiones y las absorciones). Esta etapa se basa en las modalidades que se describen en el Capítulo 2.

ETAPA 2.1: Compilar la información sobre uso de la tierra y cubierta terrestre en 1990 para las actividades pertinentes.

Utilizando la definición seleccionada de bosque, elaborar los medios para determinar las zonas forestales y no forestales en 1990. Esta labor debe realizarse con ayuda de un mapa que identifique todas las superficies consideradas bosque al 1º de enero de 1990. Todas las actividades de cambio de uso de la tierra relacionadas con los bosques desde 1990 pueden determinarse seguidamente con referencia a este mapa de base (véase la

[6] Según los Acuerdos de Marrakesh, "bosque" es una superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% con árboles que puede alcanzar una altura mínima de 2 y 5 metros (m) a su madurez *in situ*. Un bosque puede consistir en formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara. Se consideran bosques también las masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado una densidad de copas de entre el 10 y el 30% o una altura de los árboles de entre 2 y 5 m, así como las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo de la explotación, o de causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque. Véase el párrafo 1 a) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

[7] Tales como, por ejemplo, "se da precedencia a la actividad predominante", o "se da precedencia a la gestión de tierras agrícolas".

Sección 4.2.2.2 Métodos para la notificación de las tierras sometidas a las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3).

ETAPA 2.2: Estratificar el país en zonas de tierras cuyos límites geográficos se notificarán, así como sobre la superficie de las unidades de tierra sometidas a lo dispuesto en el párrafo 3 del artículo 3 y/o las superficies de tierras sometidas a lo previsto en el párrafo 4 del artículo 3 dentro de estos límites geográficos (véase la Sección 4.2.2.4). Esta etapa puede omitirse si se utiliza el Método de notificación 2 (véase la Sección 4.2.2.2).

ETAPA 2.3: Identificar las unidades de tierra que desde 1990 están sometidas a las actividades definidas en el párrafo 3 del artículo 3, y estimar la superficie total de estas unidades de tierra dentro de cada límite geográfico. En el Método de notificación 2 (véase la Sección 4.2.2.2) la estimación de la superficie de las unidades de tierra se llevará a cabo separadamente para cada unidad de tierra.

El párrafo 3 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto estipula que las variaciones netas del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante el período de compromiso sobre las superficies sometidas a forestación (véase nota de pie de página 1), reforestación (R) y deforestación (D) desde 1990 se utilizan para cumplir compromisos derivados de lo dispuesto en el artículo 3. Los Acuerdos de Marrakesh exigen a las Partes que estimen la superficie de las unidades de tierras que han quedado sometidas a forestación, reforestación y/o deforestación dentro de los límites mencionados en la Etapa 2.2 (para los detalles, véanse las Secciones 4.2.2.2, 4.2.5 y 4.2.6).

ETAPA 2.4: Identificar las superficies de las tierras sometidas a actividades elegidas a tenor del párrafo 4 del artículo 3 y estimar su superficie total dentro de cada límite geográfico. En el marco del Método de notificación 2 (véase la Sección 4.2.2.2) la estimación de la tierra se llevará a cabo separadamente para cada área de tierra sometida a las actividades elegidas a tenor del párrafo 4 del artículo 3.

En lo que respecta a la gestión de bosques (GB), caso de elegirse, cada Parte ha de identificar la superficie de tierras sometidas a gestión de bosques en cada año de inventario del período de compromiso. Una Parte podría interpretar la definición de gestión de bosques en términos de prácticas especificadas de gestión de bosques, tales como lucha contra incendios, la explotación o tala parcial realizadas desde 1990. Por el contrario, un país podría interpretar la definición de gestión de bosques en el sentido de una amplia clasificación de tierras sometidas a un sistema de prácticas de gestión de bosques sin necesidad de que haya habido una práctica especificada de gestión de bosques en cada tierra. (Para los detalles véanse las Secciones 4.2.2.2 y 4.2.7).[8]

En lo que respecta a la gestión de tierras agrícolas (GTA), la gestión de pastizales (GP) o el restablecimiento de la vegetación (RV) hay que determinar la superficie objeto de cada una de estas actividades en cualquier año de inventario durante el período de compromiso. Como ya se ha tratado con más detalle en las Secciones 4.2.8 a 4.2.10, habrá que determinar asimismo la superficie dedicada a esta misma actividad en 1990 (o el año de base aplicable), ya que hay que conocer las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en esta superficie en 1990 a fin de aplicar las reglas de contabilización neto-neto de los Acuerdos de Marrakesh (véase la Sección 4.2.8.1.1).

ETAPA 2.5: Identificar las zonas en las que se ejecutan proyectos en virtud del artículo 6.

Algunas unidades de tierras sometidas a lo estipulado en el párrafo 3 del artículo 3 o tierras sometidas a lo estipulado en el párrafo 4 del artículo 3 pueden ser asimismo proyectos previstos en el artículo 6 del Protocolo de Kyoto. Estas tierras deben ser notificadas a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si se eligió la actividad pertinente). Además, hay que delimitar estas unidades de tierra o tierras, y las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 deben notificarse separadamente como parte de la notificación relativa al proyecto (véase la Sección 4.3). La relación entre la estimación y la notificación de actividades a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, y los proyectos que se ejecutan en el marco del artículo 6, se analizan en la Sección 4.1.3.

ETAPA 3: Estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en las tierras identificadas según la Etapa 2.

Esta etapa está basada en las metodologías expuestas en el Capítulo 3 (Orientación de las *buenas prácticas* en el sector de CUTS) y presenta metodologías complementarias relativas a la notificación de las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 según el Protocolo de Kyoto.

[8] Las posibles cuestiones relativas a una contabilización no equilibrada a resultas de una inclusión selectiva de la ordenación de bosques y restablecimiento de la vegetación se tratan en el informe del IPCC titulado *Definiciones y opciones metodológicas para elaborar inventarios de las emisiones resultantes de la degradación de los bosques y la eliminación de otros tipos de vegetación debidas directamente a la actividad humana*.

ETAPA 3.1: Estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 para cada año del período de compromiso, en todas las zonas sometidas a forestación, reforestación o deforestación (identificadas en la Etapa 2.3) y todas las zonas sometidas a las actividades elegidas previstas en el párrafo 4 del artículo 3 (identificadas en la Etapa 2.4), cuidando de que no haya ni vacíos ni doble cómputo.

La estimación de las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 relativas a una actividad comienza con el inicio de la actividad o el principio del período de compromiso, si éste es posterior. Para más detalles respecto del comienzo de la actividad véase la Sección 4.2.3.2 (Años para los cuales se deben estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2).

ETAPA 3.2: Estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en los proyectos relativos al artículo 6 (véase la Sección 4.3.3 Medición, vigilancia y estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2).

Para los proyectos relativos al artículo 12:

ETAPA 1: Identificar las zonas. (Pueden hallarse detalles al respecto en la Sección 4.3.2 Ámbito del proyecto)

ETAPA 2: Estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. (Pueden hallarse detalles al respecto en la Sección 4.3.3 Medición, vigilancia y estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2).

El Cuadro 4.1.1 ofrece una descripción general de las actividades de UTCUTS en el Protocolo de Kyoto, y de las reglas de contabilidad prescritas por los Acuerdos de Marrakesh. Esta información se presenta aquí en forma resumida porque incide en las prescripciones relativas a la estimación complementaria y a la notificación de inventarios según lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto.

CUADRO 4.1.1
RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE UTCUTS EN EL MARCO DEL PROTOCOLO DE KYOTO Y DE LAS CORRESPONDIENTES REGLAS DE CONTABILIDAD

Actividades	Contabilización neto- neto [9]	Escenario de base	Límite máximo de los créditos[10]
Párrafo 3 del artículo 3 (forestación, reforestación, deforestación)	No	No	No
Párrafo 4 del artículo 4 (gestión de bosques)	No	No	Sí
Párrafo 4 del artículo 3 (las demás)	Sí	No	No
Artículo 6	No	Sí	Sí para la gestión de bosques
Artículo 12 (mecanismo para un desarrollo limpio)	No	Sí	Sí

[9] La contabilización neto-neto se refiere a las disposiciones del párrafo 9 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura) que figuran en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 63.

[10] Véanse los párrafos 10 a 12 y 14 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura) que figuran el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, págs. 63 y 64.

4.1.2 Reglas generales para clasificar las áreas de tierra a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3

En el Capítulo 2 (Base para la representación coherente de las áreas de tierra) se describen métodos para clasificar y representar las superficies de tierra correspondientes a las actividades de UTCUTS. Esta es la base de la orientación de las *buenas prácticas* del Capítulo 4 para identificar todas las tierras pertinentes, para la notificación según el Protocolo de Kyoto y para evitar el doble cómputo de tierras. Es una *buena práctica* seguir las indicaciones del árbol de decisiones que se presenta en la Figura 4.1.1 para cada año del período de compromiso a fin de:

- Distinguir entre actividades de forestación, reforestación, deforestación, gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, así como para eliminar posibles duplicaciones y vacíos entre ellas; y
- Atribuir tierras a una sola actividad en un momento determinado (es decir, cada año del período de compromiso 2008-2012). Hay que hacerlo así en razón de posibles cambios en el uso de la tierra que pueden originar un doble cómputo de las unidades de tierras/tierras sometidas a lo dispuesto en los párrafos 3 y/o 4 del artículo 3. En los ejemplos del Recuadro 4.1.1 al final de esta sección se dan más orientaciones sobre el modo de tratar los cambios del uso de la tierra en el tiempo.

El árbol de decisiones de la Figura 4.1.1 está basado en las definiciones de los Acuerdos de Marrakesh (AM) e identifica una sola actividad para un año determinado X del período de compromiso en el cual debería presentarse información sobre la tierra. El árbol de decisiones reconoce que una tierra determinada podría ser objeto de notificación bajo diferentes actividades con el paso del tiempo, a reserva de ciertas condiciones que se explican más adelante. El árbol de decisiones debe emplearse anualmente durante el período de compromiso con objeto de actualizar la atribución de tierras a distintas actividades, teniendo así en cuenta los cambios que haya habido en el uso de la tierra. Esto puede hacerse mediante un seguimiento anual de la tierra o mediante interpolación.

Hay dos ramas principales en el árbol de decisiones de la Figura 4.1.1. Si una unidad de tierra fue objeto de una actividad de forestación, reforestación o deforestación desde 1990, y si además una Parte ha elegido una o varias actividades correspondientes al párrafo 4 del artículo 3, se debería responder a las preguntas de la rama de la derecha con objeto de determinar si la tierra era también objeto de una actividad elegida según el párrafo 4 del artículo 3 (clasificación secundaria). Se precisa esta información para atender las necesidades de notificación de los Acuerdos de Marrakesh [11] y para demostrar que no ha habido doble cómputo (lo que podría ocurrir si no se aplicó la enumeración completa). En las Secciones 4.2.5 a 4.2.10 inclusive se presentan árboles de decisiones más detallados para determinar si la tierra o una unidad de tierra es objeto de actividades específicas.

[11] Párrafo 6 b), inciso ii) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, págs. 26 y 27:

6. La información general que debe presentarse en relación con las actividades del párrafo 3 del artículo 3, y con cualesquiera actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3, deberá incluir lo siguiente:[…]

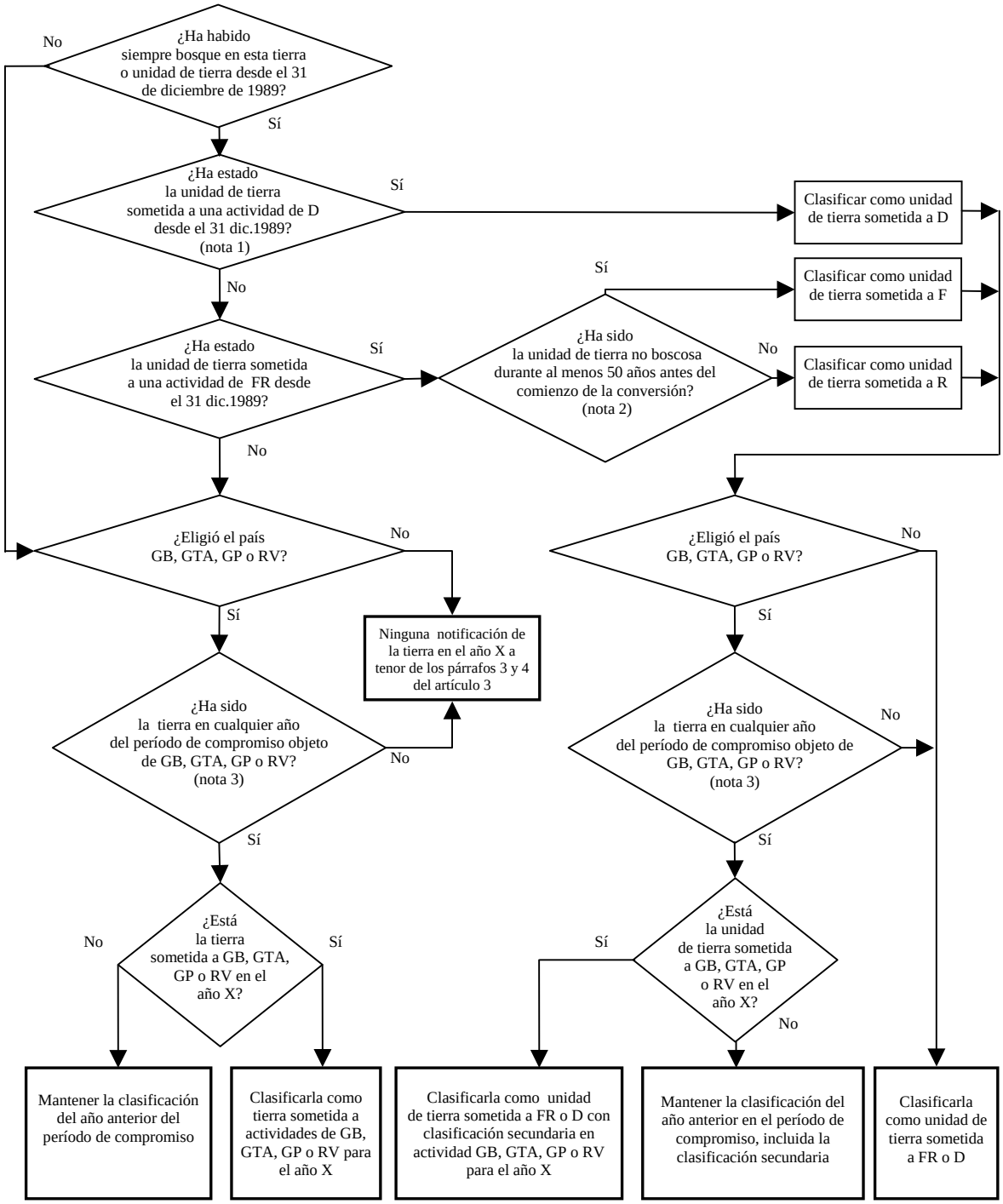
b) La ubicación geográfica de las fronteras de las zonas que abarcan:

i) Las unidades de tierra sometidas a actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3;

ii) Las unidades de tierra sometidas a actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3, que de otra manera formarían parte de la tierra sometida a actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3, según lo dispuesto en el párrafo 8 del anexo a la decisión …/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura); y

iii) La tierra sometida a actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3.

Figura 4.1.1 Árbol de decisiones para clasificar una unidad de tierra según el párrafo 3 del artículo 3 (FRD) o tierra a tenor del párrafo 4 del artículo 3 (GB,GTA, GP y RV) en el año X del período de compromiso (2008, 2009, …, 2012)



Nota 1: No importa que haya sido objeto de una actividad FR anteriormente.
Nota 2: La distinción entre F y R es con frecuencia irrelevante, en particular si se aplica la misma metodología.
Pero a veces pueden diferir en la velocidad y dirección de la variación del carbono almacenado en suelo y en el mantillo.
Nota 3: Aplíquese esta prueba únicamente a las actividades que haya elegido el país.

Abreviaturas utilizadas en la figura:

FR	Forestación / reforestación	D	Deforestación	GB	Gestión de bosques
GTA	Gestión de tierras agrícolas	GP	Gestión de pastizales	RV	Restablecimiento de la vegetación

La parte izquierda se refiere a las tierras sobre las que se informa con arreglo al párrafo 4 del artículo 3, y ha de ser verificada por las Partes que han elegido una o varias actividades descritas en dicho párrafo. La verificación es necesaria para saber si una tierra está sometida a una actividad correspondiente al párrafo 4 del artículo 3, y también para determinar qué actividad correspondiente a él (si es elegida) ha sido aplicada a la tierra en la fecha más reciente. Si una tierra está sometida a más de una actividad del párrafo 4 del artículo 3 con el paso del tiempo, es una *buena práctica* clasificar esa tierra únicamente en una categoría del párrafo 4 del artículo 3. Por consiguiente, es una *buena práctica* para los países establecer una jerarquía entre las actividades de gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación, y - en el ámbito de las definiciones de los Acuerdos de Marrakesh - determinar criterios mediante los cuales las tierras se atribuirán a una sola categoría (véase la Sección 4.1.1, Descripción general, ETAPA 1.3). Por ejemplo, cuando se practican en la misma tierra la agricultura y silvicultura, la tierra puede clasificarse en gestión de bosques y gestión de tierras agrícolas o gestión de pastizales. Es una *buena práctica* atribuir la tierra siguiendo reglas específicas determinadas previamente, en lugar de hacerlo caso por caso. Las definiciones que se figuran en los Acuerdos de Marrakesh implican que

- La gestión de bosques puede hacerse únicamente en tierras que corresponden a la definición de bosque;
- El restablecimiento de la vegetación puede hacerse únicamente cuando la tierra no era bosque ni antes ni después de la transición (de lo contrario sería forestación, reforestación o gestión de bosques); y
- La gestión de pastizales y de tierras agrícolas puede hacerse en tierras boscosas o no boscosas, pero en la práctica se hará en su mayoría en éstas últimas. Cualquier tierra de bosque en régimen de gestión de pastizales o de tierras agrícolas puede estar sometida a una actividad de deforestación.

En lo que respecta a la relación entre gestión de bosques, por una parte, y gestión de tierras agrícolas/pastizales, por otra, los países tienen dos opciones: 1) Es una *buena práctica* interpretar la definición de gestión de bosques de forma que se incluyan todos los bosques gestionados, incluidos aquellos en los que también se practica la gestión de tierras agrícolas y de pastizales. De este modo, todas las tierras objeto de gestión de pastizales o de tierras agrícolas tendrían que ser necesariamente de la categoría no boscosa. 2) En cambio, es también una *buena práctica* utilizar criterios definidos previamente distintos de "bosque/no bosque" para determinar si una superficie de tierra es objeto de gestión de bosques o de gestión de pastizales/gestión de tierras agrícolas. En tal caso, es posible incluir algunas tierras de bosques en el epígrafe gestión de tierras agrícolas o de pastizales.

Se debe tener especial cuidado en evitar la superposición o los vacíos entre tierras objeto de restablecimiento de la vegetación (si se ha elegido) que podrían ser aptas para la clasificación como gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales o posiblemente gestión de bosques (si se ha elegido).

Además, ha de observarse que:

- El árbol de decisiones de la Figura 4.1.1 no basta para identificar a todas las tierras que corresponden a cada actividad. Para notificar estas tierras, es una *buena práctica* seguir la orientación metodológica que se da en "Identificación de las tierras" en la Sección genérica 4.2.2 y en las secciones por actividad sobre identificación de la tierra (Secciones 4.2.5.1 / 4.2.6.1 / 4.2.7.1 / 4.2.8.1 / 4.2.9.1 y 4.2.10.1).
- Por lo que se refiere al primer período de compromiso, es de aplicación el párrafo 3 del artículo 3 a la tierra objeto de una actividad de forestación, reforestación o deforestación en cualquier momento entre el 1º de enero de 1990 y el 31 de diciembre de 2012.
- Para la notificación durante el período de compromiso es de aplicación el párrafo 4 del artículo 3 a la tierra objeto de una actividad elegida de gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, y gestión de pastizales durante el período de compromiso[12] [13]. El párrafo 4 del artículo 3 es asimismo aplicable a la tierra objeto de restablecimiento de la vegetación como consecuencia de actividad humana directa desde el 1º de enero de 1990. [14]

[12] A la inversa, para el año de base de notificación, se aplica el párrafo 4 del artículo 3 a la tierra que fue objeto de una actividad elegida de gestión de bosques, gestión de pastizales o restablecimiento de la vegetación en el año de base.

[13] La razón es que si una tierra fue objeto de una actividad contemplada en el párrafo 4 del artículo 3 entre el 1º de enero de 1990 y el 31 de diciembre de 2007, pero ha dejado de serlo en los años 2008-2012, no podría contabilizarse en el marco del Protocolo de Kyoto. La notificación sobre el carbono relativa a esta tierra durante el período de compromiso sería sumamente complicada, porque la tierra estaría sometida a un uso diferente. La tierra que abandonó la categoría de gestión de bosques como consecuencia de la deforestación sería objeto naturalmente de notificación a tenor del párrafo 3 del artículo 3.

[14] Como se dice en la ETAPA 1.2, es una *buena práctica* aplicar las definiciones de las actividades a que se refiere el párrafo 4 del artículo 3 a las circunstancias nacionales. Al hacerlo, puede haber actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 en las que una práctica individual provoca la notificación de esa tierra ("actividades definidas restrictivamente"). Esto se aplicará probablemente al restablecimiento de la vegetación, y también posiblemente a la gestión de bosques, y hay

- Una vez que se ha informado sobre la tierra según lo previsto en los párrafos 3 y 4 del artículo 3, todas las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero por fuentes y absorción por sumideros en esta tierra tienen que ser notificados durante el primero y a lo largo de los períodos de compromiso siguientes[15], salvo que la Parte decida no presentar informe sobre un depósito que ha demostrado no ser una fuente según se explica en la Sección 4.2.3.1. Es decir, la superficie total de tierra incluida en las actividades de notificación contempladas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 nunca podrá disminuir.
- Si ha habido alguna actividad durante el período de compromiso, es posible que se pueda notificar una unidad de tierra o tierra bajo diferentes actividades del párrafo 3 del artículo 3 y/o del párrafo 4 en el tiempo durante el período de compromiso. Ahora bien, sólo se puede notificar cada año una sola actividad.
- A fin de evitar la notificación de tierras o de unidades de tierra en más de un actividad en cualquier año del período de compromiso, deben aplicarse las reglas siguientes:

  i) Las unidades de tierra objeto de actividades en virtud del párrafo 3 del artículo 3 que de lo contrario formarían parte de las tierras sometidas a una actividad prevista en el párrafo 4 del artículo 3 (véase el inciso ii) de la nota de pie de página 11) han de notificarse separadamente como tierras sometidas a la vez a actividades contempladas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (denominadas tierras de reforestación o deforestación con clasificación secundaria en el árbol de decisiones). El árbol de decisiones implica que la forestación, reforestación o deforestación tienen precedencia sobre las demás actividades para fines de clasificación y notificación de tierras no sólo en un año determinado sino también para todo el período comprendido entre 1990 y 2012. [16]

  ii) En lo que respecta a las tierras dedicadas a varias actividades según el párrafo 4 del artículo 3, es una *buena práctica* aplicar los criterios nacionales que establecen la jerarquía entre las actividades del párrafo 4 del artículo 3 (en los Acuerdos de Marrakesh no se supone que haya precedencia entre las actividades del párrafo 4 del artículo 3, véase la ETAPA 1.3).
- Una tierra sometida a cambios de uso de la tierra (CUT) puede pasar de una categoría a otra en los casos siguientes:
  - La tierra de forestación/reforestación que posteriormente es deforestada se reclasifica como tierra de deforestación (la Sección 4.2.4.3.2 describe disposiciones específicas para las unidades de tierra objeto de actividades de forestación y reforestación desde 1990).
  - La tierra con una actividad elegida según el párrafo 4 del artículo 3 se convierte en tierra dedicada a otra actividad elegida según el párrafo 4 del artículo 3 y, consecuentemente, ha de reclasificase.
  - La tierra objeto de una actividad elegida según el párrafo 4 del artículo 3 pasa a ser objeto de un actividad prevista en el párrafo 3 del artículo 3 y ha de ser notificada posteriormente dentro de esta última.
- Por otra parte, las siguientes transiciones no son posibles. Obsérvese que estas restricciones son aplicables a la notificación en virtud del Protocolo de Kyoto (pero naturalmente no afectan a la gestión que practica realmente un país en sus tierras):
  - La tierra no puede pasar de una actividad elegida según el párrafo 4 del artículo 3 a otra actividad de ese mismo párrafo que no fue elegida.
  - La tierra no puede dejar de ser notificada según lo previsto en el párrafo 3 del artículo 3.
  - La tierra de deforestación no puede pasar a ser tierra de forestación/reforestación en el primer período de compromiso. Es decir, si se establece un bosque en tierra deforestada desde 1990, las absorciones de carbono no pueden notificarse como actividad de reforestación durante el primer período de compromiso, a causa de los límites temporales de la definición de reforestación convenidos en los Acuerdos de

que notificar todas las tierras que sean objeto de esta actividad desde 1990 (como para forestación/reforestación y deforestación). Por otra parte, habrá actividades previstas en el párrafo 4 del artículo 3 en las que la mera clasificación de tierra, sin una práctica concreta, bastará para que la tierra sea objeto de informe ("actividades definidas ampliamente"). Así ocurre probablemente en la gestión de tierras agrícolas y la gestión de pastizales - porque en esos casos las prácticas se harán con toda probabilidad de todos modos sobre una base anual. Basta aquí con presentar informes sobre las tierras que son objeto de la actividad en el año de la notificación del período de compromiso.

[15] Párrafo 19 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 65.

[16] Está implícito en los textos de los Acuerdos de Marrakesh citados en la nota de pie de página 11, apartado b, ii).

Marrakesh, concebidos para no acreditar la reforestación a tierras que fueron forestales en 1990.[17] Ahora bien como es necesario seguir notificando plenamente y sin interrupción las tierras sometidas a actividades relativas a los párrafos 3 y 4 del artículo 3, todo aumento del carbono almacenado que ocurra más adelante en el período de compromiso en tierras de deforestación será notificado en la categoría de deforestación.

- Puede ser difícil definir los límites entre los sistemas de gestión de bosques y de tierras agrícolas o de pastizales cuando estas actividades se practican en la misma zona de tierras. El árbol de decisiones de la Figura 4.1.1 sugiere que la plantación, después de 1990, de árboles o huertos, como franjas protectoras que satisfacen los criterios de definición de un bosque se notificarían en la categoría de forestación o reforestación, incluso si se hace en tierras de uso principalmente agrícola. No obstante, si las franjas protectoras y los huertos existían ya en 1990, el árbol de decisiones supone que el país puede dar prioridad a la categoría de notificación que corresponde al párrafo 4 del artículo 3 ya sea como gestión de tierras agrícolas o gestión de pastizales, o bien gestión de bosques, a condición de que la tierra responda a la definición de la categoría escogida y de que el orden de prioridades sea compatible con la jerarquía de las actividades correspondientes al párrafo 4 del artículo 3 establecida al principio. Por ejemplo, si parece que las franjas protectoras o los bosques propiedad de agricultores no son parte de la gestión de bosques como tales, y están claramente asociados a sistemas de cultivo o pastizales, el sistema de jerarquía establecido por un país podría determinar que eso se notifique en la categoría de gestión de tierras agrícolas o gestión de pastizales.

En resumen, esto significa que la superficie definida por el párrafo 3 del artículo 3 (tierras de forestación, reforestación y deforestación) pasará de 0 hectáreas el 1º de enero de 1990 hasta un cierto valor en 2012. Las categorías de forestación, reforestación y deforestación deberían contener, en un determinado momento, todas las superficies de tierra que han sido forestadas, reforestadas o deforestadas desde 1990. La superficie que fija el párrafo 3 del artículo 3 (deforestación) se mantendrá constante o aumentará durante el período de compromiso. La superficie de tierra de la categoría de forestación y reforestación aumentará en general, pero también puede disminuir si las tierras de forestación y reforestación están sometidas a actividades de deforestación.

La cantidad de tierras clasificadas en las categorías de gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación puede fluctuar a causa de los diversos cambios de uso de la tierra. Es poco probable que esas superficies se mantengan constantes con el paso del tiempo para los fines de notificación porque, por ejemplo:

- Se permite que aumenten las superficies de las tierras de forestación y reforestación, y de deforestación;
- Las tierras de pastizales se convierten en tierras agrícolas y viceversa;
- Las tierras de vegetación restablecida pueden convertirse en tierras agrícolas o pastizales o viceversa;
- Las superficies en gestión de bosques pueden aumentar, por ejemplo, a medida que los países amplían su infraestructura viaria a zonas que hasta entonces no estaban gestionadas.

El Recuadro 4.1.1 contiene varios ejemplos que resumen los Acuerdos de Marrakesh, y las consideraciones aplicables a las tierras sometidas a las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Las secciones precedentes del Capítulo 4 dan simplemente una descripción general de los Acuerdos de Marrakesh. Para explicaciones más detalladas de las ideas que subyacen en los ejemplos del Recuadro 4.1.1, se remite al lector a las explicaciones detalladas de las secciones restantes del Capítulo 4.

[17] Párrafo 1 c) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

RECUADRO 4.1.1
EJEMPLOS DE ATRIBUCIÓN DE UNIDADES DE TIERRA A ACTIVIDADES DEL PÁRRAFO 3 DEL ARTÍCULO 3 Y DE TIERRAS A ACTIVIDADES DEL PÁRRAFO 4 DEL ARTÍCULO 3 EN EL TIEMPO

Con los siguientes ejemplos se pretende mostrar conceptualmente cómo se clasificarían las diferentes transiciones del uso de la tierra en diferentes años de inventario en el marco del Protocolo de Kyoto. Esto no quiere decir necesariamente que la transición del uso de la tierra pueda medirse directamente sobre una base anual. Obsérvese que, en lo relativo a las tierras agrícolas y de pastizales, sólo las variaciones del carbono almacenado se analizan en los ejemplos que vienen a continuación. Las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 relativas a esas tierras se notifican según el sector Agricultura de las *Directrices del IPCC* (Sección 4.5.2 del Manual de Referencia), independientemente de cuáles sean las actividades relativas al párrafo 4 del artículo 3 elegidas por la Parte.

Ejemplo 1: Una tierra en gestión de bosques es deforestada en 1995 y convertida en tierra agrícola.

2008-2012: Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra se notifican en la categoría de deforestación. Se debe utilizar la metodología para las tierras agrícolas que fueron anteriormente bosques (Sección 3.3.2).

Las variaciones del carbono almacenado en esta tierra no se notificarán en la categoría gestión de tierras agrícolas, incluso si se eligió esa gestión, debido a que la deforestación tiene precedencia sobre la gestión de tierras agrícolas. El árbol de decisiones de la Figura 4.1.1 asigna, por consiguiente, esta tierra a la deforestación, teniendo la gestión de tierras agrícolas una clasificación secundaria.

En caso de que se volviesen a plantar árboles en esta tierra, por ejemplo en 2011, sigue estando en la categoría de deforestación, ya que la reforestación no es admisible en tierras que fueron bosque en 1990. La metodología que debe utilizarse para estimar las variaciones del carbono almacenado es, no obstante, la misma que para la reforestación.

Ejemplo 2: Una tierra en gestión de bosques es deforestada el 1º de enero de 2010 y convertida en tierra agrícola.

2008-2009: Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra se notifican para los años 2008 y 2009 en la categoría de gestión de bosques (si se ha elegido esta categoría, de lo contrario no se notifican en absoluto en virtud del Protocolo de Kyoto; sólo como parte del inventario regular anual de CUTS en el marco de la CMCC).

2010-2012: Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en esta tierra relativas a los años 2010-2012 se notifican en la categoría deforestación. Se debe utilizar la metodología relativa a las tierras agrícolas que fueron anteriormente bosque (Sección 3.3.2). Las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que son consecuencia directa de la deforestación deberían notificarse en la categoría deforestación. Las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 resultantes de las prácticas agrícolas deben notificarse en el sector Agricultura del inventario nacional según las *Directrices del IPCC.* Se debe evitar el doble cómputo.

Las variaciones del carbono almacenado de esta tierra no se notificarán en la categoría de gestión de tierras agrícolas, incluso si se ha elegido esta gestión, ya que la gestión de la deforestación tiene precedencia sobre la gestión de tierras agrícolas. El árbol de decisiones de la Figura 4.1.1 asigna por consiguiente esta tierra a la deforestación, teniendo las tierras agrícolas una clasificación secundaria.

Ejemplo 3: Una tierra agrícola se convierte en pastizal en 2010.

2008-2009: Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra se notifican como gestión de tierras agrícolas (si se ha elegido esta categoría, de lo contrario no se notifican en absoluto en virtud del Protocolo de Kyoto; sólo como parte del inventario anual de CUTS).

2010-2012: Si se ha elegido la gestión de pastizales, las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 relativas a esta tierra se notifican como gestión de pastizales (Secciones 3.4.2 y 4.2.9. Si no se ha elegido la gestión de pastizales,

RECUADRO 4.1.1 EJEMPLOS (CONTINUACIÓN)

las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra seguirán notificándose en la categoría de gestión de tierras agrícolas para esos años (si se ha elegido la gestión de tierras agrícolas), a causa de la necesidad de continuar notificando los cambios futuros del carbono almacenado una vez que la tierra haya entrado en el sistema de notificación de Kyoto.

Ejemplo 4: Un pastizal se convierte en asentamiento en 2005

2008-2012: Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra no se notifican en virtud del Protocolo de Kyoto, ya que esta tierra no estuvo sometida a una actividad elegida durante el período de compromiso.

Ejemplo 5: Un pastizal se convierte en asentamiento en 2010.

La tierra debe notificarse como sometida a gestión de pastizales (si se ha elegido) en los cinco años del período de compromiso (porque estaba en gestión de pastizales por lo menos un año durante el período de compromiso). Antes de 2010 es necesario aplicar los métodos destinados a los pastizales ya que, a comienzos de 2010, hay que aplicar las metodologías relativas a la conversión en asentamientos.

Ejemplo 6: Una tierra en gestión de bosques se convierte en asentamiento en 2010.

2008-2009: Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra se notifican en la categoría de gestión de bosques (si ha sido elegida, de lo contrario no se notifica en absoluto en virtud del Protocolo de Kyoto; sólo como bosque gestionado del inventario regular de CUTS).

2010-2012: La tierra se notifica como "deforestada", aplicando las metodologías del Capítulo 3, Sección 3.6, para las tierras convertidas en asentamientos.

Como puede verse en el ejemplo 6, la tierra que ha pasado a tener una utilización elegida durante el período de compromiso se debe seguir notificando. Esto no es aplicable al ejemplo 4 porque no se habrá generado ninguna unidad de absorción.

Ejemplo 7: Una tierra en gestión de bosques se ha convertido en asentamiento [18] en 1995.

2008-2012: Las variaciones del carbono almacenado se notifican según el párrafo 3 del artículo 3, deforestación.

Ejemplo 8: Otra tierra se convierte en pastizales (y se notifica como restablecimiento de la vegetación) en 2005.

En cada año del período de compromiso, las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esta tierra se notifican como restablecimiento de la vegetación (si se ha elegido).

4.1.3 Relación entre los inventarios nacionales de las Partes del Anexo I y los proyectos de UTCUTS en el marco del artículo 6

Las emisiones o absorciones resultantes de proyectos ejecutados en el marco del artículo 6 serán parte del inventario anual del país en virtud del procedimiento de notificación de la CMCC y del Protocolo de Kyoto. Los métodos para estimar, medir, vigilar y notificar las emisiones y absorción de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades de proyectos de UTCUTS se examinan en la Sección 4.3 (Proyectos de UTCUTS).

Al estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de las actividades de que se trata en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 es posible utilizar la información que se notifica sobre los proyectos de UTCUTS en el ámbito del artículo 6 en estas tierras o respecto a si se cumplen las normas (pero no viceversa). Para la estimación relativa a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 hay dos opciones consideradas ambas *buena práctica*:

[18] Que por definición es no forestal, véase el Capítulo 2

Opción 1: Realizar la evaluación prevista en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 sin tener en cuenta la información notificada respecto de los proyectos en el marco del artículo 6 (que se notifica separadamente según la Sección 4.3). Con ello se considera que un sistema nacional debidamente concebido incluirá también automáticamente los efectos de los proyectos relativos al artículo 6. También se adopta este criterio en otros sectores de emisión. Por ejemplo, un proyecto que en el marco del artículo 6 reduce las emisiones causadas por los combustibles fósiles no se tiene en cuenta *individualmente* en el inventario nacional de emisiones, pero será incluido *implícitamente* debido a los efectos del proyecto en las estadísticas nacionales relativas a combustibles fósiles.

Opción 2: Considerar todas las variaciones del carbono almacenado así como las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero a nivel de proyecto como una fuente de datos primarios para estimar y notificar en virtud de los párrafos 3 y/o 4 del artículo 3, por ejemplo, considerando los proyectos como un estrato separado. Cualquiera de las actividades en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 que no sean proyectos ha de ser objeto de seguimiento separado. En este caso, el diseño del seguimiento ha de garantizar que los proyectos han sido explícitamente excluidos de las tierras restantes a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, a fin de evitar el doble cómputo.

Una diferencia importante entre la contabilidad de proyectos y la nacional (párrafos 3 y 4 del artículo 3) es que los proyectos tienen un escenario de referencia (es decir, sólo se contabilizan las variaciones **adicionales** del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 debidas al proyecto), en tanto que la forestación, la reforestación, la deforestación, la gestión de bosques, la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y el restablecimiento de la vegetación carecen de ese escenario. Por consiguiente, al utilizar la información a nivel de proyecto para la notificación en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 han de tenerse en cuenta las variaciones generales del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 consiguientes a los proyectos, y no únicamente el cambio relativo al escenario de referencia.

4.2 MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN, MEDICIÓN, VIGILANCIA Y NOTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE UTCUTS EN EL ÁMBITO DE LOS PÁRRAFOS 3 Y 4 DEL ARTÍCULO 3

En la Sección 4.2 se analizan las cuestiones genéricas de metodología que conciernen a todas las actividades posibles de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto (Sección 4.2.1, que trata de la relación entre las categorías de uso de la tierra en la notificación en virtud de la CMCC y del Protocolo de Kyoto, la Sección 4.2.2 sobre áreas de tierras, la Sección 4.2.3 sobre la estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2, y la Sección 4.2.4, que trata de otras cuestiones genéricas de metodología). Seguidamente se consideran metodologías específicas para la vigilancia de la forestación y la reforestación (tratadas juntas), la deforestación, la gestión de bosques, la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y el restablecimiento de la vegetación (Secciones 4.2.5 a 4.2.10), y de los proyectos (Sección 4.3). El lector debe referirse tanto a las cuestiones de orden genérico como específico respecto de cualquiera de las actividades.

4.2.1 Relación entre las categorías de uso de la tierra según la CMCC y según el Protocolo de Kyoto (párrafos 3 y 4 del artículo 3)

Esta subsección ofrece una descripción general de cómo las actividades realizadas en el marco de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 se refieren a las categorías de uso de la tierra introducidas en el Capítulo 2 y expuestas con detalle/utilizadas a los fines de notificar las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero y la absorción a tenor de la CMCC en el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS).

Los sistemas de uso de la tierra están clasificados en los Capítulos 2 y 3 como sigue:

i) Tierra de bosques (gestionados y no gestionados) (Sección 3.2).

ii) Tierras agrícolas (Sección 3.3).

iii) Praderas (gestionadas y no gestionadas) (Sección 3.4).

iv) Humedales (Sección 3.5 y Apéndice 3a.3).

v) Asentamientos (Sección 3.6 y Apéndice 3a.4).

vi) Otras tierras (Sección 3.7).

Hay relaciones entre las categorías básicas de uso de la tierra de los apartados i) a vi) descritas en la Sección 2.2, y las actividades relativas al Protocolo de Kyoto y a los Acuerdos de Marrakesh (Cuadro 4.2.1). La tierra sometida a actividades del Protocolo de Kyoto debe identificarse como una subcategoría de uno de estos seis tipos principales.

La utilización de las categorías i) a vi) como base para estimar los efectos de las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 contribuye a satisfacer los requisitos de *buena práctica*, y será coherente con la clasificación nacional de tierras utilizadas para preparar los inventarios de gases de efecto invernadero de CUTS a tenor de la Convención. Por ejemplo: la tierra forestal podría dividirse en: a) Tierra forestal según el párrafo 3 del artículo 3; b) Tierra forestal según el párrafo 4 del artículo 3, c) Otra tierra forestal gestionada (así ocurriría si la definición de "bosques gestionados" difiere de la definición de "tierras sometidas a gestión de bosques"); y d) Tierra forestal no gestionada. En la Sección 4.2.7, Figura 4.2.7, puede hallarse más información sobre la relación entre "bosques gestionados" y "gestión de bosques".

Muchos de los métodos descritos en las secciones siguientes del Capítulo 4 se basan en las metodologías que aparecen en los Capítulos 2 y 3 de esta Orientación o en las *Directrices del IPCC*. En aras de la continuidad y de la claridad, se presentan periódicamente referencias a estas descripciones en los recuadros, cuando son pertinentes. No es posible hacer referencias directas a los resultados que aparecen en los cuadros de notificación del Capítulo 3, porque para notificar con arreglo al Protocolo de Kyoto se requiere una estratificación adicional especial que no puede deducirse de los cuadros de notificación del Capítulo 3.

CUADRO 4.2.1
RELACIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS EN LOS PÁRRAFOS 3 Y 4 DEL ARTÍCULO 3 DEL PROTOCOLO DE KYOTO Y LAS CATEGORÍAS BÁSICAS DE USO DE LA TIERRA DE LA SECCIÓN 2.2

Este cuadro ha de leerse como sigue: Por ejemplo, si una tierra es inicialmente tierra agrícola y luego bosque gestionado, este cambio **debe** constituir deforestación o reforestación. Esas clasificaciones obligatorias en relación con el párrafo 3 del artículo 3 se resaltan **en negritas**. Por otra parte, si una tierra ha sido primero tierra agrícola y después pradera gestionada, esto puede constituir GP o RV. Esta última opción depende de que un país elija actividades previstas en el párrafo 4 del artículo 3 y de cómo se apliquen las circunstancias nacionales a las definiciones relativas a dicho párrafo. Tales clasificaciones, que dependen de la opción elegida y están en relación con el párrafo 4 del artículo 3, se imprimen en caracteres normales.

Final / **Inicial**	**Tierra forestal gestionada**	**Tierra forestal no gestionada**	**Tierras agrícolas**	**Praderas gestionadas**	**Praderas no gestionadas**	**Humedales**	**Asenta-mientos**	**Otras tierras**
Tierras forestales gestionadas	GB o GR o GTA		**D***	**D***		**D***	**D***	**D***
Tierras forestales no gestionadas	GB		**D***	**D***		**D***	**D***	**D***
Tierras agrícolas	**F/R***		GTA, RV	GR o RV		RV	RV	
Praderas gestionadas	**F/R***		GTA	GR o RV		RV	RV	
Praderas no gestionadas	**F/R***		GTA	GR			RV	
Humedales	**F/R***		GTA	GR		RV	RV	
Asentamientos	**F/R***		GTA	GR o RV		RV	RV	
Otras tierras	**F/R***		GTA, RV	GR o RV		RV	RV	

* Las transiciones que conllevan actividades del párrafo 3 del artículo 3 tienen que ser resultado de actividades con intervención humana directa.

Notas

1. Los términos "inicial" y "final" se refieren a las categorías anteriores y posteriores al cambio de uso de la tierra. F – Forestación (tierra que no ha sido forestada durante un período mínimo de 50 años), R – Reforestación (tierra que carecía de bosque a fines del año 1989), D – Deforestación, GB – Gestión de bosques, GTA – Gestión de tierras agrícolas, GP – Gestión de pastizales, RV – Restablecimiento de la vegetación (actividades distintas de F o de R que aumentan el carbono almacenado mediante el establecimiento de vegetación).
2. Si la clasificación "inicial" se hizo para un año del período de compromiso, la tierra debe clasificarse en la misma actividad en todos los años siguientes, incluso si el uso de la tierra cambia una vez más.
3. Todas las unidades de tierra sometidas a actividades F/R con intervención humana directa son consideradas bosques gestionados, y, por consiguiente, la tierra forestal no gestionada no puede resultar de un episodio de F/R en el cuadro. Asimismo, se da por supuesto que todas las unidades de tierra sometidas a actividades D con intervención humana directa son tierras gestionadas. Esto comprende la D natural seguida de un cambio a uso *gestionado* de la tierra.

Las Figuras 4.2.1 y 4.2.2 muestran gráficamente la relación entre estas categorías de uso de la tierra notificadas en los inventarios nacionales en el marco de la CMCC y las que resultan de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto en cualquier año de notificación. El rectángulo exterior representa las fronteras de un país hipotético. El diagrama superior muestra las categorías de notificación para el inventario nacional en el marco de la CMCC en conformidad con el Capítulo 3, y en el diagrama de la parte inferior se incluye una capa adicional con las categorías correspondientes a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.

Figura 4.2.1 Clasificación de la tierra en los inventarios nacionales en el marco de la CMCC de un país hipotético en el año X del período de compromiso[19]

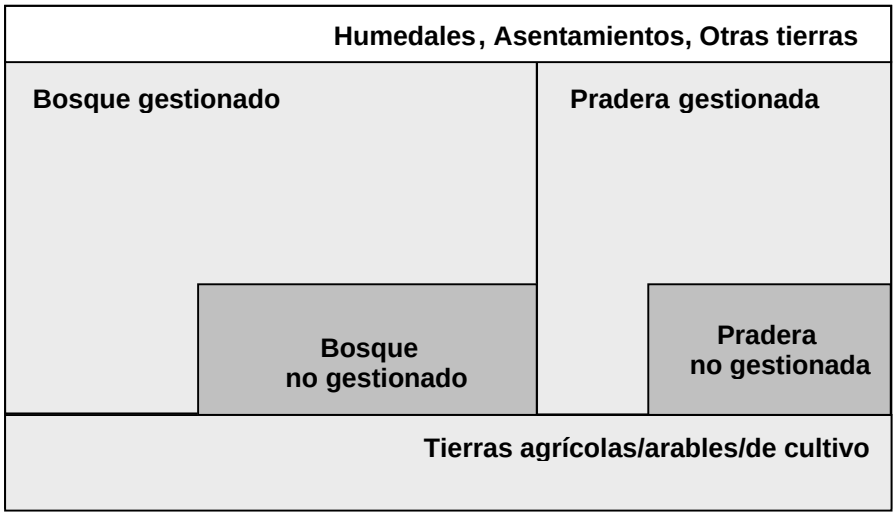
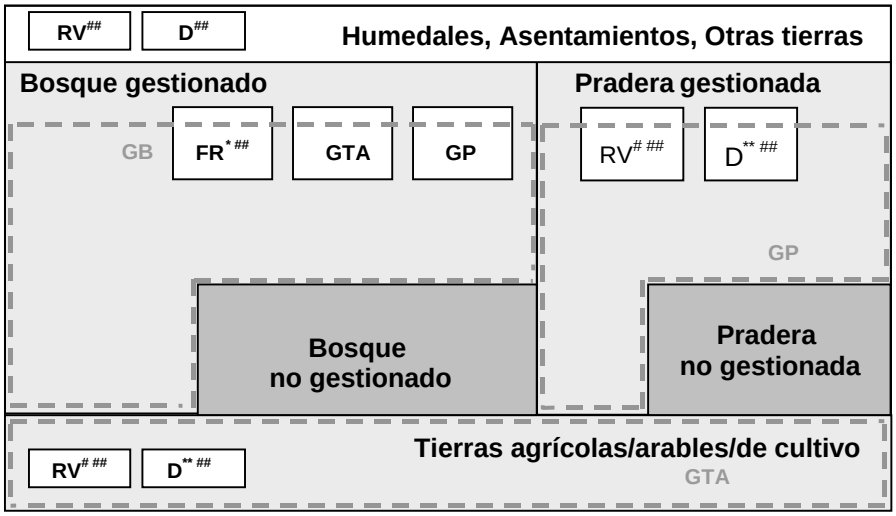


Figura 4.2.2 Clasificación de la tierra para la notificación en el marco del Protocolo de Kyoto de un país hipotético en el año X del período de compromiso. Esta clasificación corresponde a la situación "final" del Cuadro 4.2.1.



Nota * F/R tiene precedencia sobre GB, y por consiguiente la tierra está sometida a GB pero no se notifica en la categoría GB.

** D tiene precedencia sobre las categorías de tierras agrícolas/praderas.

La tierra puede encontrarse ya sea en RV o en gestión de tierras agrícolas/praderas (opción con arreglo a la jerarquía por país).

Para F/R, D y RV, las unidades de tierras se muestran después de haberse operado la transición de uso de la tierra. Por consiguiente, en la figura F/R se hace en tierra forestal, y RV y D en tierra no forestal.

F/R: Forestación/Reforestación, D: Deforestación, GB: Gestión de bosques, GTA: Gestión de tierras agrícolas, GP: Gestión de pastizales, RV: Restablecimiento de la vegetación.

Otras observaciones con respecto a la Figura 4.2.2:

- Las zonas rodeadas por líneas de trazos son superficies sometidas a las actividades adicionales previstas en el párrafo 4 del artículo 3, es decir, actividades de gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas y gestión de pastizales.

[19] Los bosques y las praderas no gestionados no se notifican en los inventarios destinados a la CMCC.

- Según la definición de los Acuerdos de Marrakesh, el término bosque se refiere a las características físicas de los bosques. Una superficie sometida a gestión de bosques se determina posteriormente como una superficie en la que se realizan determinadas prácticas de gestión, compatibles con lo dispuesto en el párrafo 4 del artículo 3 y los Acuerdos de Marrakesh. Las tierras en gestión de bosques pueden abarcar todos los bosques gestionados con arreglo a las *Directrices del IPCC*. Ahora bien, esta situación no siempre puede aplicarse, porque i) los países podrían utilizar diferentes umbrales para la definición de bosque según el Protocolo de Kyoto en contraposición a la notificación en el marco de la CMCC, ii) tanto el párrafo 4 del artículo 3 como los Acuerdos de Marrakesh exigen que la actividad se haya desarrollado desde 1990, y iii) la definición de gestión de bosques[20] según los Acuerdos de Marrakesh contiene criterios adicionales en cuanto a la gestión. Para un análisis más profundo de esta posible discrepancia en las definiciones, véanse la Figura 4.2.8 y el texto que acompaña a la Sección 4.2.7.2 (Elección de métodos para identificar tierras sometidas a gestión de bosques). Los bosques no gestionados que siguen sin gestionar no se incluyen en la notificación según la CMCC ni según el Protocolo de Kyoto.
- Las tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas a efectos de la notificación según el Protocolo de Kyoto, descritas en los Acuerdos de Marrakesh, son idénticas a las tierras clasificadas como tierras agrícolas/arables/de cultivo en la notificación respecto a CMCC.
- La gestión de pastizales suele practicarse en tierras clasificadas como praderas en el inventario relativo a la CMCC. Ahora bien, la gestión de pastizales sólo puede hacerse en bosques gestionados, y no todas las praderas son necesariamente pastizales. Las praderas no gestionadas quedarán excluidas de la notificación tanto respecto a la CMCC como al Protocolo de Kyoto.
- Las tierras forestadas y reforestadas (F/R) son siempre bosques gestionados. No obstante, las variaciones en el carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 deben notificarse únicamente en el marco del párrafo 3 del artículo 3.
- Las tierras deforestadas suelen ser tierras gestionadas (así, no hay ninguna casilla "D" en las praderas no gestionadas). Una excepción es el humedal creado a consecuencia de alteraciones de un régimen hidrológico, por ejemplo, a causa de la construcción de una carretera.

4.2.2 Metodologías genéricas para la identificación, estratificación y notificación de zonas

4.2.2.1 DISPOSICIONES PARA LA NOTIFICACIÓN

Los Acuerdos de Marrakesh prescriben que las superficies de tierra sometidas a actividades en el marco de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 han de ser identificables[21], notificadas adecuadamente[22] y objeto de seguimiento en

[20] Párrafo 1 f) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62: *"Gestión de bosques": sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales con el objeto de permitir que el bosque cumpla funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales de manera sostenible.*

[21] Párrafo 20 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 65: *En los sistemas de inventarios nacionales previstos en el párrafo 1 del artículo 5 se identificarán claramente las superficies de tierra en que se desarrollan actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3, y cada Parte del Anexo I deberá presentar en su inventario nacional información al respecto de conformidad con el Artículo 7. Esta información será objeto de examen de conformidad con el Artículo 8.*

[22] Párrafo 6 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, págs. 26 y 27:

La información general que debe presentarse en relación con las actividades del párrafo 3 del artículo 3, y con cualesquiera actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3, deberá incluir lo siguiente:[…]

b) La ubicación geográfica de las fronteras de las zonas que abarcan:

i) Las unidades de tierra sometidas a actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3;

ii) Las unidades de tierra sometidas a actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3, que de otra manera formarían parte de la tierra sometida a actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3, según lo dispuesto en el párrafo 8 del anexo a la decisión …/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura); y

iii) La tierra sometida a actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3.

c) La unidad de medición espacial empleada para determinar la zona de contabilidad de forestación, reforestación y deforestación.

el futuro[23]. En la Sección 4.2.2.2 se analizan dos métodos de notificación de tierras que pueden aplicarse a todas las actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3. En la Sección 4.2.2.3 se analiza la manera en que estos métodos de notificación pueden inspirarse en los tres métodos que se presentan en el Capítulo 2. La Sección 4.2.2.4 presenta un árbol de decisiones para elegir uno de los dos métodos de notificación, y la Sección 4.2.2.5 contiene un análisis más detallado de la manera en que se pueden identificar las tierras sometidas a los párrafos 3 y 4 del artículo 3, de modo que puedan cumplirse las disposiciones relativas a cualquiera de los dos métodos de notificación.

4.2.2.2 MÉTODOS PARA LA NOTIFICACIÓN DE LAS TIERRAS SOMETIDAS A LAS ACTIVIDADES PREVISTAS EN LOS PÁRRAFOS 3 Y 4 DEL ARTÍCULO 3

Para cumplir los requisitos de notificación de los Acuerdos de Marrakesh, la información general que ha de notificarse respecto de las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 ha de incluir los límites geográficos de las zonas que circundan las unidades de tierra sometidas a forestación, reforestación y deforestación, y las tierras sometidas a las actividades elegidas entre gestión forestal, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación. Para hacerlo, la Parte puede elegir uno de los dos métodos siguientes (Figura 4.2.3):

Con el **Método de notificación 1** hay que delimitar las zonas en las que están incluidas múltiples unidades de tierras sometidas a actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 utilizando los límites legales, administrativos o del ecosistema. Esta estratificación se basa en técnicas de muestreo, datos administrativos, o retículas de imágenes producidas mediante técnicas de teledetección. Los límites geográficos identificados han de estar georreferenciados.

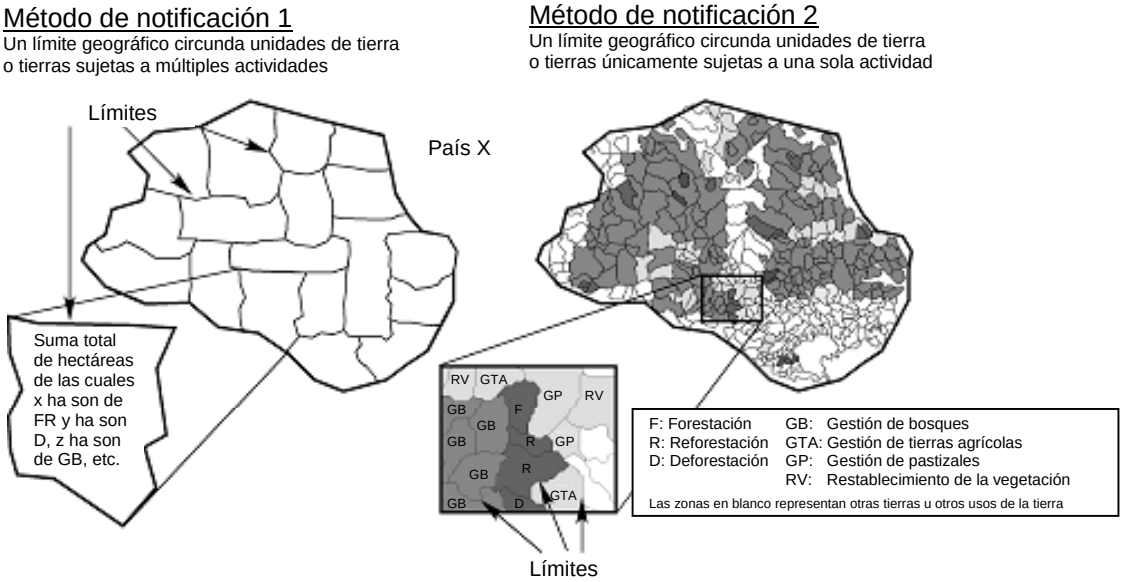
El **Método de notificación 2** se basa en la identificación geográfica espacialmente explicita y completa de todas las unidades de tierra sometidas a actividades del párrafo 3 del artículo 3 y a todas las tierras sometidas a actividades del párrafo 4 del citado artículo.

Si se emplea el método de notificación 1, es una *buena práctica* estratificar el país entero y definir y notificar los límites geográficos de estas zonas de tierra. Entre los criterios para la estratificación del país podrían incluirse consideraciones estadísticas sobre la intensidad o las modalidades del muestreo, consideraciones sobre el tipo y cantidad de las actividades de cambio en el uso de la tierra (párrafo 3 del artículo 3) y las actividades elegidas (párrafo 4 del artículo 3), así como consideraciones ecológicas o administrativas. Dentro de cada límite geográfico resultante, se deben cuantificar seguidamente las unidades de tierra sometidas a actividades del párrafo 3 del artículo 3 y las tierras sometidas a cualquiera de las actividades del párrafo 4 del artículo 3 (si se han elegido) aplicándose los procedimientos descritos en el Capítulo 2 (Sección 2.3, Representación de las áreas de tierra), de conformidad con la orientación que figura en la Sección 4.2.2.3, así como los métodos de las Secciones 4.2.2.5 (métodos genéricos) y 4.2.5 a 4.2.10 (métodos específicos de actividad).

Para emplear el Método de notificación 2, la Parte debe identificar y notificar el lugar espacial de todas las tierras y unidades de tierra sobre la base de una cartografía completa de todas las zonas del interior de sus fronteras nacionales. Este método se describe en el Capítulo 2 como versión cartográfica integral del procedimiento 3 (Sección 2.3.2.3). Este método de notificación identifica únicamente tierras y unidades de tierra, y posibilita la notificación de las actividades sin riesgo de doble cómputo. Para aplicar plenamente este método de notificación es necesario recopilar y analizar los datos en gran escala, y preparar estadísticas resumidas que garanticen la transparencia y la concisión de la notificación.

[23] Párrafo 19 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura), contenido documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 65: *Una vez establecida la contabilidad de la tierra en el marco de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, todas las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de esa tierra se contabilizarán en los períodos de compromiso siguientes y sucesivos.*

Figura 4.2.3 Dos métodos de notificación de tierras sometidas a actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3



Desde el momento en que la tierra ha sido notificada como sometida a actividades especificadas en el marco de los Acuerdos de Marrakesh, debe ser localizable para el primero y siguientes períodos de compromiso cualquiera que sea el método de notificación. Por consiguiente, si una Parte elige el Método de notificación 1, es una *buena práctica* registrar la información necesaria para identificar los lugares de muestra y las unidades de tierra o tierras identificadas en las muestras, y utilizar los mismos lugares de muestra para cualquier seguimiento futuro. Con esto se garantiza que los cambios en el estado de la tierra que forma parte de las parcelas de muestreo (Método de notificación 1) o en todo el país (Método de notificación 2) pueden ser señalados y controlados desde 1990 hasta el fin del período de compromiso.

Los límites geográficos resultantes de la estratificación de un país deben notificarse utilizando mapas impresos o digitales, según se explica en la Sección 4.2.4.3.1 (Notificación).

4.2.2.3 RELACIÓN ENTRE LOS PROCEDIMIENTOS DEL CAPÍTULO 2 Y LOS MÉTODOS DE NOTIFICACIÓN DEL CAPÍTULO 4

En el Capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra) se describen tres procedimientos para representar la zona de tierra. Las disposiciones para la notificación especificados en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, y desarrollados en los Acuerdos de Marrakesh se cumplen en los dos métodos de notificación presentados en este capítulo, y son reforzadas por las metodologías descritas en el Capítulo 2. En esta sección, que se presenta en forma resumida en el Cuadro 4.2.2, se analiza cuál de los tres procedimientos del Capítulo 2 son idóneos para identificar las unidades de tierra sometidas a actividades del párrafo 3 del artículo 3 o tierras sometidas a actividades elegidas a tenor del párrafo 4 del artículo 3. Obsérvese que incluso el procedimiento 3, que utiliza mayor profusión de datos y se describe en el Capítulo 2 puede cumplir únicamente los requisitos de los Acuerdos de Marrakesh sin información complementaria si la resolución espacial con la cual se sigue la evolución de los cambios de uso de la tierra es compatible con los parámetros de tamaño seleccionados por un país para la definición de los términos de bosque, es decir tamaños poligonales de 0,05 a 1 ha o retículas de 20 a 100 metros (véase la ETAPA 1.1, Sección 4.1.1). La cubierta terrestre y la cartografía de uso de la tierra que utiliza, por ejemplo, una resolución de pixel de 1 km² (100 ha) no cumple los requisitos del Protocolo y se precisará información suplementaria.

4.2.2.3.1 PROCEDIMIENTO 1

El procedimiento 1 del Capítulo 2 nos da una información que no es espacialmente explícita y sólo notifica los cambios netos en las zonas de diferentes categorías de uso de la tierra. De ahí que este procedimiento no cumpla los requisitos de identificación de la tierra prescritos en los Acuerdos de Marrakesh. Las bases de datos de los inventarios nacionales se compilan con frecuencia a partir de inventarios espaciales detallados que pueden basarse, por ejemplo, en metodologías de muestreo que requieren un sistema de retícula o de parcelas de muestreo. En los países en que así ocurre, puede ser posible volver a compilar la información de inventario

detallada relativa a los límites geográficos resultantes de la estratificación del país para cumplir los requisitos de notificación de los Acuerdos de Marrakesh. Esto significa que el procedimiento 1 puede aplicarse al Método de notificación 1 únicamente si se dispone de datos espaciales adicionales a la resolución espacial requerida como resultado de haberse vuelto a compilar la información de los inventarios, y si se han cuantificado las transiciones brutas de uso de la tierra (en lugar de los cambios netos en las categorías de uso de tierra).

4.2.2.3.2 PROCEDIMIENTO 2

El procedimiento 2 se centra en las transiciones de uso de la tierra. Aunque proporciona una información provechosa sobre los cambios de uso de tierra, especialmente en lo relativo a forestación, reforestación y deforestación a tenor del párrafo 3 del artículo 3, no es espacialmente explícita. Por consiguiente, hay que disponer de información espacial adicional a la resolución espacial requerida para cumplir los requisitos de notificación de los Acuerdos de Marrakesh. Por consiguiente, este procedimiento sólo puede utilizarse para identificar unidades de tierra o tierras sometidas a actividades en los marcos de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 si se dispone de datos espaciales adicionales. Como sucede con el procedimiento 1, se puede aplicar el procedimiento 2 al Método de notificación 1 si se llega a disponer de datos espaciales adicionales a la resolución espacial requerida extraídos de una nueva compilación de la información del inventario.

4.2.2.3.3 PROCEDIMIENTO 3

El procedimiento 3 sigue explícitamente la evolución de la tierra basándose en métodos de muestra, un sistema reticular, o un sistema poligonal en el interior de los límites geográficos que son resultado de la estratificación del país. Esta metodología es aplicable a los métodos de notificación 1 y 2 siempre y cuando la resolución espacial sea suficientemente fina para representar la superficie forestal mínima definida por la Parte a tenor de los Acuerdos de Marrakesh.

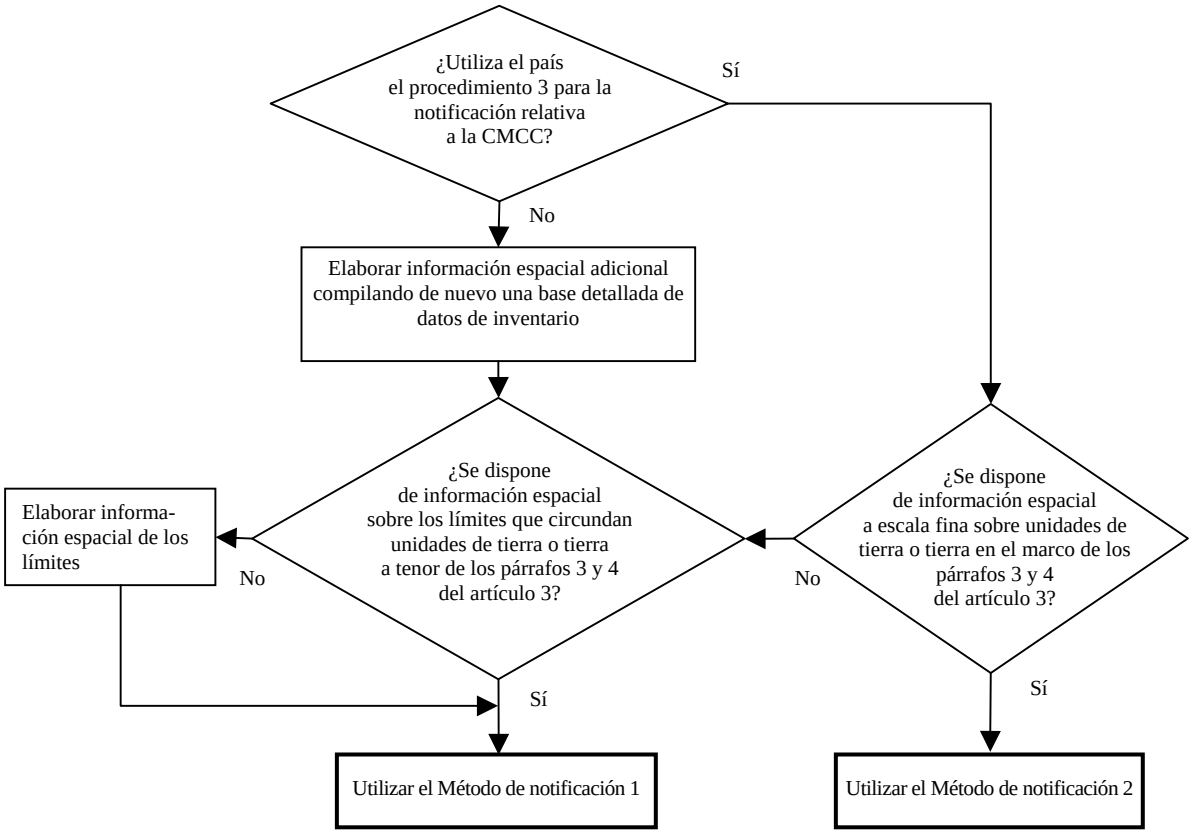
CUADRO 4.2.2
RELACIÓN ENTRE LOS PROCEDIMIENTOS DEL CAPÍTULO 2 Y LOS MÉTODOS DE NOTIFICACIÓN DEL CAPÍTULO 4

Procedimientos del Capítulo 2	Método de notificación 1 (identificación de zona amplia)	Método de notificación 2 (identificación completa)
Procedimiento 1	Puede utilizarse únicamente si se dispone de información espacial adicional compilando de nuevo los inventarios.	No se aplica
Procedimiento 2	Puede utilizarse únicamente si se dispone de información espacial adicional compilando de nuevo los inventarios.	No se aplica
Procedimiento 3	*Buena práctica* Si la resolución es bastante fina para representar una zona forestal mínima. Requiere totalizar los datos en el interior de los límites geográficos notificados.	*Buena práctica* Si la resolución es bastante fina para representar una superficie forestal mínima.

4.2.2.4 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE NOTIFICACIÓN

Es una *buena práctica* elegir un método de notificación apropiado utilizando el árbol de decisiones que se presenta en la Figura 4.2.4. Las circunstancias nacionales pueden permitir a una Parte utilizar una combinación de ambos métodos de notificación. En ese caso, es una *buena práctica* estratificar en primer lugar la totalidad del país y seguidamente cuantificar y notificar la zona de unidades de tierra y tierra utilizando el Método de notificación 1. En los límites geográficos en los que es posible una identificación espacial completa de las tierras y unidades de tierra, puede aplicarse el Método de notificación 2.

Figura 4.2.4 Árbol de decisiones para elegir un método de notificación para las tierras sometidas a actividades en el marco de los párrafos 3 y 4 del artículo 3



Cuando se utiliza el Método 1 es por lo general una *buena práctica* utilizar los mismos límites geográficos para todas las actividades. Esto facilitará sumamente la identificación, cuantificación y notificación de los cambios de uso de la tierra. Ahora bien, las circunstancias nacionales pueden justificar diferentes elecciones desde límites geográficos para distintas actividades. Por ejemplo, pueden elegirse diferentes límites geográficos a fin de reducir la varianza de estimaciones relativas a una actividad en una frontera determinada. Cuando una Parte emplea más de un conjunto de límites geográficos (es decir, cuando se usa más de un sistema de estratificación), las tierras o unidades de tierra sometidas a actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 que pasaron de una categoría a otra han de atribuirse debidamente al límite geográfico correcto. Esto podría requerir una atribución proporcional de las unidades de tierra a cada sistema de estratificación en uso.

4.2.2.5 CÓMO IDENTIFICAR LAS TIERRAS (UNIDADES DE TIERRA) EN GENERAL

4.2.2.5.1 CONFIGURACIÓN ESPACIAL DE LOS BOSQUES Y FORESTACIÓN, REFORESTACIÓN O DEFORESTACIÓN

Los Acuerdos de Marrakesh especifican que cada Parte del Anexo I en el Protocolo de Kyoto debe elegir parámetros específicos del país en la definición de bosque como parte integrante de su notificación en el marco del Protocolo de Kyoto. La fecha más tardía posible para hacerlo es el 31 de diciembre de 2006, o un año después de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto para esa Parte, si esta fecha es posterior[24]. Para ello es necesario seleccionar valores para los tres parámetros siguientes: tamaño de la superficie mínima de la tierra que puede constituir un bosque, que varía entre 0,05 y 1 hectárea, y parámetros para la cubierta de copas (10-30%) y altura de los árboles a su madurez (2-5 metros). El parámetro relativo a la superficie mínima de tierra que

[24] Véase el párrafo 16 del Anexo del proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 64 y párrafo 8 b) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Modalidades para la contabilización de las cantidades asignadas), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, pág. 66, y también el Cuadro 4.2.4a.

constituye un bosque especifica en efecto asimismo la superficie mínima en que hay forestación/reforestación o deforestación. Así, un país que elige, digamos 0,5 ha como superficie mínima de tierra forestal, ha de identificar también todos los casos de deforestación en tierras de una superficie de 0,5 ha o mayores. La identificación de unidades de tierra en las cuales se producen cambios de uso de la tierra, tales como la deforestación, requiere la detección de una disminución de la cubierta forestal de arriba abajo del umbral de bosque específico del país acompañada de un cambio de uso de la tierra.

Los Acuerdos a Marrakesh no especifican la forma de las superficies, ni para el bosque ni para las zonas en las cuales se producen forestación, reforestación o deforestación. Las superficies cuadradas que satisfacen los límites de tamaño de los Acuerdos de Marrakesh serían 22,36 metros (0,05 ha) a 100 metros (1 ha) de cada lado. Pero un rectángulo que tenga 10 metros de ancho y 1000 metros de largo es también 1 ha de superficie, como lo es asimismo un rectángulo de 5 metros de ancho y 2000 metros de largo. Por consiguiente, podría considerarse bosque una franja protectora arbolada o cualquier otra franja de árboles que sobrepase estos tamaños. Pero si esos "bosque lineales" entran en la definición de bosque de la Parte, es una *buena práctica* considerar también no forestales cualesquiera superficies que se están talando a causa de "deforestación lineal", tales como carreteras, derechos de paso para transmisiones, o corredores de conductos. Cuando tales corredores son consecuencia de talas hechas desde 1990, deberían ser tratados como deforestación a tenor de lo dispuesto en el párrafo 3 del artículo 3.

Por ejemplo, si un país elige 1 ha como superficie mínima de bosques y para forestación, reforestación o deforestación, y especifica además que esas superficies son cuadradas, un corte de un corredor de 20 metros de ancho a través de un bosque con un 100% de densidad de cubierta de dosel reducirá esta densidad al 80%. Esta cifra es mayor que la gama de doseles completos (10-30%) que podría ser elegida por una Parte. Por consiguiente, la superficie residual se define como bosque, e incluso cuando este corredor que pasa a través del bosque ha sido talado desde 1990, ello no constituiría deforestación. Si este corredor de "sólo" 20 metros de anchura es parte de un corredor largo, que se extiende muchos kilómetros, por ejemplo, un derecho de paso para transmisiones o un corredor de conducto, su superficie total será mucho mayor que 1 ha. Por consiguiente, los criterios de definición aplicados para especificar la forma de los bosques y las superficies sometidas a episodios de forestación, reforestación o deforestación pueden tener un gran impacto en la cantidad de tierra notificada en el marco del párrafo 3 del artículo 3.

Por lo tanto, es una *buena práctica* para los países incluir en su informe sobre la elección de definiciones de bosque una descripción de los criterios de definición que se han utilizado para identificar bosques y zonas en las que se producen forestación, reforestación o deforestación. Es asimismo una *buena práctica* aplicar estos criterios sistemáticamente a la identificación de casos de deforestación y forestación o reforestación ocurridos desde 1990. Por ejemplo, estos criterios pueden definirse simplemente como la anchura mínima que será aceptada para la definición de bosque y una superficie sometida a forestación, reforestación o deforestación. Entonces, la longitud mínima de la superficie es el resultado de la combinación de la anchura y del parámetro escogido para una superficie mínima que puede constituir un bosque. Por ejemplo, si el tamaño se definiese como 1 ha con un anchura mínima de 20 metros, en ese caso un rectángulo de un anchura mínima tiene que ser por lo menos de 500 metros de largo para cumplir ese requisito de tamaño de 1 ha.

“Los casos de deforestación lineal” más estrechos que los criterios mínimos de anchura elegidos pueden contribuir a los cambios notificados del carbono almacenado si ocurren en las tierras sometidas a actividades de gestión de bosques, dado que la Parte ha elegido este tipo de gestión como actividad dimanante del párrafo 4 del artículo 3. Asimismo, las franjas protectoras de anchura inferior a los criterios mínimos elegidos pueden contribuir también a las variaciones del carbono almacenado notificadas si esas franjas se encuentran en tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales o restablecimiento de vegetación, dado que la Parte ha elegido la actividad respectiva del párrafo 4 del artículo 3.

4.2.2.5.2 FUENTES DE DATOS PARA IDENTIFICAR LAS TIERRAS

Las necesidades de notificación de tierras sometidas a actividades en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 se han reseñado en las secciones anteriores. Los datos y la información disponibles para que un país atienda a estas necesidades dependerá en gran medida de las circunstancias nacionales. Entre éstas figuran los sistemas de inventarios de tierras y bosques ya en vigor y las medidas adicionales que un país decida aplicar con objeto de cumplir los requisitos de notificación.

En términos muy generales, hay tres opciones principales que pueden adoptarse para atender las necesidades de información:

- Utilizar la información de los sistemas de inventario de uso de la tierra y de bosques ya existentes.
- Aplicar un sistema de vigilancia y medición.

- Aplicar un sistema de notificación de actividad que incluya procedimientos de verificación y control.

Es probable que en la mayoría de los países los sistemas vigentes de uso de la tierra y de inventarios sean insuficientes para cumplir todos los requisitos de notificación de tierras del Protocolo de Kyoto, y que, con diferentes grados de esfuerzo para aumentarlos, ha de obtenerse información adicional mediante sistemas de seguimiento o de notificación en el país. La elección por el país de los sistemas apropiados dependerá de las circunstancias nacionales. Por ejemplo, un país podría determinar que sería más eficiente combinar un sistema de notificación por actividad para identificar unidades de tierra sometidas a forestación/reforestación, y un sistema de seguimiento para identificar unidades de tierra sometidas a deforestación.

Utilización de los inventarios existentes

Los países que mantienen inventarios detallados de bosques y otros usos de la tierra, o recopilan estadísticas anuales o espaciales periódicas sobre la tierra pueden ser capaces de identificar mediante sus inventarios las tierras a las que afectan las actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 desde 1990. No obstante, esto será solamente posible si los sistemas nacionales de inventario y recopilación de datos respetan estrictas exigencias técnicas. Los sistemas han de poder definir el uso de la tierra y la superficie forestal en 1990, tener un ciclo de actualización suficientemente corto para registrar los casos de cambio de uso de la tierra entre 1990 y 2008, y entre 2008 y 2012, y tener una resolución espacial suficiente para identificar casos del tamaño y de la superficie mínima de bosque según la definición elegida por el país, es decir, 1 ha o menos. Asimismo, las parcelas de muestreo dentro de un "límite" deben ser georreferenciadas y utilizarse repetidamente durante el seguimiento futuro. Si esto último no es posible, por ejemplo, porque se han cambiado los procedimientos de seguimiento, es una *buena práctica* elaborar procedimientos de cálculo que permitan convertir los datos entre los esquemas de muestreo utilizados o aquellos que, por lo menos para tener un método, permitan cartografiar los datos partiendo de un esquema de muestreo anterior para adoptar otro nuevo (véanse asimismo las Secciones 4.2.4.1. Elaboración de una serie temporal coherente y 4.2.4.1.1. Realización de nuevos cálculos).

Los inventarios de bosques en los países de gran extensión no registran con frecuencia polígonos inferiores, por ejemplo, a 3 ha. No obstante, el requisito de identificar las actividades de forestación, reforestación o deforestación con una resolución de 0,05 a 1 ha puede cumplirse mediante análisis estadísticos adicionales para establecer la zona sometida a forestación, reforestación o deforestación en unidades inferiores a 3 ha. Un método posible podría ser determinar las distribuciones por tamaño de los casos de forestación/reforestación y deforestación del país, utilizando un método de muestreo estadístico. Seguidamente podría aplicarse la proporción de la superficie de los casos de forestación/reforestación y deforestación comprendidos entre 0,05 y 1 ha y la unidad mínima de cartografía del inventario (en este ejemplo, 3 ha) para estimar la superficie de la forestación/reforestación y deforestación a partir del inventario de una resolución de 3 ha. Por ejemplo, si este inventario con una resolución de 3 ha revela que ha habido 1.000 ha forestación/reforestación en unidades de 3 ha o mayores, la distribución de casos de forestación/reforestación por tamaño basada en una muestra revela que el promedio de esos casos es de 5% en las superficies comprendidas entre 0,05 y 1 ha y 3 ha, ya que 1.000 ha representan el 95% del total de la superficie en que se ha practicado forestación/reforestación (y el total se estima como sigue: $1.000 \cdot 100/95 = 1.052{,}6$ ha). Es una *buena práctica* documentar la validez estadística de la distribución por tamaño basada en una muestra, y su variación regional y temporal. Obsérvese que este método para aumentar la información de inventario existente tiene también repercusiones para determinar las variaciones del carbono almacenado: como este 5% de la superficie no está geográficamente referenciado, sólo se pueden utilizar métodos estadísticos tales como promedios regionales para determinar sus variaciones del carbono almacenado y seguir su evolución en el tiempo, desde el momento en que han sido incluidos en las disposiciones de los párrafos 3 y 4 del artículo 3.

Los países que eligen una metodología basada en los inventarios para identificar las unidades de tierra sometidas a actividades de forestación/reforestación pueden hacer frente al reto de que las áreas no forestales no están incluidas normalmente en el inventario de bosques. En este caso, los países han de asegurarse de que su sistema de inventario detecta en el uso de la tierra transiciones de no forestal a forestal, y amplía el inventario de bosques para abarcar la superficie forestal de nueva creación. Algunos países controlan el paso de no bosque a bosque mediante teledetección de las tierras que anteriormente no figuraban en el inventario de bosques, o manteniendo parcelas de inventario en tierra no forestal.

Control y medición de las actividades

Con el fin de cumplir los registros de notificación de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, los países quizás tengan que crear y aplicar un sistema de control para identificar y registrar el uso de la tierra y el cambio de uso de la tierra. Tal sistema de control podría combinar un mapa de base (u otras fuentes de informaciones espacial) en la superficie forestal y el uso de la tierra al 31 de diciembre de 1989 con datos espaciales sobre el uso de la tierra y la superficie forestal en los años siguientes. Los cambios de uso de la tierra y de la superficie forestal pueden deducirse en este caso de una serie temporal de datos espaciales. Para ello podrá ser necesaria la interpolación,

por ejemplo cuando se ha obtenido un mapa de base con imágenes satelitales mixtas obtenidas a lo largo de varios años, como ocurre con frecuencia cuando la nubosidad, los fallos en los sensores y otras razones técnicas imposibilitan la obtención de una cobertura nacional completa para un determinado momento.

En muchos países no es factible obtener una cobertura completa repetida (íntegra) de todo el país sobre una base anual. Al aplicar estrategias de muestreo temporal y espacial, es una *buena práctica* asegurarse de que los métodos de muestreo son estadísticamente idóneos, estan bien documentados y son transparentes, y que se dan estimaciones de incertidumbre (véanse las Secciones 2.4.2 Métodos de muestreo; 4.2.4.2 Evaluación de la incertidumbre; 5.2 Identificación y cuantificación de las incertidumbres; y 5.3 Muestreo). La incertidumbre puede reducirse mediante una pre-estratificación apropiada del país (véase la Sección 4.1.1, ETAPA 1.3) para la cual se elaborarán estimaciones de muestra.

Notificación de la actividad

La identificación de las tierras sometidas a actividades a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 puede realizarse mediante la aplicación de un sistema de notificación de la actividad. Por ejemplo, como los casos de forestación suelen detectarse con dificultad mediante teledetección, y suceden con frecuencia fuera del área de los inventarios de bosques existentes, un país podrá optar por identificar estas tierras mediante un sistema de notificación de la actividad. En lugar de tratar de detectar los casos de forestación a partir de sistemas de inventario o de control, los países pueden pedir que las personas u organismos que forestan o reforestan superficies informen sobre sus actividades. La notificación de la actividad puede ser también la más eficiente cuando se necesita sobre el uso de la tierra una información que quizá no pueda determinarse con facilidad mediante teledetección, por ejemplo, la gestión de tierras agrícolas o la gestión de pastizales.

Los sistemas de notificación pueden contener provechosamente bases de datos espaciales que facilitan la compilación de la información pertinente sobre la actividad. Es una *buena práctica* incluir la ubicación y el área de la actividad, así como información relativa a la estimación de las variaciones del carbono almacenado, tales como los métodos de preparación del lugar, las especies arbóreas plantadas y la función real y esperada de crecimiento del volumen relativo a la tierra.

Es una *buena práctica* para las Partes que se basan en sistemas de notificación de la actividad, que instauren métodos de control y verificación internos para asegurarse de que las actividades no son notificadas ni en exceso ni por defecto. La información administrativa sobre programas o subvenciones para actividades de forestación solamente puede no incluir información sobre el éxito del establecimiento de la plantación. Es necesaria una información espacialmente explícita, es decir, o bien la delimitación de las unidades de tierra, o bien referencias a las coordenadas reticulares de un mapa nacional del país (por ejemplo UTM, Mercator Transversa Universal), o bien una descripción legal de las unidades de tierra sometidas a una actividad, para los procedimientos nacionales de control y verificación aplicados al sistema de notificación.

En las secciones de este capítulo dedicadas específicamente a la actividad (Secciones 4.2.5 a 4.2.10) se dan más detalles sobre la identificación de las tierras.

4.2.3 Cuestiones genéricas de metodología para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2

Una vez determinadas las superficies sometidas a actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3, los Acuerdos de Marrakesh especifican que se deben estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de esas áreas. Los métodos genéricos para estimar las variaciones del carbono almacenado, para todos los depósitos que deben notificarse (véase a continuación), se describen en el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS). En esta sección se dan orientaciones complementarias aplicables a todas las actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3. En las Secciones 4.2.5 a 4.2.10 se dan orientaciones sobre actividades específicas.

La cobertura de las actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 requiere una estimación de todas las variaciones del carbono almacenado, y emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 (cualquiera que sea la causa, tales como crecimiento, recolección, alteración natural, descomposición, etc.) de todas las tierras sometidas a las actividades incluidas y para todos los depósitos con omisión facultativa de los que no son fuente de carbono, con utilización de métodos de nivel más elevado para las categoría esenciales.

La metodología utilizada para estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero para un año determinado (1990, 2008, 2009,..., o 2012) depende del uso de la tierra en el año actual y en los anteriores, dado

que puede haber cambios en las categorías o los usos de la tierra con el transcurso del tiempo (véase Sección 4.1.2). Por consiguiente, las metodologías pueden variar entre unidades de tierra o tierra en una categoría relacionada con los párrafos 3 y 4 del articulo 3[25]. La metodología utilizada para calcular las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero correspondientes a una unidad de tierra o a la tierra en un año determinado deben corresponder al uso real de la tierra en esa tierra y en ese año, complementada con metodologías adicionales para contabilizar los usos anteriores en esa tierra y los cambios de uso de la tierra, según proceda. Si el uso de la tierra en el año en curso no corresponde a una a actividad del párrafo 3 del artículo 3 o a una actividad elegida del párrafo 4 del artículo 3, y si no se ha establecido un requisito de notificación por causa del uso de la tierra o cambio del uso de la tierra en años anteriores, la tierra no se notificará en ese caso en absoluto respecto al Protocolo de Kyoto.

4.2.3.1 DEPÓSITOS QUE DEBEN NOTIFICARSE

Las *Directrices del IPCC* proporcionan metodologías para estimar las variaciones del carbono almacenado en dos grandes depósitos de carbono: la biomasa y el carbono orgánico en el suelo; en ellas se menciona la materia orgánica muerta como una esfera que debe ser considerada en los trabajos futuros sobre métodos de inventario. Los Acuerdos de Marrakesh especifican que se deben notificar las variaciones del carbono almacenado en cinco depósitos, a saber: la biomasa sobre el suelo, la biomasa bajo el suelo, la madera muerta, los detritus y el carbono orgánico en el suelo (Cuadro 3.1.2). Las disminuciones de un depósito pueden compensarse con aumentos en otro; por ejemplo, los depósitos de biomasa disminuyen después de una alteración, pero los depósitos de detritus y de madera muerta pueden aumentar. Así pues, la variación de un solo depósito puede ser mayor que la variación neta en la suma de los depósitos.

Una vez estimados y notificados los distintos depósitos relativos a una superficie determinada, se calcula las suma de los aumentos o disminuciones del carbono almacenado en los cinco depósitos. Toda disminución neta del carbono almacenado se convierte en emisión de CO_2 equivalente en los cuadros de notificación (véase la Sección 4.2.4.3) y todo aumento neto se notifica como absorción de CO_2 equivalente. Las variaciones del carbono almacenado se convierten en emisiones y absorciones de CO_2 multiplicando la variación del carbono almacenado neto por 44/12 (el cociente estoquiométrico de CO_2 y C) e invirtiendo el signo: una disminución del carbono almacenado (signo negativo) conduce a una emisión a la atmósfera (signo positivo) y viceversa. El almacenamiento del carbono en productos madereros no se incluye en la notificación, pues no está enumerado como depósito según los Acuerdos de Marrakesh. En el Capítulo 3 figuran definiciones claras de los depósitos de carbono (Cuadro 3.1.2). Si las circunstancias nacionales requieren modificaciones de esas definiciones, se deben aducir las razones en que se fundamentan, con la oportuna documentación de esas modificaciones, así como sobre los criterios utilizados para distinguir entre depósitos de carbono. Es una *buena práctica* dar esa información respecto de los distintos depósitos que figuran en la notificación, y sobre la variación total del carbono almacenado de los cinco depósitos.

Los Acuerdos de Marrakesh especifican que una Parte puede optar por no constituir un depósito determinado en un período de compromiso si se facilita información transparente y verificable de que el depósito no es una fuente[26]. Al dar una información verificable que demuestre que los depósitos excluidos, si los hay, no son una fuente neta de gases de efecto invernadero, es posible lograr una *buena práctica* mediante:

- La realización de un muestreo y un análisis representativos y verificables que demuestren que el depósito no ha disminuido. Es una *buena práctica* al aplicar este método para medir el depósito en un número suficiente de lugares en las regiones para obtener confianza estadística, y documentar los métodos de muestreo e investigación;
- Una argumentación fundamentada en el buen conocimiento de las probables respuestas del sistema. Por ejemplo, si la tierra agrícola se convierte en tierra forestal por forestación o reforestación, el depósito de madera muerta no puede disminuir, porque no hay generalmente ninguna madera muerta en una tierra de cultivo (si no contiene árboles, por ejemplo, si no contiene ninguna franja protectora, no hay ningún huerto ni ningún otro sistema agroforestal);

[25] Por ejemplo, dos unidades de tierra pueden estar a la vez en la categoría de gestión de tierras agrícolas. Ahora bien, una de ellas puede haber sido resultado de la conversión de praderas en tierras de cultivo, y la otra de la continuación de la gestión de tierras agrícolas, por lo que es necesario tener en cuenta en los métodos de medición de los gases de efecto invernadero los diferentes valores del carbono en el suelo resultantes de sus diferentes historiales de gestión.

[26] Véase el párrafo 21 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 65.

- La realización de estudios de los textos revisados por otros expertos respecto a la actividad, el tipo del ecosistema, la región y el depósito en cuestión (por ejemplo, que demuestren que en la situación climática y con los tipos de suelo de la región, la forestación o reforestación de tierra agrícola conduce a aumentos del carbono orgánico almacenado en el suelo); o
- Métodos combinados.

Es una *buena práctica* notificar siempre que sea factible, los niveles de confianza de las estimaciones que motivaron la exclusión de un depósito, y la manera en que se estableció este nivel de confianza (véase también la Sección 4.2.4.2 Evaluación de la incertidumbre).

4.2.3.2 AÑOS PARA LOS CUALES SE DEBEN ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Los Acuerdos de Marrakesh especifican que las variaciones del carbono almacenado respecto de cada unidad de tierra sometida a una actividad relacionada con el párrafo 3 del artículo 3, y las tierras sometidas a actividades elegidas a tenor del párrafo 4 del artículo 3 deben notificarse para cada año del período de compromiso[27], empezando con el inicio del período de compromiso o con el comienzo de la actividad, si éste es posterior.

Para tener la seguridad de que se notifican las variaciones reales del carbono almacenado, y no compuestos resultantes de cambios en la superficie con el trascurso del tiempo, los cálculos de las variaciones del carbono almacenado deben practicarse en la secuencia siguiente: Se debe calcular en primer lugar para cada unidad de tierra o tierra, la variación del carbono almacenado relativo al año objeto de interés, y estas variaciones se deben sumar respecto de todas las áreas. La secuencia inversa, es decir, primero sumar el carbono almacenado de todas las zonas en los tiempos t_1 y t_2 y seguidamente calcular la diferencia en el carbono almacenado puede ser fuente de errores si la superficie no es la misma en los tiempos t_1 y t_2, y por consiguiente no es recomendable[28].

Es, pues, una *buena práctica* realizar todos los cálculos de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero para toda la superficie al final del año de inventario, y utilizar este método sistemáticamente a lo largo del tiempo.

Esto significa que si la actividad comenzó el 1º de julio de 2009, las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero deben notificarse respecto de cada uno de los cuatro últimos años del período de compromiso, 2009-2012. Si la actividad comenzó después de 1990 pero antes del 1º de enero de 2008, la notificación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero en el período de compromiso deben comprender cada uno de los cinco años del período de compromiso, 1º de enero de 2008 a 31 de diciembre de 2012. Estos requisitos de notificación en función del tiempo se resumen en el Cuadro 4.2.3. Cuando hay diferencias entre la suma de los cinco informes anuales y la notificación relativa a todo el período de compromiso, éstas deberían examinarse y resolverse al final del período (véanse las Secciones 4.2.3.3, 4.2.4.1.1 y el Capítulo 5).

[27] Véase el párrafo 5 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 26.

[28] Por ejemplo, si la superficie de una actividad correspondiente al párrafo 4 del artículo 3 es de 100 ha al comienzo del año de inventario y de 200 ha al final de ese mismo año, ha de calcularse la diferencia del carbono almacenado en las 200 ha en el año de inventario; de lo contrario, el carbono almacenado al comienzo del año (X ton de C/ha · 100 ha), es casi siempre más pequeña que el carbono almacenado al final del año (Y ton de C/ha · 200 ha), y la consecuencia sería simplemente un aumento aparente de la presencia de carbono almacenado a medida que la superficie aumenta.

CUADRO 4.2.3
AÑOS CIVILES PARA LOS QUE SE DEBEN NOTIFICAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO (PARA CADA ACTIVIDAD Y CADA UNO DE LOS CINCO DEPÓSITOS DESCRITOS ANTERIORMENTE), EN FUNCIÓN DEL TIEMPO EN QUE SE INICIÓ LA ACTIVIDAD. "N" INDICA LOS AÑOS PARA LOS QUE ES NECESARIA LA NOTIFICACIÓN

Inicio de la actividad	Año civil para el que es necesaria la notificación				
	2008	2009	2010	2011	2012
Antes de 2008	N	N	N	N	N
En 2008	N	N	N	N	N
En 2009		N	N	N	N
En 2010			N	N	N
En 2011				N	N
En 2012					N

Cada actividad (forestación, reforestación, deforestación, gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación) puede consistir en una serie de prácticas y puede iniciarse con una o varias de ellas. Por ejemplo, un programa de forestación puede comenzar con la planificación, la adquisición de tierras, la producción de material de propagación, etc. Las operaciones como la preparación del lugar pueden preceder asimismo a la plantación o la siembra (como resultado de las cuales la tierra se convierte realmente en "bosque"). Algunas de estas operaciones son neutrales en carbono, mientras que otras, por ejemplo la preparación del lugar, pueden acarrear emisiones importantes de carbono, óxido nitroso o metano. Es una *buena práctica* interpretar el comienzo de la actividad como el comienzo de la variación *in situ* del carbono almacenado y/o de emisiones distintas del CO_2 debidas a cualquiera de la serie de operaciones. Por ejemplo, si en una actividad de forestación hay preparación del lugar, es una *buena práctica* incluir las variaciones del carbono almacenado causadas por la preparación del lugar. Para hacerlo, se puede ya sea a) medir el carbono almacenado en el lugar antes del inicio de cualquiera de las operaciones relativas a la actividad (en caso de que las variaciones del carbono almacenado se estimen utilizando mediciones múltiples de las reservas), o bien b) asegurarse de que la estimación de las variaciones del carbono almacenado comprende una estimación de las emisiones resultantes de estas operaciones iniciales.

4.2.3.3 INTERVALOS DE NOTIFICACIÓN Y MEDICIÓN

Los Acuerdos de Marrakesh especifican que todas las emisiones procedentes de fuentes y absorciones por sumideros causados por actividades relacionadas con el párrafo 3 del artículo 3 y actividades elegidas relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 deben notificarse anualmente[29]. Hay algunos métodos que permiten obtener estimaciones anuales, y el requisito de notificación anual no implica que sean necesarias mediciones sobre el terreno anuales. Esta operación no sería ni factible ni rentable. De hecho, aunque la realización de mediciones con más frecuencia hará disminuir en general las incertidumbres, puede ocurrir también lo contrario, en razón de la variabilidad a corto plazo, como se analiza en la Sección 4.2.3.7 (Variabilidad interanual). Las variaciones del carbono almacenado en los depósitos cuyas incertidumbres son altas, por ejemplo el carbono orgánico en el suelo, no son por lo general detectables sobre una base anual o a corto plazo. En líneas generales, cuando los países están elaborando y seleccionando métodos que les permitan cumplir sus requisitos de notificación, deberían tratar de establecer un equilibrio que sea asequible, utilizar lo mejor posible los datos ya disponibles, hacer que las variaciones del carbono almacenado se verifiquen de forma sistemática aplicando las modalidades que se exponen en el Capítulo 5 (Sección 5.7 Verificación), y no realizar inventarios susceptibles a los impactos de las fluctuaciones anuales de las condiciones meteorológicas. Aunque la Sección 4.2.3.7 sugiere que la recopilación de datos sobre el terreno en un ciclo quinquenal puede ser un compromiso razonable, el intervalo de la nueva medición depende también del depósito y de la magnitud de los cambios probables respecto de la variabilidad espacial en el depósito y de las incertidumbres que acompañan a las evaluaciones del tamaño de ese depósito. Por ejemplo, es frecuente que las variaciones del carbono en el suelo sólo puedan detectarse en períodos de tiempo más largos. Los datos ya disponibles anualmente, como las estadísticas sobre plantación o tala, pueden combinarse con las mediciones realizadas en períodos de tiempo más largos –menos sensibles a las fluctuaciones anuales– o con datos basados en una media móvil quinquenal.

[29] Obsérvese que aunque se requiere una notificación anual, los países tienen la opción de rendir cuenta ya sea anualmente o para todo el período de compromiso (véase párrafo 8 d) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Modalidades de contabilidad de las cantidades atribuidas), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, pág. 66).

4.2.3.4 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 correspondientes a las actividades en el marco del párrafo 3 del artículo 3 y a las actividades elegidas en relación con el párrafo 4 del artículo 3 debe ser congruente con los métodos expuestos en el Capítulo 3. Para cada unidad de tierra en el marco del párrafo 3 del artículo 3 o de tierra en el marco del párrafo 4 del artículo 3, es una *buena práctica* utilizar un nivel metodológico igual o superior para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero como el que fue utilizado para la misma tierra en el inventario relativo a la CMCC, de acuerdo con lo consignado en el Capítulo 3. La única excepción a esta regla es el restablecimiento de la vegetación: si las tierras en las que se opera este proceso no son una categoría esencial, el restablecimiento de la vegetación tampoco lo será. Si las tierras en las cuales se opera el restablecimiento de la vegetación son una categoría esencial en el inventario de la CMCC[30], esta operación puede ser considerada o como una categoría esencial, o bien cabe realizar una prueba separada a fin de identificar la "categoría esencial" (véase el Capítulo 5, Sección 5.4.4 Identificación de las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto).

En el Nivel 1 que se ha explicado con detalle en el Capítulo 3 se parte del supuesto de que la variación neta del carbono almacenado en lo que respecta a los depósitos de mantillo (suelo forestal), madera muerta y carbono orgánico del suelo (COS) es nula, pero los Acuerdos de Marrakesh especifican que la biomasa sobre y bajo el suelo, los detritus, la madera muerta y el COS deben contarse, a menos que el país opte por no contar un depósito del que se pueda demostrar que no es una fuente. Por consiguiente, el Nivel 1 sólo puede aplicarse si se puede demostrar que los depósitos de detritus, madera muerta y COS no son una fuente utilizando los métodos que se describen en la Sección 4.2.3.1. Asimismo, el Nivel 1 puede aplicarse únicamente si la gestión de bosques no es considerada categoría esencial, lo que sólo puede ocurrir si los "bosques que siguen siendo bosques", según el Capítulo 3, no son categoría esencial.

4.2.3.5 EXCLUSIÓN DE LOS EFECTOS INDIRECTOS NATURALES Y ANTERIORES A 1990

Los Acuerdos de Marrakesh especifican que se facilite información sobre si las emisiones de gases de efecto invernadero antropógenas por fuentes y las absorciones por sumideros dimanantes de las actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 han excluido del cálculo las absorciones de concentraciones elevadas de dióxido de carbono superiores a las de los niveles preindustriales, la deposición indirecta de nitrógeno, y los efectos dinámicos de la estructura de edad resultante de las actividades anteriores al 1º de enero de 1990.[31] Además del requisito de notificar si estos efectos han quedado o no excluidos del cálculo, las Partes que eligen la exclusión deben notificar asimismo los métodos que han aplicado para ello. A los fines de contabilidad en virtud del Protocolo del Kyoto para el primer período de compromiso, se ha estudiado la "exclusión" por intermedio de la cifra tope de los créditos de carbono asignados a la gestión forestal a tenor de lo dispuesto en el párrafo 4 del artículo 3 y en el artículo 6. La cuestión de la “exclusión” la está considerando el IPCC, y por consiguiente, no nos extenderemos en ella.

4.2.3.6 ALTERACIONES

Las alteraciones son procesos que reducen o redistribuyen los depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. Como ejemplos de ello cabe citar los incendios, los vientos devastadores, los insectos, las sequías, las inundaciones, las tormentas de hielo, etc. Aunque las alteraciones pueden ser naturales, antropógenas, o de origen desconocido, afectan al ciclo del carbono de los bosques gestionados y otras tierras gestionadas y, por consiguiente, deben incluirse en las mediciones de las variaciones del carbono almacenado y de los gases de efecto invernadero respecto de las tierras sometidas a actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3, o al artículo 6. Estas alteraciones son tenidas también en cuenta en los inventarios en el marco de la CMCC (véase el Capítulo 3, p. ej., la Introducción a la Sección 3.2 Tierras forestales).

---

[30] Esto es posible cuando las tierras agrícolas o las praderas en las cuales se opera el restablecimiento de la vegetación son categorías esenciales con respecto al inventario de la CMCC, en tanto que la superficie en la que tiene lugar el restablecimiento de la vegetación puede compararse muy bien con las zonas que están en régimen de gestión de tierras agrícolas o gestión de praderas.

[31] Véase el párrafo 7 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 27.

Como los bosques no gestionados y otras tierras no gestionadas no están incluidas en la CMCC ni tampoco entre los requisitos de notificación del Protocolo de Kyoto, las alteraciones en zonas que siguen siendo no gestionadas no deben tenerse en cuenta.

Se pueden identificar cuatro grandes impactos de las alteraciones en los ecosistemas gestionados. En primer lugar, las alteraciones pueden originar liberaciones directas de carbono y de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en la atmósfera (por ejemplo, durante incendios) o transferencias de carbono fuera del ecosistema (por ejemplo, durante la recolección). En segundo lugar, redistribuyen el carbono entre los depósitos de carbono del ecosistema, por ejemplo, la biomasa viva es transferida a la madera muerta y al mantillo. En tercer lugar, originan emisiones posteriores a la alteración, por ejemplo, por descomposición de la biomasa residual después de la alteración. En cuarto lugar, restablecen la dinámica de la masa forestal a una clase de edad anterior o provocan una nueva trayectoria de crecimiento. Los modelos del Nivel 3 que estiman las variaciones del carbono almacenado en las superficies forestadas simulan cada uno de estos procesos e integran los impactos de las variaciones del carbono almacenado a nivel de la masa forestal y la superficie (p. ej., Kurz y *et al.*, 1992; Kurz y Apps, 1999).

Teniendo esto presente, puede afirmarse lo siguiente:

- Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que son consecuencia de alteraciones en tierras sometidas a actividades del párrafo 3 del artículo 3 (forestación, reforestación y deforestación) o a una actividad elegida según el párrafo 4 del artículo 3 (p. ej., gestión de bosques) deben incluirse en las cifras notificadas. Véase, por ejemplo, la Sección 3.2.1.1 sobre orientaciones relativas a la manera de estimar y notificar las variaciones del carbono almacenado, y la Sección 3.2.1.4 en lo relativo a las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por incendios. Si las variaciones del carbono almacenado a consecuencia de alteraciones no se incluyeron en la notificación respecto de la CMCC, hay que añadirlas a la notificación relativa al Protocolo de Kyoto.
- Las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que son consecuencia de alteraciones durante el período de compromiso en tierras en las que se ejecutan proyectos (artículo 6) deben incluirse en las cifras notificadas.
- Si con las actividades de gestión relacionadas con proyectos (p. ej., artículo 6) se consigue disminuir o evitar alteraciones (p. ej., lucha contra incendios o insectos), se puede producir una variación del carbono almacenado con respecto a una situación inicial (con alteraciones). Es una *buena práctica* estimar o incluir en la notificación las variaciones reales del carbono almacenado que se operan en la superficie del proyecto.

4.2.3.7 VARIABILIDAD INTERANUAL

En la tasa anual de emisiones o absorciones netas de carbono en un ecosistema influyen mucho las características meteorológicas locales, la variabilidad del clima, la labor de gestión, las variaciones de las alteraciones naturales y otros factores que alteran las tasas de crecimiento y de descomposición (p. ej., en Griffis y *et al.*, 2000; Tian *et al.*, 1998; Flanagan *et al.*, 2002). Consecuentemente, la tasa de emisiones o absorciones netas de carbono en una zona determinada pueden variar de un año a otro y puede pasar de ser fuente neta a ser sumidero neto en años sucesivos.

Hay dos aspectos de la variabilidad interanual que deben abordarse independientemente. En primer lugar suele haber estadísticas nacionales sobre la variación interanual de las tasas de explotación, los cambios de uso de la tierra, o las alteraciones naturales como las superficies quemadas, y es una *buena práctica* incluir estos datos en el cálculo de las variaciones del carbono almacenado. En segundo lugar es mucho más difícil cuantificar las variaciones de las tasas de crecimiento y descomposición debidas a variaciones estacionales y anuales de las condiciones ambientales: regímenes de humedad, temperatura, o duración de la estación de crecimiento.

Los efectos de la variabilidad interanual de las condiciones medioambientales en las estimaciones de las tasas anuales de emisiones y absorciones netas de carbono pueden dar lugar a conclusiones incorrectas sobre las tendencias a largo plazo cuando se extrapolan las estimaciones de un solo año. Por el contrario, la interpolación de tendencias a largo plazo en las tasas de crecimiento forestal, por ejemplo, puede traducirse en una subestimación o sobreestimación del crecimiento real en un solo año. Las funciones de crecimiento y las tablas de rendimiento forestal utilizadas en países que poseen sistemas de planificación de la gestión forestal se basan en mediciones del crecimiento periódico (p. ej., en intervalos de 5 o 10 años de nueva medición) y, por consiguiente, están incorporando y promediando los efectos de la variabilidad interanual anterior de las condiciones ambientales. Un método que respetaría la *buena práctica* es utilizar esas funciones de crecimiento para estudiar las tasas de crecimiento de la biomasa, porque éstas representan las tasas de crecimiento medio y, por consiguiente, están poco influidas por las fluctuaciones de las condiciones ambientales a corto plazo.

Cuando se utilizan funciones de crecimiento y rendimiento empíricas para estimar el crecimiento de la masa forestal, es una *buena práctica* evaluar las influencias potenciales de la variabilidad interanual de las condiciones ambientales, por ejemplo, mediante comparaciones del crecimiento previsto y real en un conjunto de parcelas de muestreo permanente regionalmente distribuidas. Cuando el incremento periódico (p. ej., 5 años) se predice sistemáticamente por defecto o en exceso, las estimaciones de crecimiento deben ajustarse en consecuencia. Es necesario que los países que utilizan modelos basados en procesos para simular la variabilidad anual del crecimiento de la masa vegetal y otros cambios en la población forestal evalúen asimismo estas predicciones comparándolas con mediciones de los cambios periódicos de la masa en parcelas de muestreo permanentes, y ajusten las predicciones cuando sea necesario.

Además de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante el período de compromiso, el Protocolo de Kyoto prescribe además que se haga una estimación de las variaciones del carbono almacenado durante el año de base (1990 en la mayoría de los casos) respecto de aquellas actividades elegidas a las que se aplica la contabilización neto-neto (Cuadro 4.1.1). El efecto de esta estimación para un solo año podría ser grande, ya que será comparado con las estimaciones para cada año del período de compromiso en el cual hubo esta actividad. Por consiguiente, los efectos de la variabilidad interanual en el año de base podrían ser grandes. La dirección de los efectos depende de la manera en que el año 1990 se desvió de los promedios climáticos a largo plazo. Además, puede ser difícil confirmar la estimación para el año de base utilizando mediciones directas, a menos que éstas se hubiesen hecho ya en 1990. Cuando las condiciones ambientales en el año de base (p. ej., 1990) hayan causado importantes desviaciones en las variaciones del carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de sus promedios a más largo plazo (p. ej., 5 años), es una *buena práctica* notificar sistemáticamente las emisiones utilizando promedios a más largo plazo de las condiciones ambientales o bien estimaciones anuales reales de las emisiones al estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

El efecto de la variabilidad interanual puede disminuir a medida que aumenta el área geográfica considerada. Por ejemplo, los efectos de las pautas meteorológicas locales pueden compensarse mutuamente de manera parcial en un país grande, pero pueden ser muy pronunciados en un país pequeño o dentro de una región pequeña de un país. Hay, no obstante, procesos climáticos que pueden sincronizar las variaciones meteorológicas en regiones grandes, como episodios de El Niño – Oscilación Austral (ENOA) que suelen ocurrir en intervalos de tiempo de 3 a 7 años, o el cambio climático mundial. Dentro de estos límites, cuanto más extenso sea el intervalo de medición o de estimación más probable será representar el verdadero valor medio a largo plazo. Cuando se emplean procesos no lineales, por ejemplo la acumulación sigmoidal de biomasa forestal con la edad, la interpolación lineal simple para años intermedios será cada vez menos fiable en períodos de tiempo más largos. En general, un período de promediación de unos cinco años reducirá probablemente los efectos de la variación interanual.

Es una *buena práctica* exponer documentalmente si los métodos elegidos para la estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 son sensibles a la variabilidad interanual de las condiciones ambientales durante el período de compromiso, y notificar la manera en que se abordó la cuestión de variación interanual en los cálculos relativos al inventario.

4.2.4 Otras cuestiones genéricas de metodología

4.2.4.1 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Es necesario seguir continuamente la evaluación a través del tiempo de las tierras sometidas a actividades relacionadas con el párrafo 3 del artículo 3 o las actividades elegidas según el párrafo 4 de ese artículo, así como la gestión de las mismas para garantizar que se han notificado todas las emisiones y absorciones. Además, la continuidad de la gestión influye sumamente en las emisiones y absorciones del carbono, y los cambios en la gestión o el uso de la tierra son con frecuencia los períodos que corresponden a las mayores variaciones del carbono almacenado. Por ejemplo, no basta simplemente con declarar que el 10% de la superficie de gestión de tierras agrícolas no ha sido cultivada durante un período especificado. La tasa de variación del carbono almacenado para la superficie total depende de si el mismo 10% de la tierra ha seguido sin cultivar o si ese 10% de tierra no cultivada se refiere a una operación diferente de la superficie en diferentes años. Es, pues, una *buena práctica* seguir continuamente la gestión de la tierra sometida a actividades del párrafo 3 del artículo 3 y actividades elegidas del párrafo 4 de ese mismo artículo (véase también el Recuadro 4.2.1).

La evaluación de la continuidad de la gestión de la tierra podría realizarse ya sea haciendo un seguimiento continuo de las tierras sometidas a una actividad del párrafo 3 del artículo 3, o una actividad elegida del párrafo 4 de ese mismo artículo, desde 1990 hasta fines del período de compromiso (véase la Sección 4.2.7.2 Elección de

métodos para identificar tierras sometidas a gestión de bosques), o elaborando técnicas de muestreo estadístico que permitan la transición de diferentes tipos de gestión en la tierra sometida a actividades del párrafo 3 del artículo 3 o actividades elegidas del párrafo 4 de ese mismo artículo (véase la Sección 5.3 Muestreo). En el Recuadro 4.2.1 se da un ejemplo de la manera en que podría funcionar dicho esquema.

Otra condición para elaborar una serie temporal coherente es aplicar los mismos métodos para estimar la variación del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante todo el período.

La coherencia de la serie temporal se trata con más detalle en la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos).

RECUADRO 4.2.1
EJEMPLO DE COHERENCIA EN LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN

Para estimar las variaciones del carbono almacenado en el suelo, es necesario seguir continuamente en el tiempo, con cualquiera de los métodos de Nivel 1, 2 o 3, las prácticas de gestión en tierras aplicables. Lo ideal sería hacer un seguimiento explícito de la gestión de cada superficie. Pero puede que no siempre se disponga de estos datos. Otro método sería estimar el historial *medio* de las tierras gestionadas actualmente. Véase el ejemplo siguiente.

Ejemplo: Gestión de tierras agrícolas

Supongamos que había una región de tierras agrícolas de 10.000 ha, 5000 de ellas no cultivadas (NC) en el año 2000, que en 1990 eran 2.000 ha. La superficie restante, en cada año, es de cultivo convencional (CC). Con el fin de simplificar este ejemplo, supongamos que la gestión de la tierra en el año 1990 no sufrió cambios durante un largo período anterior (más de 20 años). La variación del carbono en el suelo estimada se basa en una matriz de coeficientes; digamos 0,3 mg C/ha/año para la tierra que pasa de CC a NC, -0,3 mg C/ha/año para cambiar pasando de NC a CC. (La variación del carbono almacenado se calcula por la cantidad de carbono en el suelo, el factor de variación relativo del carbono almacenado[32], durante 20 años, respecto de la actividad de gestión, y la duración del período, un año. Véanse el Capítulo 3.3.1.2, y los Cuadros 3.3.3 y 3.3.4). Lamentablemente, no ha habido ningún seguimiento de la gestión de cada tierra. No obstante, es posible estimar sobre la base de un análisis estadístico (p. ej., una encuesta), con razonable confianza los cambios siguientes:

CC	→	NC	3.500 ha
CC	→	CC	4.500 ha
NC	→	CC	500 ha
NC	→	NC	1.500 ha

Por consiguiente, la ganancia total de carbono es:
(3.500 • 0,3 + 4.500 • 0 + 500 • (-0,3) + 1.500 • 0) mg C/año = 900 mg C/año.

4.2.4.1.1 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

A medida que mejoran la capacidad de inventario y la disponibilidad de datos, se van actualizando y perfeccionando los métodos y los datos utilizados para calcular las estimaciones. El nuevo cálculo de las emisiones y de las absorciones históricas es una *buena práctica* cuando se introducen nuevos métodos o se perfeccionan los existentes, cuando se incluyen nuevas categorías de fuentes y sumideros, o cuando se actualizan los datos (p. ej., mediante nuevas mediciones durante el período de compromiso o nueva información sobre la verificación). También pueden necesitarse nuevos cálculos si las tierras se han reclasificado en un momento posterior (p. ej., las tierras que han perdido cubierta forestal pero en las que estaba pendiente su clasificación como tierras deforestadas , y que ha sido resuelta, véase la Sección 4.2.6.2.1).

Los Acuerdos de Marrakesh prevén nuevos cálculos[33] compatibles con las directrices de notificación relativas a

[32] Si bien en el Capítulo 3 se utilizan los términos de factores de emisión/absorción, en el Capítulo 4 se utiliza también la expresión "factor de variación del carbono almacenado" para hacer referencia a los factores de emisión/absorción del carbono.

[33] Véanse los párrafos 4 y 12 (en particular 12 d) y 12 e)), 13 y 14 e) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 5.1), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, págs. 7 a 9.

la CMCC, y mencionan que se deberían volver a calcular las estimaciones anteriores utilizando los nuevos métodos para todos los años de la serie temporal. Se pueden volver a calcular las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero anuales notificadas para un año determinado durante el período de compromiso en años de notificación posteriores (hasta la notificación para 2012). También ha de prestarse especial atención a las actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 a las cuales se aplica la regla de contabilización neto-neto, por ejemplo, todas las actividades excepto la gestión de bosques. Para estas actividades, la utilización de datos afinados o actualizados o el cambio de métodos debería ser examinada por homólogos o validada de otro modo antes de aplicarse, especialmente si los datos del año de base cambiaran a consecuencia de ello (véase el Capítulo 7, Sección 7.3 Nuevos cálculos, en *OBP2000* y Capítulo 5, Sección 5.6.3 Nuevos cálculos y datos periódicos, en esta publicación, para una orientación adicional). Al volver a calcular las emisiones y/o absorciones, se habrá de verificar y garantizar la coherencia de las series temporales. Es también una *buena práctica* notificar por qué las nuevas estimaciones se consideran más precisas o menos inciertas.

Un problema que puede plantearse al volver a calcular las estimaciones anteriores es que quizás no se disponga de algunas series de datos de años anteriores. Para superar esta limitación, hay varias maneras que se detallan en el Capítulo 5 (Cuestiones multisectoriales) de esta publicación y en la Sección 7.3 (Nuevos cálculos) de *OBP2000*.

4.2.4.2 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

De conformidad con los Acuerdos de Marrakesh, se deben cuantificar las incertidumbres, y toda la información relativa a emisiones de gases de efecto invernadero antropógenas por fuentes y la absorción por sumideros resultantes de las actividades a que se refieren los párrafos 3 y 4 del artículo 3 tiene que situarse en los límites de confianza elaborados por cualquier orientación sobre las buenas prácticas del IPCC adoptadas por la CR/PR[34]. En general las metodologías que se dan en los Capítulos 2 y 3 y en las Secciones 5.2 Identificación y cuantificación de las incertidumbres, y 5.3 Muestreo, pueden utilizarse para evaluar las incertidumbres correspondientes a las estimaciones notificadas en el marco de la CMCC y en relación con las actividades de UTCUTS del Protocolo de Kyoto. Ahora bien, algunas cuestiones y expresiones específicamente propias del Protocolo de Kyoto requieren una evaluación adicional de la incertidumbre; por ejemplo, la identificación de las zonas sometidas a actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, o la necesidad de seguir la evolución de las actividades desde 1990. La evaluación de la incertidumbre es especialmente importante para la notificación a tenor del Protocolo de Kyoto, con objeto de apoyar la verificación de conformidad con los requisitos de garantía de la calidad y control de la calidad que se especifican en el Capítulo 5[35]. Además, para asegurar la compatibilidad con la *buena práctica*, se deben disminuir las incertidumbres en las estimaciones de los inventarios siempre que sea factible. Por otra parte, al seleccionar un nivel metodológico determinado para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2, es una *buena práctica* reflexionar sobre las consecuencias de esta elección para la gestión de las incertidumbres.

4.2.4.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

Para una enumeración y explicación completas de cada fuente posible de incertidumbre en relación con el inventario respecto de la CMCC, se remite al lector a los Capítulos 2 y 3. En el contexto del Protocolo de Kyoto, serán probablemente importantes las siguientes fuentes de incertidumbres:

- Errores de definición, como sesgos, contradicciones resultantes de la interpretación y aplicación práctica de las diversas definiciones del Protocolo de Kyoto y de los Acuerdos de Marrakesh (incluida la

[34] Esto se refiere al párrafo 6 d), con inclusión de la nota de pie de página 5, y al párrafo 9, incluida la nota de pie de página 7 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/ Add.3, págs. 27 y 28 respectivamente.

[35] Por ejemplo las actividades relacionadas con el párrafo 3 del Artículo 3 "*... calculadas como variaciones verificables del carbono almacenado en cada período de compromiso...*" y "*... se informará de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que guarden relación con esas actividades de una manera transparente y verificable...*". En el párrafo 4 del artículo 3 se mencionan explícitamente incertidumbres, es decir, "*... actividades humanas adicionales relacionadas con las variaciones de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero en las categorías de suelos agrícolas y de cambio de uso de la tierra y silvicultura y sobre las actividades que se hayan de sumar o restar, teniendo en cuenta las incertidumbres, la transparencia de la presentación de informes, [y] la verificabilidad,...*" (párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto). Véanse también los párrafos 3 a), 3 b) y 3 c) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 5.1), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/ Add.3, pág. 6.

incompatibilidad potencial entre los datos disponibles de las Partes y la interpretación que éstas hacen de las definiciones);

- Errores de clasificación, tales como errores en las clasificaciones del uso de la tierra y transición de tierras (p. ej., la clasificación de bosque por oposición a no bosque, con posibles errores en relación con las tierras forestales temporalmente sin masa forestal);
- Errores en los datos relativos a la actividad (p. ej., distinción entre el ciclo explotación - regeneración (párrafo 4 del artículo 3) por oposición a deforestación (párrafo 3 del artículo 3) o intervención humana en la forestación y reforestación);
- Errores de estimación, tales como errores en las estimaciones de las superficies (p. ej., debidas a una clasificación incorrecta de los casos de cambio, es decir, errores por omisión y errores en la teledetección (véase los detalles más adelante), o debidos a las diferentes escalas utilizadas para identificar las tierras sometidas a las diversas actividades, por ejemplo, forestación/reforestación por oposición a deforestación, o modificaciones hechas en los procedimientos y/o densidades del muestreo con el transcurso del tiempo);
- Errores de identificación que se cometen en el momento de definir los límites geográficos de las zonas que circundan las tierras y las unidades de tierra sometidas a las actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si bien esto quizás no tenga una repercusión directa en la incertidumbre de las estimaciones de las variaciones del carbono almacenado para una actividad determinada);
- Se cometen errores de modelo cada vez que se utilizan modelos o ecuaciones alométricas para estimar las variaciones del carbono almacenado o las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2, lo que probablemente puede ocurrir a niveles metodológicos más elevados. Puede ser muy engorroso seguir la huella de la propagación de los errores causados por modelos complejos encadenados uno a otro. En general, esto puede introducir incertidumbres adicionales, excepto en los casos en que sea posible utilizar modelos más sencillos para estimar los márgenes generales de incertidumbre que puedan combinarse con las estimaciones centrales derivadas de modelos complejos.
- Errores de muestreo originados por el número de muestras (número y lugar) dentro de un "límite geográfico". En este caso, las muestras no abarcan suficientemente la variabilidad temporal y espacial de los parámetros estimados. Esto es especialmente importante cuando se utiliza el Método de notificación 1 (descrito en la Sección 4.2.2.2). Las cuestiones relativas al muestreo se exponen con detalle en la Sección 5.3 (Muestreo).

Algunas notas sobre los factores que afectan a la incertidumbre

Variabilidad natural

La variabilidad natural es el resultado de variaciones de las variables de control naturales, como la variabilidad climática anual y la variabilidad de las unidades de tierra que se supone son homogéneas; por ejemplo, la variabilidad espacial de los suelos forestales en una unidad de tierra determinada. Cuando se dispone de datos experimentales en número suficiente, la *buena práctica* debería permitir determinar las incertidumbres combinadas resultantes a nivel de parcela y a mayor escala utilizando métodos estadísticos corrientes (p. ej., Tate *et al.*, 2003). En algunos casos, especialmente cuando se trata de la variabilidad interanual o ínterdecenal, puede haber considerables efectos capaces de cambiar el signo de las emisiones y absorciones netas notificadas de todo un país o toda una región. En los cálculos del inventario, la incertidumbre debida a la variabilidad natural puede disminuirse utilizando coeficientes medios de tiempo y promediando las mediciones directas en un período de tiempo suficientemente largo para evaluar la variabilidad, según se analiza en la Sección 4.2.3.7.

Carencia de datos y de documentación sobre la actividad en la coherencia de las series temporales

Además de las incertidumbres en los factores por defecto de la emisión y absorción de carbono, son conocidas las inexactitudes cuando faltan datos sobre la actividad (véase la Sección 4.2.8.1.1). La determinación retrospectiva del inventario del año de base, es decir, para la mayoría de las Partes el año 1990, puede plantear dificultades especiales para la gestión de las tierras agrícolas, la gestión de pastizales y el restablecimiento de la vegetación. Cuando no se pueden establecer las emisiones y las absorciones netas de carbono para el año de base 1990 utilizando los factores de emisión y absorción del carbono por defecto, pueden estimarse extrapolando una serie temporal coherente. Para ello se requieren datos sobre el historial de la gestión de la tierra en los 20 años anteriores, dado que el método por defecto para estimar las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero parte del supuesto de que se necesitan 20 años para que el depósito de carbono en el suelo llegue a un nuevo equilibrio después del cambio de uso de la tierra a agricultura. Las opciones para estudiar la carencia de datos fiables de 1970 a 1990 se encuentran en la Sección 4.2.8.1.1 (Año de base, gestión de tierras agrícolas).

Resolución de la teledetección y verificación en tierra

El objetivo de utilizar imágenes satelitales para realizar evaluaciones de la cubierta terrestre es obtener, para la región de un inventario, estimaciones totales de la superficie, porcentajes de clases de cubierta terrestre, o límites geográficos. La teledetección está especialmente bien adaptada para producir una identificación completa de las tierras y unidades de tierra cuando se utiliza el Método de notificación 2 (véase la Sección 4.2.2.2). La selección de imágenes con una resolución insuficiente es una fuente importante de incertidumbre. Para detectar los cambios en superficies no mayores de 1 ha, la resolución de las imágenes debe ser más fina que 1 ha. Además, una verificación en tierra que sea incorrecta o insuficiente puede causar errores de clasificación.

Se cometen **errores de posición** cuando a) no se ha hecho la corrección geométrica o es incompleta o falsa, b) la ubicación por píxel y en tierra de la parcela no coinciden, y c) la definición de las lindes no es bastante precisa. Por ejemplo, al detectarse cambios en el uso de la tierra mediante una serie temporal de imágenes obtenidas por teledetección, el desplazamiento espacial de los píxeles de una imagen muestreada a la siguiente introducirá errores. En el caso de detección de una transición de bosque a no bosque o viceversa, las incertidumbres conexas serán mayores cuando los bosques están fragmentados. Surgen **errores de clasificación** derivados de una identificación incorrecta de la auténtica clase de cubierta de la tierra. Entre ellos hay errores por omisión, es decir, se omite un elemento de la población de una categoría determinada y se coloca por error en otra clase, y errores de hecho al clasificar, por ejemplo, categorías erróneas en una categoría determinada de datos verificados en tierra.

4.2.4.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

Las incertidumbres deben cuantificarse de conformidad con los métodos que se describen en esta publicación: los Capítulos 2 y 3 aportan los datos y el asesoramiento metodológico necesarios para estimar las incertidumbres asociadas a la estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones. El Capítulo 5 (véanse las ecuaciones de la Sección 5.2) muestra la manera de combinar estas estimaciones para convertirlas en incertidumbres globales.

Es una *buena práctica* obtener intervalos de confianza aplicando un método cuantitativo a los datos existentes. Los intervalos de confianza a un nivel de confianza determinado proporcionan una base mínima para una estimación cuantitativa simple de la incertidumbre. Para seguir siendo compatibles con *OBP2000*, las incertidumbres se deben estimar con un 95% de límite de confianza, utilizando incertidumbres componentes evaluadas mediante un dictamen de expertos para llegar a una confianza del 95% cuando la cuantificación no es posible de otro modo (véase la Sección 5.2 para la orientación sobre el dictamen de expertos).

Las incertidumbres relativas a las actividades del Protocolo de Kyoto pueden tratarse del mismo modo que otras estimaciones de incertidumbre teniendo en cuenta que:

- La cláusula "desde 1990" y el empleo de definiciones específicas del Protocolo de Kyoto y de los Acuerdos de Marrakesh causarán probablemente errores sistemáticos relacionados con la estimación de los datos de actividad requeridos. Las posibilidades de que haya diferencias entre la superficie forestal gestionada y la superficie sometida a gestión forestal, y también entre la superficie de pradera y la superficie sometida a gestión de pastizales implica que las superficies cuyas incertidumbres se están evaluando pueden diferir entre las actividades referidas al Protocolo de Kyoto y las correspondientes categorías de las *Directrices del IPCC*.

- Los datos sobre la actividad pueden referirse asimismo a prácticas individuales o a estructuras de propiedad; por ejemplo, la parte de granjeros que explotan tierras agrícolas con aplicación de una determinada corrección de un suelo particular. Si esta parte se estima mediante una encuesta, se debe introducir al concebirla una estimación de la incertidumbre en función del nivel del desglose de los datos del inventario, pues de lo contrario la incertidumbre tendrá que calcularse mediante dictamen de expertos.

- En lo que respecta a la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y/o el restablecimiento de la vegetación (si se ha elegido), es necesario asimismo disponer de estimaciones de la incertidumbre para el año de base. Estas estimaciones serán probablemente más elevadas que las relativas al período de compromiso, ya que la información suele derivarse únicamente de retroextrapolaciones o de modelos, más que de inventarios reales en el año de base, o cerca de él. Además, la determinación de las actividades en el año de base, cuando es necesaria, puede plantear dificultades si no hay estudios sobre el uso de la tierra anteriores al año de base. En la Sección 4.2.8 (Gestión de tierras agrícolas) se analiza un método por defecto para abordar este problema. Las incertidumbres conexas podrían evaluarse, en principio, mediante métodos estadísticos formales, pero es más probable que se hagan mediante un dictamen de expertos basado en los márgenes factibles de una retroextrapolación de las tendencias temporales. En la Sección 5.6 se da asesoramiento más detallado sobre la provisión de datos faltantes de este modo.

- Cuando se emplea la teledetección para clasificar el uso de la tierra y detectar el cambio de uso de la tierra, con inclusión de las unidades de tierra sometidas a lo prescrito en el párrafo 3 del artículo 3, las incertidumbres podrían cuantificarse verificando las tierras clasificadas con datos reales verificados en tierra suficientes o imágenes satelitales de mayor resolución (véanse las Secciones 5.7.2 y 2.4.4). Para evaluar la precisión puede utilizarse la matriz de confusión que se describe en la Sección 2.4.4.

Es necesario hacer estimaciones separadas anuales de la incertidumbre respecto de cada actividad relacionada con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 para cada depósito de carbono notificado, cada gas de efecto invernadero y cada lugar geográfico. Las estimaciones se deben notificar utilizando cuadros generados según el modelo de los Cuadros 4.2.6a, 4.2.6b y 4.2.6c que se encuentran en la Sección 4.2.4.3 (Presentación de informes y documentación). Se deben notificar cuadros separados sobre el año de base en caso de que se haya elegido GTA, GP y/o RV. Las estimaciones deben expresarse como porcentaje de la superficie y las emisiones por fuentes o absorciones por sumideros (o cambios en las reservas) notificados en los Cuadros 4.2.6a, b y c.

Es necesario estimar la incertidumbre relativa a las áreas de tierra y unidades de tierra. Cuando se utiliza el Método de notificación 1, es una *buena práctica* notificar una estimación aparte de la incertidumbre sobre cada una de las actividades correspondientes al párrafo 3 del artículo 3, y cada una de las actividades elegidas correspondientes al párrafo 4 del artículo 3 dentro de un límite geográfico determinado. Si se utiliza el Método de notificación 2, cada límite geográfico es objeto de una sola actividad. Por consiguiente, será únicamente necesaria una estimación de la incertidumbre para cada límite geográfico.

Cuando es difícil obtener las incertidumbres, se deben utilizar valores por defecto. En el Anexo 4A.1, Instrumento para estimar las variaciones del carbono almacenado en el suelo asociados a cambios en la ordenación de tierras agrícolas y pastizales sobre la base de datos por defecto del IPCC, hay orientaciones sobre la selección de factores de emisión o absorción del carbono por defecto para la gestión de tierras agrícolas. Como estos factores han sido extraídos de las *Directrices del IPCC*, no se les puede asignar ningún margen de incertidumbre verdadero. Ahora bien, si se recurre al dictamen de expertos, se pueden designar márgenes de incertidumbre por defecto correspondientes a un coeficiente de variación (la relación de la desviación estándar y la media) de un 50%, sobre la base de un análisis de experimentos de no cultivo de larga duración en Europa, en los cuales se descubrió que el intervalo de confianza de la estimación de la emisión o absorción anual media se situaba en torno al ± 50% de esa media (Smith *et al.*, 1998). Los márgenes de incertidumbre por defecto no pueden especificarse para el restablecimiento de la vegetación. Es una *buena práctica* que la Parte que elige el restablecimiento de la vegetación facilite sus propias estimaciones de la incertidumbre asociada a las emisiones y absorciones de todos los depósitos de las tierras de que se trata. Éstas podrían obtenerse utilizando los métodos de Nivel 1 y Nivel 2 para evaluar las emisiones y absorciones de carbono debidas el restablecimiento de la vegetación (véase la Sección 5.2 Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Pueden surgir problemas cuando se carece de datos sobre la actividad o no están bien documentados. Puede no haber datos sobre la actividad necesarios para aplicar factores a escala (es decir, datos sobre prácticas agrícolas y correcciones orgánicas) en las actuales bases de datos/estadísticas. Las estimaciones de la parte de agricultores que utilizan una práctica o corrección determinada deben basarse en este caso en el dictamen de expertos, y lo mismo se aplica al margen de la parte estimada. Como valor por defecto para la incertidumbre en la estimación de la parte, se propone ± 0,2 (por ejemplo, la parte de agricultores que utilizan correcciones orgánicas estimadas en un 0,4, siendo el margen de incertidumbre de 0,2-0,6). En el Capitulo 6 de *OBP2000* (La cuantificación de las incertidumbres en la práctica) y en el Capítulo 5 de esta Orientación (Cuestiones multisectoriales) se da asesoramiento sobre la cuantificación de las incertidumbres en la práctica, incluida la combinación del dictamen de expertos y los datos empíricos para las estimaciones globales de la incertidumbre.

4.2.4.2.3 REDUCCIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

La estimación cuantitativa de las incertidumbres ayuda a identificar las principales fuentes de incertidumbre y a resaltar las esferas de mejoras potenciales que permitan reducir las incertidumbres en evaluaciones futuras. En particular, para presentar informes en el marco del Protocolo de Kyoto, se recomienda hacer esfuerzos para transmitir las estimaciones globales de incertidumbre a todos los organismos y/o empresas interesadas con objeto de alentar la mejora, es decir, reducir las incertidumbres en las estimaciones de futuros informes. Es también una *buena práctica* establecer medios y procedimientos institucionales que probablemente contribuirán a reducir las incertidumbres. Por ejemplo, un país puede elegir deliberadamente estimar las incertidumbres aplicando más de un procedimiento. Esto producirá resultados complementarios para el mismo país y la categoría de datos, potenciando una mayor investigación de las fuentes potenciales de incoherencia y mejorando finalmente la solidez de las estimaciones.

Se pueden disminuir con frecuencia las incertidumbres si las zonas sometidas a cambio de uso de la tierra son objeto de una estimación directa como una clase por sí mismas dentro de un esquema de estratificación, más que como diferencia entre dos estimaciones globales de zonas de uso de la tierra.

El trabajo adicional necesario para la identificación de zonas debería contribuir a reducir las incertidumbres en la evaluación de las zonas sometidas a actividades en el marco del Protocolo de Kyoto.

Las incertidumbres se reducirán probablemente aplicando medios para hacer más sistemáticos el diseño, el procedimiento y la frecuencia de la recopilación de datos, por ejemplo, estableciendo –cuando sea posible– programas estadísticamente idóneos de control a largo plazo.

4.2.4.3 PRESENTACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

4.2.4.3.1 PRESENTACIÓN DE INFORMES

Las emisiones de gases de efecto invernadero antropógenas por fuentes y la absorción por sumideros originadas por las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, estimadas con utilización de los métodos descritos anteriormente y en las Secciones 4.2.5 a 4.2.10 sobre actividad específica han de notificarse como se describe en los Acuerdos de Marrakesh[36]. Se debe notificar alguna información sobre las definiciones y las actividades elegidas antes del primer período de compromiso (para fines de 2006), en tanto que gran parte de la información complementaria ha de notificarse anualmente durante el primer período de compromiso. La información que debe notificarse se resume en los Cuadros 4.2.4a y 4.2.4b respectivamente, pero queda excluida la información vinculada a la contabilidad por unidad de absorción (UDA). Es una *buena práctica* notificar toda la información solicitada en estos cuadros.

Los informes anuales en el marco del Protocolo de Kyoto deben comprender estimaciones de las zonas sometidas a actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si fueron elegidas), de las emisiones por fuentes y absorciones por sumideros en estas superficies de tierra, y las correspondientes incertidumbres utilizándose los Cuadros 4.2.5 a 4.2.7 inclusive. Es una *buena práctica* incluir en estos informes información adicional sobre los métodos y procedimientos utilizados para identificar las tierras y estimar las emisiones y las absorciones.

[36] Véanse los párrafos 4 a 9 del Anexo del proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3. págs. 26 a 28.

CUADRO 4.2.4a INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE EL INVENTARIO QUE DEBE NOTIFICARSE ANTES DEL 1º DE ENERO DE 2007 O UN AÑO DESPUÉS DE LA ENTRADA EN VIGOR DEL PROTOCOLO DE KYOTO PARA LA PARTE, SI ÉSTE ES POSTERIOR[37]		
Información que debe notificarse	**Información detallada**	**Referencia a los Acuerdos de Marrakesh [38]**
Definición de bosque por la Parte	• Un solo valor mínimo de superficie de tierra comprendido entre 0,05 y 1 ha; • La anchura mínima que define la configuración espacial de esa superficie (véase la Sección 4.2.2.5.1); • Un solo valor mínimo de cubierta de copas comprendido entre el 10 y el 30%; • Un solo valor mínimo de altura de árboles comprendido entre 2 y 5 metros; • Justificación de que esos valores concuerdan con los notificados tradicionalmente a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación u otros organismos internacionales y, en caso de que discrepen, explicar por qué y de qué manera se eligieron esos valores.	8 b) y parráfo 16 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (UTCUTS), FCCC/CP/ 2001/13/Add.1 pág. 64
Actividades elegidas a tenor del párrafo 4 del artículo 3	• Una lista de las actividades elegidas por la Parte. • Información sobre la manera en que el sistema nacional de la Parte en virtud del párrafo 1 del artículo 5 identificará las superficies de tierra vinculadas a las actividades elegidas. • Información sobre la manera en que la Parte interpreta la definición de las actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 (p. ej., qué actividades están incluidas en gestión de bosques).	8 b) 8 c)
El propio orden de precedencia o jerarquía de la Parte entre las actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3	• Como se describe en la Sección 4.1.1 es una *buena practica* establecer condiciones de precedencia y/o una jerarquía entre las actividades del párrafo 4 del artículo 3 con objeto de facilitar los procedimientos de estimación y notificación, de modo que las tierras sean atribuidas únicamente a una de las actividades del párrafo 4 del artículo 3.	

[37] Párrafo 2 del proyecto de decisión -/CMP.1 (Modalidades de contabilidad de las cantidades atribuidas), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, pág. 62.

[38] Las entradas en esta columna remiten a los párrafos pertinentes del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Modalidades de contabilidad de las cantidades atribuidas), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, págs. 64 a 80. En el cuadro no se hace necesariamente referencia a *todos* los textos legales pertinentes.

CUADRO 4.2.4b
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA QUE DEBE NOTIFICARSE PARA EL INVENTARIO ANUAL SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO DURANTE EL PRIMER PERÍODO DE COMPROMISO EN CONFORMIDAD CON LOS ACUERDOS DE MARRAKESH . EL TEXTO EN CURSIVA INDICA UNA CITA DIRECTA DE LOS PÁRRAFOS PERTINENTES DE LOS ACUERDOS DE MARRAKESH

Información que debe notificarse	Información detallada	Referencia a los Acuerdos de Marakesh[39]
Información relativa a la tierra		
Método para la ubicación geográfica y la identificación de las unidades de tierra	*La ubicación geográfica de las fronteras de las zonas que abarcan:* *i) las unidades de tierra sometidas a actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3;* *ii) las unidades de tierra sometidas a actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3, que de otra manera formarían parte de la tierra sometida a actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3,[...];* *iii) la tierra sometida a actividades elegidas con arreglo al párrafo 4 del artículo 3.*	6 b)
Unidad de evaluación espacial	*La unidad de medición espacial empleada para determinar la zona de contabildad de forestación, reforestación y deforestación*	6 c)
Información sobre los métodos y procedimientos para estimar las emisiones y las absorciones		
Descripción de las metodologías utilizadas	Las emisiones y las absorciones deben estimarse utilizando metodologías que se presentan en las *Directrices del IPCC* que se explican con detalle en esta publicación, y aplicando los principios establecidos en el proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura). Las metodologías utilizadas deben notificarse con la información relativa al método de notificación de las tierras sometidas a lo dispuesto en el párrafo 3 del artículo 3 y en el párrafo 4 del artículo 3 (Método de notificación 1, 2 o una combinación de ambos), los métodos utilizados para la identificación de la tierra, y los niveles metodológicos para estimar las emisiones y las absorciones. Las metodologías, los modelos, los parámetros y otra información nacional conexa deben describirse con transparencia indicando la manera en que mejoran la exactitud de la notificación. Los supuestos y las metodologías utilizados para un inventario deben explicarse con claridad para facilitar la repetición y evaluación del inventario por los usuarios del informe, teniendo en cuenta los principios que se enuncian en el párrafo 1, apartados a), b), d), g), y h) de los Acuerdos de Marrakesh, el proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura), que aparecen en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 59.	Véase 6 a)
Justificación cuando se omite algún depósito de carbono	*La información sobre los reservorios siguientes, si fuera el caso, que no se han contabilizado: biomasa sobre el suelo, biomasa bajo el suelo, detritus, madera muerta y/o carbono orgánico del suelo, junto con información verificable que demuestre que esos reservorios no contabilizados no eran una fuente neta de emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero;*	6 e)
Información sobre los factores indirectos en las emisiones y absorción de gases de efecto invernadero	*También deberá presentarse información que indique si las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero debidos a actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura conforme al párrafo 3 del artículo 3 y actividades elegidas conforme al párrafo 4 del artículo 3 excluyen de la contabilidad las absorciones derivadas de:* *a) Concentraciones elevadas de dióxido de carbono por encima de los niveles preindustriales.* *b) La deposición indirecta de nitrógeno; y* *c) Los efectos dinámicos de la estructura de edad derivados de actividades y prácticas anteriores al 1º de enero de 1990.* (Véase la Sección 4.2.3.5)	7
Cambios en los datos y en los métodos	Todo cambio en los datos o en la metodología realizados desde el informe del año anterior, por ejemplo, en la elección de los métodos, el método de recopilación de datos sobre la actividad, los datos sobre la actividad, las dificultades de detección (por ejemplo, la distinción entre la explotación y la deforestación al estimar la superficie D), y los parámetros utilizados en los cálculos deben notificarse de manera transparente. La notificación debe incluir información sobre si los cambios se han aplicado también a la notificación relativa a años de inventario anteriores para asegurar la coherencia de la serie temporal.	10

[39] Las entradas de esta columna remiten a los párrafos pertinentes del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, págs 25 a 34. En el cuadro no se hace necesariamente referencia a *todos* los textos legales pertinentes.

CUADRO 4.2.4b (CONTINUACIÓN)
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA QUE DEBE NOTIFICARSE PARA EL INVENTARIO ANUAL SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO DURANTE EL PRIMER PERÍODO DE COMPROMISO EN CONFORMIDAD CON LOS ACUERDOS DE MARRAKESH . EL TEXTO EN CURSIVA INDICA UNA CITA DIRECTA DE LOS PÁRRAFOS PERTINENTES DE LOS ACUERDOS DE MARRAKESH

Información que debe notificarse	Información detallada	Referencia a los Acuerdos de Marakesh [40]
Otras cuestiones genéricas de metodología	Cualquier información adicional pertinente sobre cuestiones de metodología, tales como los intervalos de las mediciones, las alteraciones, la variabilidad interanual (véase la Sección 4.2.3).	
Información específica relativa a las actividades con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3		
Información específica relativa al párrafo 3 del artículo 3	• *Información que demuestre que las actividades con arreglo al párrafo 3 del artículo 3 comenzaron el 1º de enero de 1990 o después de esa fecha o antes del 31 de diciembre del último año del período de compromiso, y son resultado de actividades humanas directas;* • *Información sobre la forma en que se distingue entre la explotación o la perturbación de un bosque seguida del restablecimiento del bosque y la deforestación;* • Es una *buena práctica* dar información sobre el tamaño y la ubicación geográfica de las superficies forestales que han perdido cubierta forestal pero que no pueden ser clasificadas como deforestadas (y que por consiguiente, seguirán siendo clasificadas como bosques con una revaluación en el inventario siguiente).	8 a) 8 b)
Información específica relativa al párrafo 4 del artículo 3	*Una demostración de que las actividades con arreglo al párrafo 4 del artículo 3 han ocurrido después del 1º de enero de 1990 y son resultado de actividades humanas;*	9 a)
Información relativa a las estimaciones de las emisiones por fuentes y absorciones por sumideros (para los datos de notificación, véanse los Cuadros 4.2.5 y 4.2.6)		
Estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes y absorciones por sumideros	Estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes y absorciones por los sumideros para las actividades con intervención humana en el ámbito del párrafo 3 del artículo 3 y, caso de haberlas, actividades elegidas en el marco del párrafo 4 del artículo 3, y para todas las ubicaciones geográficas notificadas en el año en curso y en los anteriores, desde el comienzo del período de compromiso o del inicio de la actividad, si esto es posterior. En este último caso, se ha de incluir también el año de inicio de la actividad.	Véase 6 d)
	[...] las estimaciones en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 se distinguirán claramente de las emisiones antropógenas de las fuentes enumeradas en el anexo A del Protocolo de Kyoto. [...]	5
Forestación y reforestación	*Información sobre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de tierras explotadas durante el primer período de compromiso después de la forestación y reforestación en esas unidades de tierra a partir de 1990 que sea compatible con los requisitos de párrafo 4 del Anexo de la decisión... -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura).*	8 c)
Gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación	Emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero por fuentes y absorción por sumideros para **cada año del período de compromiso** y para el **año de base** de cada una de las actividades elegidas en ubicaciones geográficas identificadas, con exclusión de las emisiones notificadas según el sector de agricultura de las *Directrices del IPCC.*	9 b), y párrafo 9 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (UTCUTS), FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 63
Ausencia de superposición entre las actividades relativas a los párrafos 3 y 4 del artículo 3	*Información que demuestre que las emisiones por fuentes y las absorciones por sumideros resultantes de las actividades elegidas a que se hace referencia en el párrafo 4 del artículo 3 no se han contabilizado en relación con actividades efectuadas con arreglo al párrafo 3 del artículo 3.*	9 c)
Incertidumbre de las estimaciones de emisiones y absorciones	Las estimaciones de emisiones y absorciones *se harán dentro de los niveles de confianza explicados por cualquier orientación de buenas prácticas del IPCC adoptada por la CP/RP y de conformidad con las decisiones pertinentes de la CP/RP sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura.*	6 d), nota de pie de página 5.

[40] Las entradas en esta columna remiten a los párrafos pertinentes del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, págs. 25 a 34. En el cuadro no se hace necesariamente referencia a *todos* los textos legales pertinentes.

Es una *buena práctica* utilizar las coordenadas que se presentan en la Sección 4.2.4.3.2 para notificar la ubicación geográfica de los límites que circundan las unidades de tierra sometidas a actividades relacionadas con el párrafo 3 del artículo 3, y las tierras sometidas a actividades elegidas a tenor del párrafo 4 del artículo 3. Esta información puede resumirse en un mapa para su presentación visual y distribución de los datos. Es asimismo una *buena práctica* notificar la matriz de transición de la tierra que figura más adelante (Cuadro 4.2.5) para demostrar que la Parte ha contabilizado todas las superficies en las que ha habido forestación, reforestación y deforestación y en las que ha habido actividades en el ámbito del párrafo 4 del artículo 3, si se han elegido. Las celdas diagonales del cuadro indican la superficie de tierras que permanece en la misma categoría (p. ej., tierra de GB que sigue siendo tierra de GB), mientras que otras celdas indican las áreas de tierra convertidas en otras categorías (p. ej., tierra agrícola convertida en tierra forestada). Es una *buena práctica* explicar cualquier cambio que haya habido en la superficie total a lo largo de inventarios consecutivos.

Es una *buena práctica* utilizar los Cuadros 4.2.6a a c y el Cuadro 4.2.7 para presentar estimaciones anuales. En lo que respecta a actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (Cuadros 4.2.6a y 4.2.6b), deben proporcionarse datos por ubicación geográfica, en tanto que para los proyectos (Cuadro 4.2.6c) deberán presentarse por proyecto. Los Acuerdos de Marrakesh prescriben también que, además de los datos para el año real de inventario, la Parte debe notificar también esta información para el año de base respecto de la gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación. No es necesario hacer notificación alguna respecto de las actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 que no fueron elegidas por la Parte.

Al rellenar estos cuadros, se deben insertar las variaciones del carbono almacenado para cada depósito con los signos adecuados. Las variaciones del carbono almacenado deben notificarse en unidades de carbono positivas cuando el carbono almacenado ha aumentado, y negativas cuando ha disminuido. Todos los cambios se totalizan para cada ubicación geográfica, y los valores totales se multiplican luego por 44/12 para convertir las variaciones del carbono almacenado en emisiones o absorciones de CO_2. Esta conversión conlleva también un cambio de signo de las ecuaciones utilizadas para hacer las estimaciones. No se deben notificar emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 como positivas, ya que éstas representan un aumento de la abundancia de estos gases en la atmósfera.

En el Cuadro 4.2.7 se resumen las variaciones del carbono almacenado resultantes de actividades relacionadas con los párrafos 3 y 4 del artículo 3 para el año de inventario. Es una *buena práctica* utilizar asimismo este cuadro para el año de base si se ha elegido gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y/o restablecimiento de la vegetación. En este cuadro se resumen los datos de los cuadros de compilación por actividad para todos los depósitos de carbono y todos los estratos en un país.

Además de los datos de los Cuadros 4.2.6a a c y 4.2.7 respectivamente, es una *buena práctica* notificar las hipótesis de base y los factores utilizados para el cálculo de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de CH_4 y N_2O, así como para calcular las incertidumbres. Dicha información puede obtenerse utilizando las hojas de cálculo que se encuentran en el Capítulo 3 o extraerse de la información equivalente que facilitan las estimaciones obtenidas utilizando niveles metodológicos más elevados u otros métodos.

Los Acuerdos de Marrakesh contienen una cláusula según la cual las variaciones del carbono almacenado resultante de la explotación de la tierra de forestación/reforestación durante el primer período de compromiso no darán por resultado un débito mayor que el crédito contabilizado anteriormente por esa unidad de tierra (véase el Cuadro 4.2.4).[41] Si hay esas unidades de tierra para el año de inventario, es una *buena práctica* distinguirlas de otras tierras de forestación/reforestación y notificarlas (así como las correspondientes variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2) de forma separada en los Cuadros 4.2.6 y 4.2.7. Aunque esta es una cuestión vinculada con la contabilidad, se menciona aquí porque es probable que se necesiten datos de inventario para aplicar esta disposición.

Por último, se deben notificar estimaciones anuales separadas de la incertidumbre para cada actividad en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, para cada depósito de carbono, gas de efecto invernadero y ubicación geográfica. Las estimaciones deben notificarse utilizando cuadros elaborados según el modelo de los Cuadros 4.2.6a, b y c. Se deben notificar cuadros distintos para el año de base cuando se han elegido GTA, GP y/o RV. Las estimaciones de la incertidumbre se deben hacer con unos límites de confianza del 95% expresado en porcentaje de las emisiones por fuentes y absorciones por sumideros (o variaciones en los depósitos) notificadas en los cuadros 4.2.6a, b y c.

[41] Párrafo 4 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

CUADRO 4.2.5
MATRIZ DE TRANSICIÓN DE TIERRAS: SUPERFICIE DE TIERRA (EN HA) SOMETIDA A LAS DIVERSAS ACTIVIDADES EN EL AÑO DE INVENTARIO Y EN EL AÑO ANTERIOR

Obsérvese que algunas de las transiciones de la matriz pueden no ser posibles (p. ej., después de que la tierra ha sido sometida a F, R o D, no puede pasar a GB, GTA o RV en el año siguiente)

AÑO DE INVENTARIO:

		Tierra en el año de inventario por actividad								
		F	**R**	**D**	**GB si se ha elegido**	**GTA si se ha elegido**	**GP si se ha elegido**	**RV si se ha elegido**	**Otras**	**Total**
Tierra en el año de inventario por actividad	**F**									
	R									
	D									
	GB, si se ha elegido									
	GTA, si se ha elegido									
	GP, si se ha elegido									
	RV, si se ha elegido									
	Otras									
	Total									

CUADRO 4.2.6a

CUADRO PARA NOTIFICAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 POR FUENTES Y ABSORCIÓN POR LOS SUMIDEROS EN EL AÑO DE INVENTARIO PARA CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES/TIERRAS: I) F Y R[1] NO EXPLOTADAS DURANTE EL PRIMER PERÍODO DE COMPROMISO; II) F Y R[1,2] EXPLOTADAS DURANTE EL PRIMER PERÍODO DE COMPROMISO; III) F Y R[1] QUE ESTAN TAMBIÉN SOMETIDAS A ACTIVIDADES ELEGIDAS CON ARREGLO AL PÁRRAFO 4 DEL ARTÍCULO 3[3]; IV) D; V) D QUE ESTÁN TAMBIÉN SUJETAS A ACTIVIDADES ELEGIDAS CON ARREGLO AL PÁRRAFO 4 DEL ARTÍCULO 3[3]; Y VI) GB SI HA SIDO ELEGIDA. I) MÁS II) ES IGUAL A TODAS LAS TIERRAS EN F Y R. IV) ES IGUAL A TODAS LAS TIERRAS EN D. I) MÁS II) MÁS IV) ES IGUAL A TODAS LAS TIERRAS EN F, R, Y D (PÁRRAFO 3 DEL ARTÍCULO 3). VI) NO DEBE INCLUIR NINGUNA TIERRA EN F, R, O D (PÁRRAFO 3 DEL ARTÍCULO 3). III) Y V) SE INDICA ÚNICAMENTE CON FINES DE INFORMACIÓN[4].

Actividad:

Año de inventario:

Ubicación geográfica[5]		Superficie de la actividad	Aumentos (+) y disminuciones (-) del carbono almacenado [6]					Variaciones totales del carbono almacenado[7]	Emisiones (+) o absorciones (-) originados por las variaciones del carbono almacenado[8]	Emisiones de CH_4	Emisiones de N_2O
			Biomasa sobre el suelo	Biomasa bajo el suelo	Detritus	Madera muerta	Suelo				
Nº de serie	ID[9]	(ha)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg CO_2 e/año)	(Gg/año)	(Gg/año)
1											
2											
3											
…											
N											
Total de la actividad											

Obsérvese que en los países que utilizan los métodos de Nivel 1 o 2 que permiten la notificación separada de los aumentos (como crecimiento) y disminuciones (como explotación) de un depósito deben hacerlo asimismo mediante una ampliación apropiada del cuadro. En estos casos, deben notificarse también las variaciones netas en el carbono almacenado, que se utilizan luego para calcular las variaciones del carbono total.

[1] Como las actividades de forestación (F) y reforestación (R) reciben el mismo tratamiento, pueden notificarse juntas. Es necesario separar las tierras de forestación y reforestación que han sido explotadas de aquellas que no lo han sido durante el primer período de compromiso, a causa del requisito que establece el párrafo 4 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra cambio de uso de la tierra y silvicultura); véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

[2] Si se han explotado tierras en F y R en el año de inventario, se aplican reglas de contabilización especial del carbono que permitan limitar los débitos originados por la explotación. Para ello es necesario hacer un seguimiento de los "créditos" ganados en estas tierras en años anteriores de inventario o períodos de compromiso.

[3] Se deben notificar las unidades de tierra sometidas a actividades en el marco del párrafo 3 del artículo 3 que de lo contrario serían incluidas en tierras sometidas a actividades elegidas en el marco del párrafo 4 del artículo 3 (véase párrafo 6, apartado b) ii) en el Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 23.

[4] Véase el párrafo 6, en particular su apartado b), del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 26.

[5] La ubicación geográfica se refiere a las superficies que delimitan unidades de tierra sometidas a actividades relacionadas con el párrafo 3 del artículo 3 y a tierras sometidas a actividades del párrafo 4 del artículo 3.

[6] Si no se notifica un depósito, se debe indicar "NN" ("no notificados") y hay que demostrar que el depósito no es una fuente.

[7] "Variaciones totales del carbono almacenado" es la suma de las variaciones del carbono almacenado de los cinco depósitos.

[8] Las emisiones/absorciones se calculan multiplicando las variaciones del carbono almacenado total por 44/12 para convertirlo en CO_2 y a continuación se invierte el signo para respetar las convenciones relativas a la notificación de las emisiones/absorciones.

[9] ID: identificador único de la ubicación geográfica.

CUADRO 4.2.6b

CUADRO PARA NOTIFICAR, PARA EL AÑO DE INVENTARIO, LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 POR FUENTES Y ABSORCIÓN POR LOS SUMIDEROS PARA CADA UNA DE LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES/TIERRAS EN EL MARCO DEL PÁRRAFO 4 DEL ARTÍCULO 3: I) GTA; II) GP; III) RV. SE DEBEN UTILIZAR CUADROS APARTE (O LÍNEAS APARTE DE UN MISMO CUADRO) PARA NOTIFICAR LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN LOS SUELOS MINERALES Y SUELOS ORGÁNICOS. SE DEBE RELLENAR LA COLUMNA "EMISIONES DE ENCALADO DE CO_2" RESPECTO DE LOS LUGARES GEOGRÁFICOS A LOS QUE CORRESPONDAN ESTAS EMISIONES. (VÉANSE SECCIONES 4.2.8 Y 4.2.9 PARA MÁS DETALLES).

SE DEBEN PRESENTAR TAMBIÉN ESTOS CUADROS RESPECTO DEL AÑO DE BASE

Actividad:

Año de inventario:

Ubicación geográfica[1]		Superficie de la actividad	Aumentos (+) y disminuciones (-) del carbono almacenado[2]					Variaciones totales del carbono almacenado[3]	Emisiones (+) o absorciones (-) originadas por las variaciones del carbono almacenado[4]	Emisiones de CO_2 por encalado	Emisiones de CH_4 [5]	Emisiones de N_2O [5]
			Biomasa sobre el suelo	Biomasa bajo el suelo	Mantillo	Madera muerta	Suelo					
Nº de serie	ID[6]	(ha)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg CO_2 e/año)	(Gg CO_2 e/año)	(Gg/año)	(Gg/año)
1												
2												
3												
…												
N												
Total de la actividad												

[1] La ubicación geográfica se refiere a las superficies que delimitan las tierras sometidas a actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3.

[2] Si no se notifica un depósito se debe indicar "NN" ("no notificado") y hay que demostrar que el depósito no es una fuente.

[3] "Variaciones totales del carbono almacenado" es la suma de las variaciones del carbono almacenado de los cinco depósitos.

[4] Las emisiones/absorciones se calculan multiplicando las variaciones del carbono almacenado total por 44/12 para convertirlo en CO_2 y a continuación se invierte el signo para respetar las convenciones relativas a la notificación de las emisiones/absorciones.

[5] Si se eligen GTA, GP y RV, las emisiones de metano y óxido nitroso se notifican en este cuadro con fines de transparencia únicamente. Se notifican y contabilizan con arreglo a lo prescrito en el Protocolo de Kyoto –Anexo A– Fuentes en el sector Agricultura.

[6] ID: identificador único de la ubicación geográfica.

CUADRO 4.2.6c

CUADRO PARA NOTIFICAR, PARA EL AÑO DE INVENTARIO, LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO_2 POR FUENTES Y ABSORCIÓN POR LOS SUMIDEROS PARA LOS PROYECTOS RELATIVOS AL ARTÍCULO 6.
SE DEBE PRESENTAR UN EJEMPLAR DE ESTE CUADRO PARA CADA TIPO DE ACTIVIDAD.

Actividad del proyecto:

Año de inventario:

Nºde serie	ID del proyecto[1]	Superficie del proyecto	Aumentos (+) y disminuciones (-) del carbono almacenado[2]					Variaciones totales del carbono almacenado[3]	Emisiones (+) o absorciones (-) originadas por las variaciones del carbono almacenado[4]	Emisiones de CH_4	Emisiones de N_2O
			Biomasa sobre el suelo	Biomasa bajo el suelo	Detritus	Madera muerta	Suelo				
		(ha)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg C/año)	(Gg CO_2 e/año)	(Gg/año)	(Gg/año)
1											
2											
3											
…											
N											
Total de la actividad											

[1] El ID del proyecto es un identificador único del proyecto.

[2] Si no se notifica un depósito, se debe indicar "NN" ("no notificados") y hay que demostrar que el depósito no es una fuente.

[3] "Variaciones totales del carbono almacenado " es la suma de las variaciones del carbono almacenado de los cinco depósitos si se utilizan parcelas temporales, pero si se emplean parcelas permanentes, la variación del contingente de cada componente debe sumarse por parcela y los intervalos medio y de confianza deben calcularse para todas las parcelas. Para más detalles, véase la Sección 4.4.

[4] Las emisiones/absorciones se calculan multiplicando las variaciones del carbono almacenado total por 44/12 para convertirlo en CO_2 y a continuación se invierte el signo para respetar las convenciones relativas a la notificación de las emisiones/absorciones.

CUADRO 4.2.7
CUADRO RESUMEN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR FUENTES Y ABSORCIÓN POR SUMIDEROS POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LOS PÁRRAFOS 3 Y 4 DEL ARTÍCULO 3 Y EL ARTÍCULO 6 PARA EL AÑO DE INVENTARIO.
Obsérvese que las emisiones deben notificarse empleando debidamente uno de los dos métodos de notificación que se detallan en la Sección 4.2.2.2.

Año de inventario:

Actividad		Superficies	Emisiones (+) o absorciones (-) de CO_2	CH_4 [4]	N_2O [4]
		(ha)	(Gg CO_2 e/año)	(Gg/año)	(Gg/año)
F y R no realizadas durante el primer período del compromiso [1]					
F y R realizadas durante el primer período del compromiso [1]					
F y R también sometidas a actividades elegidas según el párrafo 4 del artículo 3[1, 6]					
D					
D también sometida a actividades elegidas según el párrafo 4 del artículo 3[6]					
GB según el párrafo 4 del artículo 3, si se ha elegido					
GTA según el párrafo 4 del artículo 3, si se ha elegido[2]	**Suelos minerales[5]**				
	Suelos orgánicos[5]				
	Encalado				
GP según el párrafo 4 del artículo 3, si se ha elegido[2]	**Suelos minerales[5]**				
	Suelos orgánicos[5]				
	Encalado				
RV según el párrafo 4 del artículo 3, si se ha elegido[2]	**Suelos minerales[5]**				
	Suelos orgánicos[5]				
	Encalado				
Actividades de F y R según el artículo 6[3]					
Actividades de GB según el artículo 6[3]					
Actividades de GTA según el artículo 6[3]					
Actividades de GP según el artículo 6[3]					
Actividades de RV según el artículo 6[3]					

[1] Como las actividades de forestación (F) y reforestación (R) se tratan igual, pueden notificarse juntas. Es necesario separar las tierras de forestación y reforestación que han sido explotadas de las que no lo han sido durante el primer período del compromiso a causa del requisito que establece el párrafo 4 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

[2] Si se elige GTA, GP y/o RV, se debe rellenar y notificar un ejemplar de este cuadro para el año de base.

[3] Las emisiones y absorciones relacionadas con proyectos en el ámbito del artículo 6 que ejecuta la Parte notificante, caso de haberlas, deben notificarse en las últimas líneas, reconociendo que ya se han incluido implícitamente en las estimaciones nacionales de actividades a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 notificadas en este cuadro. Se evitará el doble cómputo en la fase de contabilización al convertir las Unidades de Absorción en Unidades de Reducción de las Emisiones.

[4] En lo que respecta a GTA, GP y RV según el párrafo 4 del artículo 3, caso de elegirse, las emisiones de metano y de óxido nitroso se notifican aquí con fines de transparencia únicamente. Están notificadas y contabilizadas junto con las fuentes consignadas en el anexo A del Protocolo de Kyoto, en el sector Agricultura.

[5] En los epígrafes "Suelos minerales" y "Suelos orgánicos" se sigue el desglose por fuentes y sumideros de las Secciones dedicadas a GTA, GP y RV del Capítulo 4. Deben incluir todos los depósitos de C, si procede (es decir, franjas protectoras...), que se producen en tierras agrícolas, tierras de pastizales o tierras de restablecimiento de la vegetación con suelos minerales y orgánicos respectivamente, y deben ser iguales para cada actividad al total de la columna "Variaciones totales del carbono almacenado" del Cuadro 4.2.6b.

[6] Las tierras de forestación (F), reforestación (R) y deforestación (D), también sometidas a actividades elegidas según el párrafo 4 del artículo 3, están incluidas ya en los totales de F/R y D.

4.2.4.3.2 DOCUMENTACIÓN

Las disposiciones del Protocolo de Kyoto en materia de documentación se exponen de manera general en los Acuerdos de Marrakesh como parte de la descripción de las disposiciones relativas a la gestión de los inventarios.[42]

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información, es decir, los datos fundamentales y la descripción o referencia de los métodos, supuestos y parámetros utilizados para producir estimaciones de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero que permitirían a los revisores independientes seguir el proceso de elaboración de las estimaciones notificadas. Se deben facilitar los datos documentados y la explicación de los métodos para ambas etapas: la identificación de la tierra y la evaluación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

La documentación debe contener asimismo información acerca de la evaluación de la incertidumbre (véase asimismo la Sección 4.2.4.2 Evaluación de la incertidumbre), procedimientos de GC/CC, revisiones externas e internas, actividades de verificación e identificación de la categoría esencial (véase el Capítulo 5, Cuestiones multisectoriales).

Definición e identificación de las actividades

Es una *buena práctica* explicar la manera en que se han interpretado las definiciones de las actividades elegidas según el párrafo 4 del artículo 3 de los Acuerdos de Marrakesh atendiendo a las circunstancias nacionales. Por ejemplo, si sólo se incluye una parte de los bosques gestionados notificados en el inventario de gases de efecto invernadero según la CMCC como gestión de bosques en la notificación correspondiente al Protocolo de Kyoto, se deben facilitar los criterios que han servido para distinguir los bosques en "gestión de bosques" de los "bosques gestionados". También se deberían documentar las diferencias entre tierras agrícolas (o praderas) en el inventario de gases de efecto invernadero correspondiente a la CMCC y las tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas (o gestión de pastizales) en la notificación exigida en el Protocolo de Kyoto.

Documentación de los datos

En particular, cuando se utiliza el Método de notificación 1, las superficies delimitadas por los límites geográficos resultantes de la estratificación de un país, se deben identificar en los cuadros con números de serie únicos. Estos números de serie se deben referenciar en relación con una base de datos u otros archivos (el archivo UTCUTS) que especifiquen los lugares con los límites legales o administrativos establecidos, o mediante un sistema existente de coordenadas, por ejemplo, un sistema reticular nacional establecido, la retícula UTM (Mercator Transversa Universal) o la latitud y longitud.

La prueba documental de las estimaciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero debe contener lo siguiente:

- Las fuentes de todos los datos utilizados para los cálculos (es decir, mención completa de la base o bases de datos estadísticos de las cuales se han extraído);
- La información, las razones y los supuestos que se utilizaron para elaborar los datos y los resultados notificados, en los casos en que no podían extraerse directamente de las bases de datos (por ejemplo, si se han aplicado métodos de interpolación o de extrapolación);
- La frecuencia de la recopilación de datos; y
- Estimaciones de las incertidumbres asociadas junto con una descripción de las fuentes más importantes de esas incertidumbres.

Descripción de los métodos utilizados en la identificación de las tierras y estimación de las emisiones y absorciones

Los métodos deben documentarse con la información siguiente:

- Elección de los métodos de notificación respecto de las tierras sometidas a lo dispuesto en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (Método de notificación 1, 2) o una descripción del método de notificación, si se ha utilizado una combinación de ambos;
- Descripción de la metodología utilizada para la ubicación geográfica y la identificación de los límites geográficos, tierras y unidades de tierra, referencias de los mapas utilizados, en su caso;

[42] Párrafo 16 a) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 5.1), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 11.

- Elección del nivel o los niveles metodológicos para estimar las emisiones y absorciones de gases efecto invernadero;
- Métodos utilizados para estimar las variaciones del carbono almacenado, las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 y las magnitudes de las correspondientes incertidumbres;
- Elección de los datos de la actividad;
- Si se ha utilizado el Nivel 1: todos los valores de parámetros por defecto y los factores de emisión/absorción utilizados;
- Si se ha utilizado el Nivel 2: todos los valores y referencias de parámetros por defecto y nacionales y los factores de emisión/absorción utilizados;
- Si se ha utilizado el Nivel 3: descripción de las bases científicas de los modelos utilizados, o referencias a los mismos, descripción de los procesos mediante los cuales se han estimado las variaciones del carbono almacenado y las emisiones o absorciones;
- En el caso de los Niveles 2 o 3 la documentación debe justificar la utilización de parámetros, factores o modelos específicos;
- Información transparente y verificable que demuestre que los depósitos que no figuran en la notificación no son fuentes.

Análisis de las fluctuaciones

Es una *buena práctica* explicar las fluctuaciones importantes de las emisiones o absorciones notificadas entre años. Se deben documentar asimismo los motivos de cualquier cambio en los niveles de actividad y en los valores de parámetros de un año a otro. Si la razón de los cambios es mejorar los métodos, es una *buena práctica* calcular de nuevo los resultados de los años anteriores utilizando los nuevos métodos, la nueva actividad y/o los nuevos valores de parámetros (véase el Capítulo 5, Sección 5.6 Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos).

4.2.4.4 GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD

Es una *buena práctica* realizar las verificaciones de control de calidad que se exponen en líneas generales en el Capítulo 5, Sección 5.5 (Garantía de la calidad y control de la calidad) respecto de los Procedimientos de control de la calidad específicos de una categoría, y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También se pueden hacer verificaciones adicionales del control de la calidad como las que se describen en los procedimientos del Nivel 2 de la Sección 5.5 y procedimientos de garantía de la calidad, especialmente si se utilizan métodos de un nivel superior para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. En el Apéndice 4A.3 de *OBP2000* se describe un tratamiento detallado de la garantía de la calidad/control de la calidad de los inventarios para las mediciones sobre el terreno.

A continuación se destacan y resumen algunas cuestiones importantes.

Al compilar los datos, es una *buena práctica* comprobar las estimaciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero confrontándolas con estimaciones independientes. El organismo encargado del inventario debe garantizar que las estimaciones han sido sometidas a control de la calidad mediante:

- Una referencia a los datos de producción totalizados (p. ej., rendimiento de los cultivos, crecimiento arbóreo) y las estadísticas de las zonas notificadas con los totales nacionales u otras fuentes de datos nacionales (p. ej., estadísticas de agricultura / silvicultura);
- Calculando retroactivamente los factores nacionales de emisiones/absorciones a partir de las emisiones totalizadas y otros datos;
- Comparando los totales nacionales notificados con valores por defecto y datos originarios de otros países.

Es asimismo una *buena práctica* verificar que la suma de las superficies desglosadas utilizadas para estimar las diversas emisiones/absorciones es igual a la superficie total sometida a la actividad, notificadas aplicando las orientaciones que figuran en los Capítulos 2 y 3 (utilizando la matriz UT/CUT).

4.2.4.5 VERIFICACIÓN

En el Capítulo 5, Sección 5.7 (Verificación) se da una *orientación sobre las buenas prácticas* para la verificación.

4.2.5 Forestación y Reforestación

En esta sección se amplía el análisis general de los métodos aplicables a todas las actividades (Sección 4.2 - Métodos para la estimación, medición, vigilancia y notificación de actividades de UTCUTS en el ámbito de los párrafos 3 y 4 del artículo 3) debe leerse teniendo presente las consideraciones generales que figuran anteriormente en este capítulo.

4.2.5.1 CUESTIONES DE DEFINICIÓN Y REQUISITOS PARA LA NOTIFICACIÓN

Según las definiciones de los Acuerdos de Marrakesh, tanto la forestación como la reforestación se refieren a la conversión en bosque de una tierra antes dedicada a otro uso por intervención humana directa. Las definiciones no abarcan la replantación o la regeneración a resultas de la explotación o de una alteración natural, puesto que estas pérdidas temporales de cubierta forestal no son consideradas deforestación. La explotación seguida de regeneración se considera actividad de gestión de bosques. Se distinguen estas actividades en que la forestación se practica en tierras que no han sido bosque desde hace por lo menos 50 años, mientras que la reforestación se practica en tierras que han sido bosque más recientemente, aunque no desde el 31 de diciembre de 1989. Para identificar las unidades de tierra, la forestación y la reforestación se analizarán juntas, puesto que ambas definiciones difieren únicamente en el tiempo transcurrido desde que fue forestada por última vez la zona, y porque a ambas actividades se aplican las mismas reglas de notificación y contabilización del carbono. Al calcular las variaciones del carbono almacenado después de la forestación y de la reforestación, los supuestos acerca del tamaño y la composición iniciales de los depósitos de detritus, madera muerta y de carbono orgánico en el suelo deben reflejar el tipo y el historial del uso anterior de la tierra, en vez de establecer una distinción entre lugares forestados y reforestados.

El inventario anual debería, como mínimo, identificar lo siguiente (Método de notificación 1 en la Sección 4.2.2.2):

- La ubicación geográfica de los límites de las zonas que abarcan las unidades de tierra sometidas a actividades de forestación/reforestación (incluidas las unidades de tierra sometidas a actividades en el ámbito del párrafo 3 del artículo 3, que de lo contrario serían incluidas en las tierras sometidas a actividades elegidas en el ámbito del párrafo 4 del artículo 3). Los límites geográficos que se notifican deberían corresponder a los estratos en la estimación de las áreas de tierra descritas en la Sección 5.3;
- Para cada una de estas zonas, o estratos, estimaciones de la superficie de las unidades de tierra en las que se practican actividades de forestación/reforestación en las dos subcategorías, a saber, las sometidas a lo previsto en el párrafo 3 del artículo 3, y las sometidas a lo previsto en el párrafo 3 del artículo 3 que de lo contrario estarían sometidas a lo prescrito en el párrafo 4 del artículo 3;
- El año del comienzo de las actividades de forestación/reforestación estará entre el 1º de enero de 1990 y el final del año de inventario. Dentro de los límites de las superficies se pueden haber iniciado actividades de forestación/reforestación en diferentes años. Es una *buena práctica* agrupar las unidades de tierra de forestación y reforestación por edad y notificar la zona en cada clase de edad separadamente; y
- La superficie de las unidades de tierra sometidas a forestación/reforestación en cada clase de productividad y combinación de especies para atribuir estimaciones de la tasa de crecimiento y facilitar el cálculo de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

Un sistema más exhaustivo (El Método de notificación 2, Sección 4.2.2.2) identifica cada unidad de tierra sometida a actividades de forestación/reforestación desde 1990 (una vez más en las dos subcategorías – párrafo 3 del artículo 3 y párrafo 3 del artículo 3, que de lo contrario estarían sometidas a lo previsto en el párrafo 4 del artículo 3), utilizando límites poligonales, un sistema de coordenadas (p. ej., la retícula Mercator Transversa Universal (UTM) o la latitud y longitud), o una descripción legal (p. ej., las utilizadas por el registro de bienes raíces), de la ubicación de la tierra donde se realizan actividades de forestación o reforestación. En el capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra) se analizan con detalle los posibles métodos para una representación coherente de las superficies de tierra.

4.2.5.2 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAR UNIDADES DE TIERRA SOMETIDAS A FORESTACIÓN/REFORESTACIÓN CON INTERVENCIÓN HUMANA DIRECTA

Las Partes deben notificar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante el período de compromiso en las zonas en las que se hayan practicado actividades de forestación y reforestación (FR) desde 1990. La primera etapa de este proceso es elegir parámetros nacionales para la definición de bosque dentro de los márgenes permitidos por los Acuerdos de Marrakesh, a saber 0,05-1 ha de superficie mínima, una cubierta de copas mínima de 10-30% (o nivel equivalente de densidad de población), altura mínima en madurez de 2 a 5 metros, y notificar estos parámetros en el inventario anual de gases de efecto invernadero que se presenta en el Cuadro 4.2.4a. Como se ha explicado en la Sección 4.2.2.5.1, es también una *buena práctica* elegir un parámetro para la anchura mínima de las zonas forestales. Los parámetros escogidos permitirán identificar las unidades de tierra sometidas a forestación y reforestación.

Para identificar las unidades de tierra sometidas a actividades de forestación/reforestación es necesario delimitar las zonas que:

- Cumplen o sobrepasan la superficie mínima según la definición de bosque aplicada por el país (es decir, 0,05 a 1 ha), y
- No se ajustaban a la definición de bosque el 31 de diciembre de 1989, y
- Cumplen la definición de bosque en el momento de la medición y después del 1º de enero de 1990 como resultado de actividades con intervención humana directa.

Obsérvese que la definición de bosque puede cumplirse con árboles jóvenes que aún no responden a los criterios de altura o cubierta de copa mínimas, a condición de que se prevea que alcanzarán estos umbrales de parámetros en su madurez.

Es una *buena práctica* distinguir las superficies que no llegaban al umbral de cubierta de copas según la definición de bosque el 31 de diciembre de 1989, por ejemplo, por motivos de explotación o alteraciones naturales recientes, de las zonas que no eran forestales en esa fecha, ya que únicamente estas últimas superficies cumplen los criterios para actividades de forestación y reforestación a tenor de los Acuerdos de Marrakesh. Estos Acuerdos prescriben que las Partes proporcionen información sobre los criterios utilizados para distinguir explotación o alteración del bosque seguida del restablecimiento del bosque después de la deforestación.[43] Es una *buena práctica* aplicar los mismos criterios al evaluar si una unidad de tierra cumple la definición de bosque. Por ejemplo, si un país utiliza el criterio "tiempo desde la explotación" para distinguir temporalmente la pérdida de cubierta forestal de la deforestación, y especifica que una zona recolectada se regenerará dentro de X años, entonces sólo las zonas que han sido explotadas más de X años antes del 31 de diciembre de 1989 y que no han sido regeneradas serían admisibles para la reforestación, pues sólo ellas serían consideradas no forestales el 31 de diciembre de 1989. Asimismo, las zonas que han sufrido alteraciones causadas por incendios forestales espontáneos u otros fenómenos naturales más de X años antes del 31 de diciembre de 1989 y que no se han regenerado para volver a ser bosque se clasifican como no forestales el 31 de diciembre de 1989, y por consiguiente, serían admisibles para reforestación.

Como se dice en la Sección 4.2.2.2 (Métodos para la notificación de las tierras sometidas a actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3), las Partes tienen la opción de notificar un inventario completo de todas las *unidades de tierra* sometidas a actividades previstas en el párrafo 3 del artículo 3, o estratificar la tierra en zonas, es decir, definir los límites de estas zonas y seguidamente elaborar para cada una de ellas estimaciones o inventarios de las unidades de tierra sometidas a actividades de forestación, reforestación y deforestación. También es posible adoptar soluciones combinadas: se pueden establecer inventarios espaciales completos de todas las unidades de tierra para algunos estratos, y realizar estimaciones basadas en métodos de muestreo para otros estratos en el país.

La elección por una Parte de métodos que permitan elaborar un inventario de actividades de forestación y reforestación dependerá de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* utilizar el procedimiento 3 del Capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra, Sección 2.3.2.3) para identificar las unidades de tierra sometidas a forestación y reforestación desde 1990. Como ya se ha dicho, para ello es preciso que la resolución espacial de los sistemas del procedimiento 3 cumpla los requisitos de identificación de una superficie forestal mínima de 0,05 a 1 ha. Los métodos de que se dispone para identificar tierras sometidas a

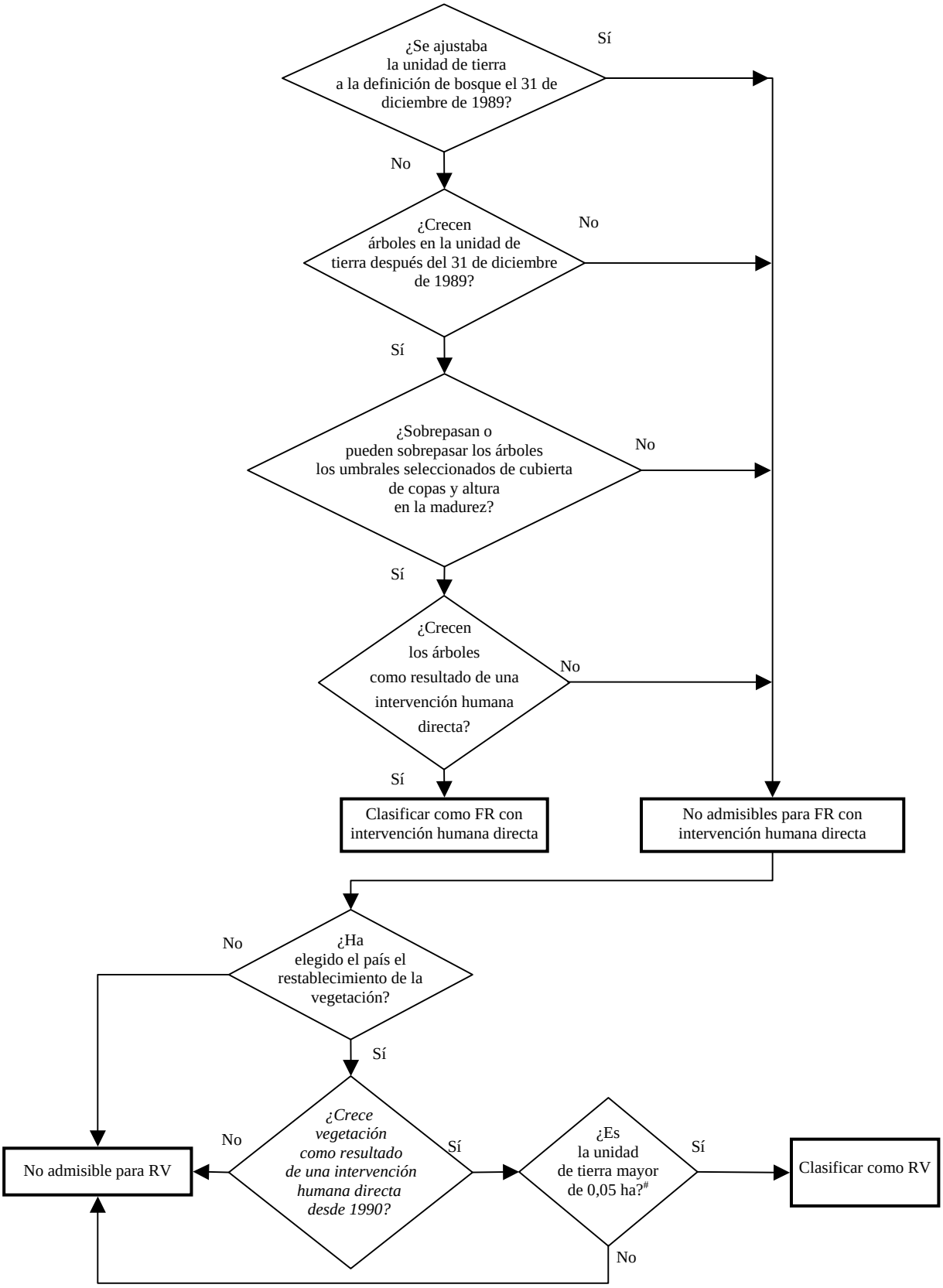
[43] Véase el párrafo 8 b) del anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Articulo 7), contenido en el documento FCC/CP/2001/13/Add.3 pág. 28.

actividades de forestación y reforestación se analizan en la Sección 4.2.8.2. Es una *buena práctica* dar información sobre las incertidumbres de las estimaciones de la superficie total de las unidades de tierra sometidas a forestación y reforestación, según se expone en la Sección 4.2.4.2.

Es una *buena práctica* presentar documentación de que todas las actividades de forestación y reforestación incluidas en las unidades de tierra identificadas se deben a la intervención humana directa. La documentación pertinente contendrá registros de la gestión forestal y otra documentación que demuestre que se ha tomado la decisión de replantar o posibilitar por otros medios la regeneración forestal.

Quizás no esté claro en algunos casos si los nuevos árboles plantados alcanzarán el umbral de bosque. La diferencia entre actividades de forestación/reforestación y restablecimiento de la vegetación es que este último no responde, ni responderá en el futuro, a la definición de bosque adoptada por la Parte (es decir, la altura en madurez o la densidad mínima de las copas de los árboles). Cuando no es seguro si los árboles de una unidad de tierra superarán los umbrales de la definición de bosque, es una *buena práctica* no notificar estas zonas como tierra forestada o reforestada, y esperar confirmación (más adelante) de que se han alcanzado o se alcanzarán estos umbrales de parámetros. Antes de cumplir el criterio de definición de forestación o reforestación, las variaciones del carbono almacenado en estas unidades de tierra podrían notificarse en la categoría de uso de la tierra en la cual se notificó la tierra antes del cambio de uso, a condición de que esta categoría esté incluida en la contabilidad nacional; por ejemplo, como tierra agrícola o restablecimiento de la vegetación. (Obsérvese que este criterio es compatible con el tratamiento de la deforestación, es decir, unidades de tierra que no han sido confirmadas como deforestadas se mantienen en la categoría de bosque – véase la Sección 4.2.6.2.1). En la Figura 4.2.5 se presenta un árbol de decisiones que permite determinar si una zona será considerada apta para forestación/reforestación o restablecimiento de la vegetación.

Figura 4.2.5 Árbol de decisiones para determinar si una unidad de tierra es apta para forestación/reforestación (FR) o restablecimiento de la vegetación (RV) con intervención humana directa (ihd)



Véase el párrafo 1 e) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido del documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

En el recuadro que sigue se indican los vínculos con las metodologías que aparecen en este informe y en las *Directrices del IPCC* sobre notificación de las variaciones de las superficies de tierra y del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en los inventarios en el marco de la CMCC.

RECUADRO 4.2.2

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Sección 2.3 (Representación de superficies de tierra): Tierras agrícolas, praderas, humedales y asentamientos y otras tierras convertidas en tierras forestales desde 1990. Se deben incluir todas las transiciones entre 1990 y 2008, y, en los años de inventario posteriores, las transiciones sobre una base anual. Obsérvese que quizás algunas zonas convertidas en bosques desde 1990 en el inventario para la CMCC no hayan sido convertidas mediante actividad humana directa.

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

No se dispone de ellos en un formato que corresponda a lo prescrito en los Acuerdos de Marrakesh en cuanto a la ubicación geográfica de los límites.

4.2.5.3 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DISTINTAS DE CO_2

La estimación de las variaciones del carbono almacenado por efecto de actividades de forestación y reforestación debería ser compatible con los métodos expuestos en el Capítulo 3 y las ecuaciones que contiene, y deberían aplicarse a un nivel igual o superior al utilizado para las notificaciones en el ámbito de la CMCC. Las características de crecimiento de los árboles jóvenes difieren de las del bosque gestionado en su totalidad, y quizá sea necesario establecer disposiciones especiales cuando el inventario correspondiente a la CMCC (preparado con arreglo a la Sección 3.2.2, Tierras convertidas en tierras forestales) no sea suficientemente detallado para dar información aplicable a los rodales jóvenes.

En las zonas sometidas a las actividades previstas en el párrafo 3 del artículo 3, se aplican reglas de contabilización bruto-neto, y, por consiguiente, no se necesita información sobre las variaciones del carbono almacenado en el año de base (es decir, 1990). Sólo se estiman y notifican las variaciones netas en el carbono almacenado en el ecosistema y en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante cada año del período de compromiso.

En el Nivel 1, el crecimiento de la biomasa se determina utilizando los datos del Capítulo 3, Sección 3.2.2 (Tierras convertidas en tierras forestales).

En el Nivel 2 habrá datos sobre las tasas de crecimiento regionales o nacionales como función de la edad de la población arbórea, de las especies o de la calidad del lugar, pero puede no haberlos para la población que tenga entre 0 y 23 años (la edad alcanzada en 2012 por los árboles plantados en 1990). Cuando hay estimaciones de la biomasa para una población mayor de 23 años, se puede estimar la biomasa a edades más jóvenes mediante interpolación entre el valor conocido y la biomasa cero en la edad cero utilizando una función de crecimiento sigmoidal adaptada a los datos de que se disponen sobre las poblaciones más viejas.

En el Nivel 3 se deberían establecer las tasas de crecimiento de la biomasa utilizando los datos medidos, modelos de crecimiento validados, o tablas de crecimiento empírico para las combinaciones apropiadas de especies y las condiciones del lugar. Es una *buena práctica* incluir las mediciones en el terreno con base en tierra como parte de cualquier método de Nivel 3, ya sea como componente de un inventario (o proyecto) forestal nacional o de un sistema de seguimiento del crecimiento y el rendimiento forestal.

Para determinar el tamaño y la dinámica del mantillo, la madera muerta y los depósitos de carbono orgánico en el suelo antes de la actividad de forestación podrá ser necesario emplear métodos elaborados para la gestión de tierras agrícolas u otros usos de la tierra (véase el Capítulo 3).

En el recuadro siguiente se indican los vínculos con las metodologías de esta publicación y las *Directrices del IPCC* sobre notificación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en los inventarios en el ámbito de la CMCC.

RECUADRO 4.2.3

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Capítulo 3 Sección 3.2.2 (Tierras convertidas en tierras forestales)

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

5 A Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa (forestación). *Se determinará mediante seguimiento separado para las actividades de forestación/reforestación.*

5 C Abandono de tierras gestionadas (*sólo la parte dedicada a bosque).*

5 D Emisiones y absorciones de CO_2 de los suelos (*sólo la proporción de forestación/reforestación).*

5 E Otros (CH_4, N_2O en bosques gestionados) (*sólo la proporción de forestación/reforestación).*

Los métodos por defecto de las *Directrices del IPCC* no tratan de la biomasa bajo el suelo, la madera muerta, los detritus ni las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

4.2.5.3.1 DEPÓSITOS AFECTADOS POR ACTIVIDADES DE FORESTACIÓN/REFORESTACIÓN

Las actividades de forestación/reforestación abarcan con frecuencia la preparación del lugar (corta y posiblemente quema de residuos de biomasa gruesa, y la labranza o el arado de partes de la zona o toda ella), y a continuación se planta o se siembra. Estas actividades pueden afectar no sólo a los depósitos de biomasa, sino también al suelo, así como a la madera muerta y al mantillo, si (en estos últimos casos) la tierra con arbustos leñosos o cobertura arbórea escasa fue repoblada.

En los Acuerdos de Marrakesh se pide a las Partes que estimen las variaciones del carbono almacenado en los cinco depósitos (véase el Cuadro 3.1.1) durante el período de compromiso, a menos que la Parte pueda demostrar mediante una información transparente y verificable que el depósito no es una fuente,[44] para lo cual el asesoramiento de *buena práctica* se encuentra en la Sección 4.2.3.1. Es una *buena práctica* incluir las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que son consecuencia de las actividades de plantación previa, como la preparación del lugar o la eliminación de arbustos. El carbono del suelo puede registrar cierta disminución con la forestación de praderas (p. ej., Tate *et al*., 2003; Guo y Gifford, 2002). Las pérdidas netas de carbono del ecosistema después de la plantación y de la siembra pueden perdurar durante muchos años. Por consiguiente, podrá ser necesario hacer estimaciones del carbono almacenado en la zona antes de la actividad con objeto de inicializar los modelos utilizados para estimar las variaciones de carbono. Como no hay bosque en la zona antes de la actividad de forestación/reforestación, la medición debe hacerse con los métodos descritos en las secciones apropiadas del Capítulo 3; por ejemplo, la Sección 3.3, relativa a las tierras agrícolas.

En lo que respecta a las actividades de forestación o reforestación que se comienzan durante el período de compromiso, la notificación relativa a esa unidad de tierra debería empezar al principio del año en el cual se inicia la actividad.[45] Las actividades de preparación y siembra/plantación del lugar deberían considerarse parte de la actividad, y por consiguiente se deberían incluir las correspondientes emisiones durante el período de compromiso.

4.2.5.3.2 EXPLOTACIÓN DE LA TIERRA DE FORESTACIÓN/ REFORESTACIÓN DURANTE EL PERÍODO DE COMPROMISO

Algunos bosques de rotación corta establecidos mediante actividades de forestación y reforestación pueden ser objeto de tala durante el primer período de compromiso. Los Acuerdos de Marrakesh permiten a las Partes limitar los débitos de esa explotación durante el primer período de compromiso.[46]

---

[44] Párrafo 21 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 65.

[45] Párrafo 6 d) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Art. 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 27.

[46] *"En el primer período de compromiso, los débitos derivados de la explotación durante el primer período de compromiso siguiente a la forestación y reforestación desde 1990 no serán superiores a los créditos obtenidos por esa unidad de tierra."* (Véase párrafo 4 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

Aunque esta es una cuestión de contabilidad, tiene repercusiones en el diseño de los sistemas de seguimiento y notificación del carbono relativos a las unidades de tierras objeto de forestación o reforestación desde 1990. En particular, es una *buena práctica* identificar las tierras de forestación y reforestación en las cuales ha habido explotación en el año del inventario durante el período de compromiso a fin de registrar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en estas tierras año por año durante el primer período de compromiso, de forma que puedan compararse con la cantidad de créditos recibidos anteriormente respecto de estas unidades de tierra.

Los métodos del Capítulo 3 para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en tierras convertidas en tierras forestales son aplicables a las actividades de forestación y reforestación (véase Sección 3.2.2.4 Gases de efecto invernadero distintos del CO_2). Si las unidades de tierra sometidas a forestación y reforestación están expuestas a sufrir alteraciones, pueden aplicarse también los métodos del Capítulo 3 de otras secciones (véase, p. ej., la Sección 3.2.1.4.3 Incendios).

4.2.6 Deforestación

Esta sección, en la que se examinan métodos específicos aplicables a las actividades de deforestación, debe leerse teniendo presente las consideraciones generales de las Secciones 4.2.2 y 4.2.4.

4.2.6.1 CUESTIONES DE DEFINICIÓN Y REQUISITOS PARA LA NOTIFICACIÓN

Los Acuerdos de Marrakesh definen la deforestación como la conversión de tierra forestal en no forestal con intervención humana directa. En las definiciones no se incluye la explotación seguida de la regeneración, ya que ésta se considera actividad de gestión de bosques. La pérdida de cubierta forestal a consecuencia de alteraciones naturales tales como incendios espontáneos, epidemias de insectos o ventarrones tampoco se considera deforestación con intervención humana directa, ya que en la mayoría de los casos estas zonas se regeneran naturalmente o con asistencia humana. Las actividades humanas (desde 1990) tales como la gestión de tierras agrícolas o la construcción de carreteras o asentamientos, que impiden la regeneración forestal al cambiar el uso de la tierra en las zonas en las que la cubierta forestal quedó eliminada por efecto de una alteración natural, son consideradas también deforestación con intervención humana directa.

El inventario anual debe identificar, como mínimo, lo siguiente (Método de notificación 1 en la Sección 4.2.2.2):

- La ubicación geográfica de los límites de las zonas que delimitan unidades de tierra sometidas a actividades de deforestación con intervención humana directa. Los límites geográficos que se notifican deben corresponder a los estratos en la estimación de las zonas de tierra que se describen en la Sección 5.3;
- Para cada una de estas zonas o estratos, una estimación de la superficie de las unidades de tierra afectadas por las actividades de deforestación con intervención humana directa, y la superficie de las unidades de tierra que están también sometidas a actividades elegidas en virtud de lo dispuesto en el párrafo 4 del artículo 3 (gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales, restablecimiento de la vegetación);
- El año de las actividades de deforestación (1990 o posterior), que podría ser estimado mediante interpolación a partir de un inventario multianual; y
- La superficie de las unidades de tierra sometidas a deforestación con intervención humana directa en cada una de las nuevas categorías de uso de la tierra (tierras agrícolas, pastizales, asentamientos) para facilitar el cálculo de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

Un sistema más completo (Método de notificación 2, Sección 4.2.2.2) identifica cada unidad de tierras sometida a deforestación desde 1990 utilizando los límites poligonales, un sistema de coordenadas (p. ej., la Rejilla Mercator Transversa Universal (UTM) o Latitud/Longitud), o una descripción legal (p. ej., las utilizadas en las oficinas de registro de bienes raíces) del lugar donde se encuentran las tierras sometidas a actividades de deforestación. En el Capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra) se analizan con detalle los posibles métodos para una representación coherente de las superficies de tierra.

Será necesario que las Partes utilicen los métodos descritos en el Capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra), teniendo en cuenta la Sección 5.3 y la orientación que figura en la Sección 4.2.2

para garantizar que las unidades de tierra sometidas a deforestación han sido debidamente identificadas en las bases de datos sobre el cambio de uso de la tierra y otros inventarios. Los Acuerdos de Marrakesh prescriben que las zonas que han sido objeto de deforestación con intervención humana directa desde 1990 se notifican separadamente de las zonas sometidas a deforestación desde 1990 con intervención humana directa que son también objeto de actividades elegidas en el ámbito del párrafo 4 del artículo 3. Con esto se tendrá la seguridad de que las variaciones del carbono almacenado en las zonas que han sido deforestadas desde 1990 (párrafo 3 del artículo 3) y que están sometidas a otros usos de la tierra elegidos, como gestión de tierras agrícolas (párrafo 4 del artículo 3) no se han contado dos veces.

La elección por una Parte de métodos para la elaboración de inventarios de unidades de tierra sometidas a actividades de deforestación dependerá de las circunstancias nacionales. Para descubrir zonas de deforestación, es una *buena práctica* utilizar el procedimiento 3 de la Sección 2.3.2. La Sección 4.2.2.2 contiene consideraciones generales de los métodos para notificar las unidades de tierra sometidas a las actividades previstas en el párrafo 3 del artículo 3.

4.2.6.2 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAR UNIDADES DE TIERRA SOMETIDAS A DEFORESTACIÓN CON INTERVENCIÓN HUMANA DIRECTA

Las Partes del Anexo B del Protocolo de Kyoto deben notificar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante el período de compromiso relativos a las áreas de tierra que han sido objeto de actividades de deforestación con intervención humana directa desde 1990 (después del 31 de diciembre de 1989). La definición de deforestación figura en los Acuerdos de Marrakesh.[47] Para los fines del Protocolo de Kyoto, la deforestación supone la conversión de tierras forestales en tierras no forestales. Para cuantificar la deforestación, han de definirse en primer lugar los bosques en cuanto a su altura potencial, cubierta de copas y superficie mínima, como ya se ha descrito para las actividades de forestación y reforestación. Con tal fin hay que utilizar los mismos valores de parámetros para la definición de bosque al objeto de determinar la superficie de tierra sometida a deforestación.

Una vez que una Parte ha escogido sus valores de parámetros para la definición de bosque, los límites del área forestal pueden identificarse en cualquier momento. Sólo las áreas que se encuentran en el interior de estos límites pueden ser objeto de actividades de deforestación. Por consiguiente "las zonas arboladas" que no cumplan las condiciones mínimas para la definición de bosque específica del país no pueden ser deforestadas.

Para identificar las unidades de tierra sometidas a actividades de deforestación es necesario delimitar las unidades de tierras que:

1. Alcanzan o sobrepasan el tamaño de la superficie forestal mínima del país (p. ej., 0,05 a 1 ha), y
2. Respondieron a la definición de bosque el 31 de diciembre de 1989, y
3. Han dejado de responder a la definición de bosque en algún momento después del 1º de enero de 1990 como consecuencia de la deforestación por intervención humana directa.

Las unidades de tierra sólo pueden clasificarse como deforestadas si han sido objeto de conversión de tierra forestal en no forestal por intervención humana directa. Las zonas en las que se perdió la cubierta forestal como consecuencia de alteraciones naturales no se consideran, por consiguiente, deforestadas, incluso si el cambio de las condiciones físicas retrasa o impide la regeneración, siempre y cuando estos cambios de las condiciones físicas no sean resultado de actuaciones humanas directas. Si, por el contrario, la alteración natural va seguida de un uso de la tierra no forestal, ello impedirá la regeneración del bosque, y la deforestación ha de ser considerada como intervención humana directa. Las áreas forestales que han sido inundadas como consecuencia del cambio de las pautas de drenaje (p. ej., construcción de carreteras o presas hidroeléctricas) y cuando la

[47] Párrafos 1 d), 3 y 5 respectivamente del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, págs. 61 y 62:

"Deforestación" es la conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales.

A los efectos de determinar la superficie de deforestación que será objeto del sistema de contabilidad previsto en el párrafo 3 del artículo 3, cada Parte deberá determinar la superficie forestal utilizando la misma unidad de medición espacial que la empleada para determinar la forestación y la reforestación, que no será superior a 1 ha.

Cada Parte incluida en el Anexo I deberá notificar, de conformidad con el Artículo 7 la forma en que se distingue entre el aprovechamiento o la perturbación de un bosque seguida del restablecimiento del bosque y la deforestación. Esta información será objeto de examen con arreglo al artículo 8.

inundación tuvo por consecuencia la pérdida de cubierta forestal, se considera que han estado sometidas a deforestación por actividad humana directa.

Los vínculos con las metodologías de esta Orientación y las *Directrices del IPCC* sobre notificación de superficies de tierra relacionadas con deforestación (conversión del bosque para otros usos de la tierra) en los inventarios relativos a la CMCC figuran en el siguiente recuadro.

RECUADRO 4.2.4

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Las tierras forestales convertidas en tierras agrícolas, praderas, asentamientos, humedales y otras tierras desde 1990 determinados mediante el procedimiento 3 del Capítulo 2.

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

No se dispone de ellos en un formato que corresponda a lo prescrito en los Acuerdos de Marrakesh en cuanto a la ubicación geográfica de los límites.

4.2.6.2.1 DISTINCIÓN ENTRE DEFORESTACIÓN Y PÉRDIDA TEMPORAL DE CUBIERTA FORESTAL

Las Partes deben informar sobre el cómo distinguen entre deforestación y las áreas forestales que siguen siendo bosque pero en las que la cubierta arbórea ha sido suprimida temporalmente,[48] en particular las zonas que han sido explotadas o que han sido objeto de otras alteraciones de origen humano pero en las que se espera que se volverá a plantar un bosque o éste se regenerará naturalmente. Es una *buena práctica* elaborar y notificar los criterios para distinguir la supresión o pérdida temporal de cubierta forestal de la deforestación. Por ejemplo, una Parte podría definir los períodos probables de tiempo transcurridos (años) entre la supresión de la cubierta arbórea y la regeneración natural o la plantación con éxito. La longitud de estos períodos de tiempo puede variar según la región, el bioma, las especies y las condiciones del lugar. Si no hay cambio de uso de la tierra, como la conversión en gestión de tierras agrícolas o la construcción de asentamientos, las zonas que carecen de cubierta arbórea son consideradas "bosques" a condición de que el tiempo transcurrido desde la pérdida de la cubierta forestal sea más corto que el número de años en los que se piensa llegar a la recuperación arbórea. Pasado ese período, las tierras que eran bosque el 31 de diciembre de 1989, y que desde entonces han perdido cubierta forestal debido a acciones de intervención humana directa y que no fueron regeneradas, se identifican como deforestadas, y las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 relativas a estas tierras se deben calcular de nuevo y añadirse a las de otras zonas deforestadas.

Aunque la pérdida de cubierta forestal se identifica rápidamente con frecuencia, por ejemplo mediante la detección del cambio utilizando imágenes obtenidas por teledetección, la clasificación de esta zona como deforestada es más difícil. Supone la medición de la unidad de tierra en la cual se produjo la pérdida de cubierta forestal, así como de la zona circundante, y para ello se necesitan, en general, datos procedentes de múltiples fuentes para complementar la información que pueda obtenerse por teledetección. En algunos casos puede determinarse un nuevo uso de la tierra con imágenes obtenidas por teledetección, por ejemplo, cuando es posible identificar cultivos agrícolas o infraestructuras, casas o edificios industriales. Se puede utilizar información acerca de los cambios reales o proyectados de uso de la tierra y las actividades reales o proyectadas de regeneración forestal para distinguir la deforestación de la pérdida temporal de cubierta forestal. Cuando esa información falta o no se dispone de ella, sólo el paso del tiempo dirá si la pérdida de cubierta es o no temporal. De no haber un cambio de uso de la tierra o creación de infraestructuras, hasta que haya transcurrido el tiempo de regeneración necesario, estas unidades de tierra siguen clasificándose como bosque. Obsérvese que esto es compatible con el método sugerido para la forestación y la reforestación, es decir, las unidades de tierra que no han sido confirmadas como forestadas/reforestadas se siguen clasificando como tierras no forestales. Una Parte puede elegir asimismo un método más conservador. Podría calcular sobre la base de los promedios regionales u otros datos, la proporción de las tierras sin cubierta forestal que está previsto no regenerar para bosque, y atribuir esta proporción de la zona a tierras sometidas a deforestación.

Con independencia del método elegido, es una *buena práctica* que las Partes identifiquen y sigan la evolución de las unidades de tierra que han perdido cubierta forestal y que aún no se han clasificado como deforestadas, e

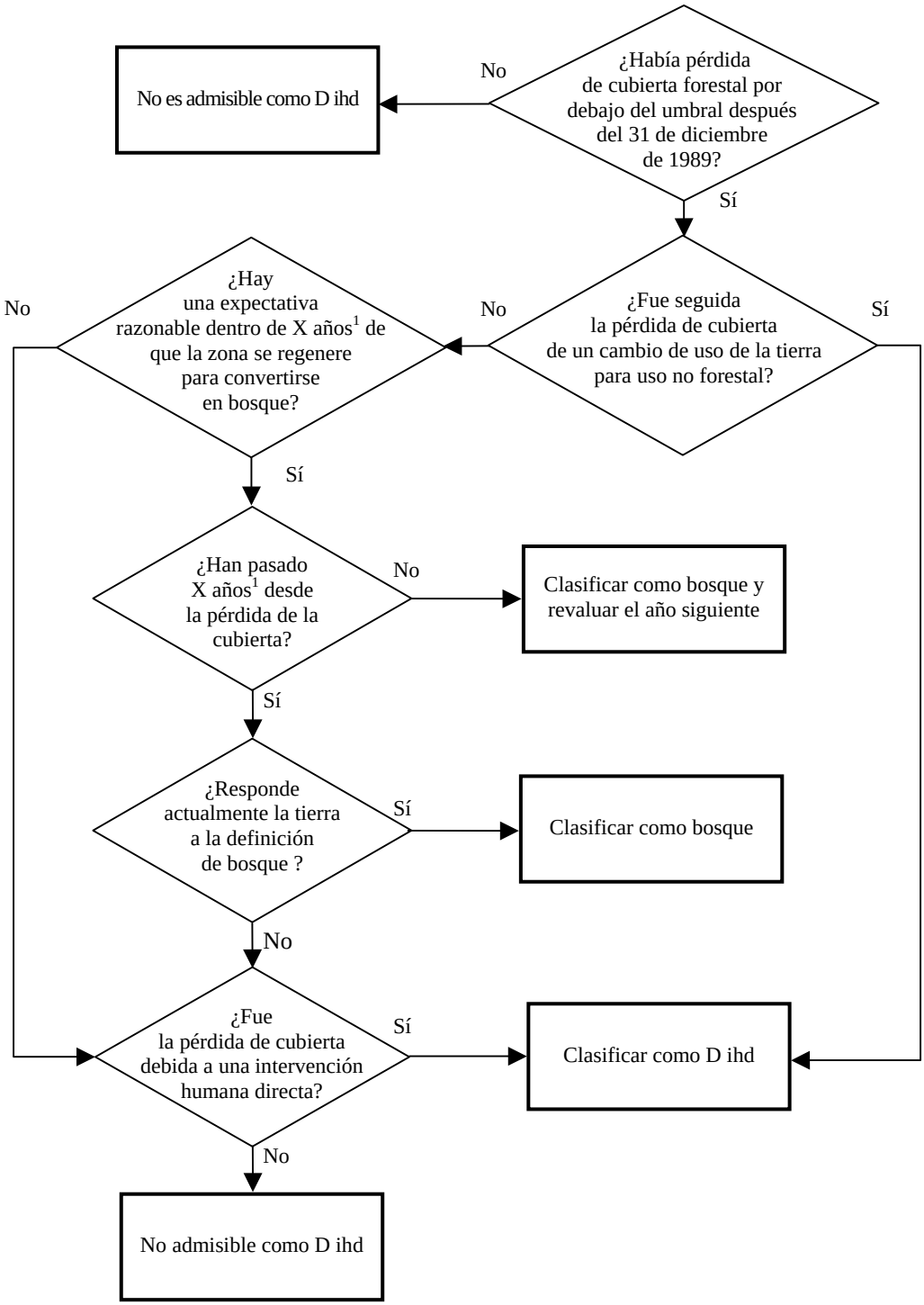
[48] Párrafo 8 b) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Art. 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 28.

informen sobre su zona y la situación en la información complementaria anual (véase el Cuadro 4.2.4b de la Sección 4.2.4.3). Es asimismo una *buena práctica* confirmar que en estas unidades de tierra hubo regeneración en el período previsto. Las unidades de tierra sobre las cuales no se ha dispuesto de ninguna información directa al fin de un período de compromiso para distinguir la deforestación de otras causas de pérdida de cubierta podrían medirse de nuevo anualmente o como mínimo antes de finalizar el período de compromiso siguiente. Si no hubo regeneración, o si se han observado otras actividades de uso de la tierra, esas unidades de tierra deben reclasificarse como deforestadas, y en consecuencia se deben calcular de nuevo las variaciones del carbono almacenado (véase también el Capítulo 5, Sección 5.6 Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos).

La labor de distinguir una pérdida temporal de cubierta forestal y la deforestación puede facilitarse con información sobre las zonas explotadas y las zonas que han sufrido alteraciones naturales. En muchos países, se dispone más fácilmente de información sobre los bosques de tala y sobre alteraciones naturales que sobre los casos de deforestación. Esa información puede servir para distinguir la deforestación por intervención humana directa de la pérdida temporal de cubierta (p. ej., explotación) o alteraciones de origen distinto del humano (p. ej., incendios espontáneos o brotes de insectos). La atribución de la causa de la pérdida de cubierta forestal a las zonas restantes sería más fácil y ayudaría a identificar y verificar las unidades de tierra sometidas a deforestación.

En la Figura 4.2.6 se presenta un árbol de decisiones para determinar si una unidad de tierra está sometida a deforestación por actividad humana directa.

Figura 4.2.6 Árbol de decisiones para determinar si una unidad de tierra está sometida a deforestación (D) por intervención humana directa (ihd)



[1] Remitirse a los criterios específicos del país para distinguir entre explotación y deforestación.

4.2.6.3 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Los Acuerdos de Marrakesh especifican que todas las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante el período de compromiso respecto de las unidades de tierra sometidas a deforestación por actividad humana directa desde 1990 deben notificarse. Cuando la

deforestación se produjo entre 1990 y el comienzo del período de compromiso, es necesario hacer una estimación de los cambios de los depósitos de carbono después de la deforestación para cada año de inventario del período de compromiso. Durante este período habrá pérdidas posteriores a la alteración, principalmente debidas a la incesante descomposición de la madera muerta, del mantillo y del carbono restante en el suelo del lugar después de la deforestación. Estas pérdidas pueden compensarse con aumentos de los depósitos de biomasa.

Si hay deforestación durante el período de compromiso, las reservas de carbono en la biomasa disminuirán, pero parte de esa biomasa puede añadirse al mantillo y a los depósitos de madera muerta, en función de las prácticas de deforestación. Este aumento puede compensar en parte las pérdidas de carbono de la biomasa y retrasar las emisiones. Es posible que en los años siguientes se libere carbono proveniente del mantillo y de los depósitos de madera muerta por descomposición o quema.

En las zonas objeto de actividades previstas en el párrafo 3 del artículo 3 se aplican reglas de contabilización bruto-neto[49] y, por consiguiente, no se necesita información sobre las variaciones del carbono almacenado en el año de base (p. ej., 1990). Sólo se estiman y notifican las variaciones netas en los recursos de carbono del ecosistema y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante cada año del período de compromiso.

Para estimar las variaciones del carbono almacenado, es una *buena práctica* utilizar un método de nivel igual, o superior que el que sirve para estimar las emisiones causadas por la conversión en bosque que figuran en las Secciones 3.3.2/3.4.2/3.5.2/3.6/3.7.2 (Conversión del bosque en cualquier categoría amplia de uso de la tierra).

Las variaciones del carbono almacenado en tierras objeto de actividades de deforestación durante el período de compromiso puede estimarse determinando los recursos de carbono de todos los depósitos antes y después de la deforestación. Inversamente, los cambios en los recursos de carbono podrían estimarse a partir de las transferencias de carbono fuera del bosque, por ejemplo, la cantidad explotada o el combustible consumido en caso de quema. En los casos de deforestación que se producen antes del período de compromiso, el conocimiento de las reservas de carbono antes de la deforestación será también útil para estimar la dinámica del carbono después de la alteración. Por ejemplo, las estimaciones de las emisiones originadas por descomposición de los detritus, la madera muerta, y los depósitos de carbono orgánico en el suelo pueden obtenerse de los datos sobre los tamaños de los depósitos y las tasas de descomposición. Se puede obtener información sobre el carbono almacenado antes de la deforestación extrayéndola de los inventarios forestales, de fotografías aéreas, y de datos satelitales, comparándolos con los bosques restantes adyacentes, o bien pueden reconstruirse a partir de los tocones cuando aún quedan en el lugar. Se necesita información sobre el tiempo transcurrido desde la deforestación, sobre la vegetación actual y sobre las prácticas de gestión de ese lugar para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2.

Cuando las unidades de tierra sometidas a deforestación se convierten en tierra en gestión de tierras agrícolas o de pastizales se deben utilizar las metodologías establecidas descritas en las secciones pertinentes (Secciones 3.3 Tierras agrícolas, 3.4 Praderas, 4.2.8 Gestión de tierras agrícolas, 4.2.9 Gestión de pastizales y 4.2.10 Restablecimiento de la vegetación) para estimar las variaciones del carbono almacenado. La estimación de las variaciones de este carbono en las tierras que pasan a otras categorías se trata en las Secciones 3.5 a 3.7. Varias de estas categorías pueden contener poco o ningún carbono, o la variación del carbono puede ser muy pequeña. En el Recuadro 4.2.5 se resumen los vínculos con las metodologías para la estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 estudiadas en esta publicación y con las *Directrices del IPCC.*

RECUADRO 4.2.5

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Las Secciones del Capítulo 3 que tratan de "tierras convertidas en ..." (sólo la parte que procede del bosque). (Secciones 3.3.2, 3.4.2, 3.5.2, 3.6, 3.7.2 y Apéndices conexos).

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

5 B Emisiones de CO_2 y emisiones distintas de CO_2 originadas por la quema y descomposición de biomasa a causa de la conversión de bosques y praderas (sólo la parte que procede de los bosques)

5 D Emisiones de CO_2 y absorción procedente de los suelos (sólo la parte D).

Las metodologías por defecto que se encuentran en las *Directrices del IPCC* no abarcan la biomasa bajo el suelo ni la materia orgánica muerta.

[49] Excepto para las Partes a las que se aplican las disposiciones de la última frase del párrafo 7 del artículo 3.

4.2.7 Gestión de bosques

En esta sección se examinan métodos específicos para identificar las zonas objeto de gestión de bosques y calcular las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de estas zonas. Esta sección ha de leerse teniendo presente las consideraciones generales de las Secciones 4.2.2 a 4.2.4.

4.2.7.1 CUESTIONES DE DEFINICIÓN Y REQUISITOS PARA LA NOTIFICACIÓN

Los Acuerdos de Marrakesh definen el término "Gestión de bosques" como "*un sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales con objeto de permitir que el bosque cumpla funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales de manera sostenible*".[50] En esta definición se incluyen los bosques naturales y las plantaciones que responden a la definición de bosque contenida en los Acuerdos de Marrakesh con los valores de parámetros para los bosques que han sido seleccionados y notificados por la Parte. Las Partes deben decidir a más tardar el 31 de diciembre 2006 si incluirán la gestión de bosques en sus cuentas nacionales y justificarán documentalmente su elección en la presentación de sus informes a la Secretaría de la CMCC.

Hay dos criterios que los países podrían escoger para interpretar la definición de gestión de bosques. Según el criterio más restrictivo, un país definiría un sistema de prácticas específicas que podrían abarcar actividades de gestión de bosques a nivel de la población, como preparación del lugar, plantación, aclareo, fertilización y explotación, así como actividades a nivel del paisaje tales como la lucha contra los incendios, y la protección contra los insectos, realizadas desde 1990. Según este método, el área objeto de gestión de bosques podría aumentar en el tiempo a medida que se aplican prácticas específicas en nuevas zonas. Aplicando el criterio más amplio, un país definiría un sistema de prácticas de gestión de bosques (sin necesidad de que haya habido una práctica específica de gestión de bosques en cada tierra), e identificaría la zona sometida a este sistema de prácticas durante el año de inventario del período de compromiso.[51]

En la Sección 4.2.2 (Metodologías genéricas para la identificación, estratificación y notificación de zonas) se explica que es necesario definir y notificar la ubicación geográfica de los límites de las zonas que contienen tierras sometidas a actividades de gestión de bosques. En la Sección 4.2.2.2 se describen someramente dos métodos de notificación.

En el Método de notificación 1 un límite puede abarcar múltiples tierras para la gestión de bosques y otras clases de uso de tierra como la agricultura y los bosques no gestionados. Cualquier estimación de las variaciones del carbono almacenado resultantes de la gestión de bosques se refiere únicamente a las zonas objeto de esta actividad. En el Método de notificación 2, un límite define el 100 % de la tierra dedicada a la gestión de bosques sin otra clase de uso de la tierra. En este último método, una Parte identifica el límite geográfico de todas las tierras sometidas a gestión de bosques de todo el país.

Los Acuerdos de Marrakesh especifican asimismo que las tierras en gestión de bosques (párrafo 4 del artículo 3) que son asimismo objeto de actividades previstas en el párrafo 3 del artículo 3 (en este caso sólo forestación y reforestación) deben notificarse aparte de las tierras objeto únicamente de gestión de bosques.

4.2.7.2 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAR TIERRAS SOMETIDAS A GESTIÓN DE BOSQUES

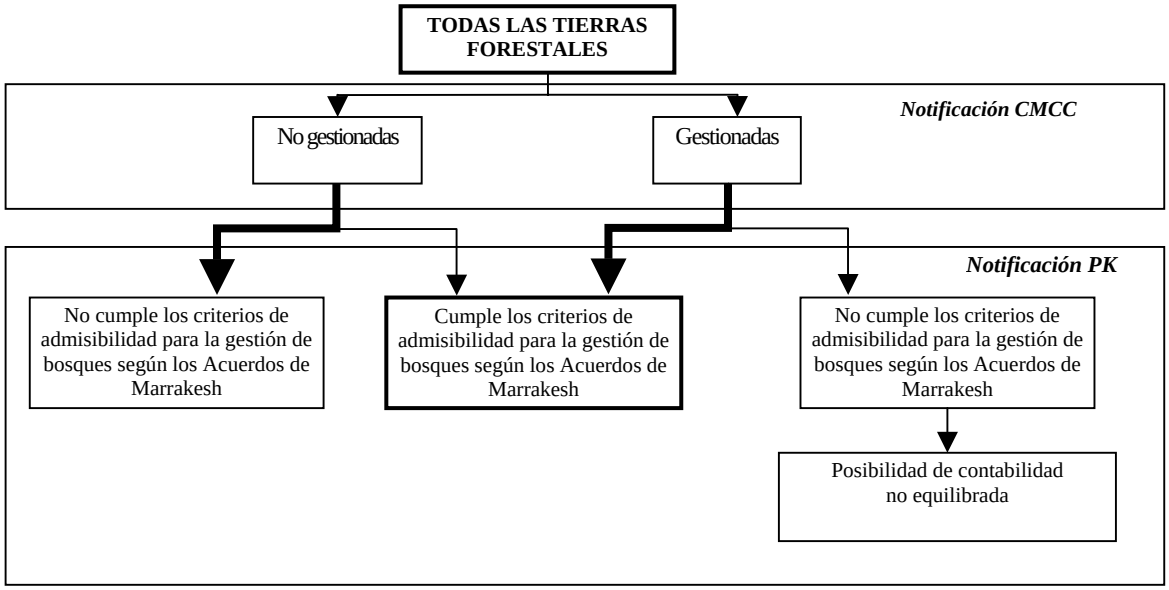
Las tierras sometidas a "gestión de bosques" según la definición de los Acuerdos de Marrakesh no están necesariamente en la misma zona que los "bosques gestionados" en el contexto de las *Directrices del IPCC* utilizadas para notificar en el marco de la CMCC. En estas últimas figuran todos los bosques en que hay influencia humana directa, incluidos los bosques que no pueden cumplir las condiciones previstas en los Acuerdos de Marrakesh. La mayor parte de la zona forestal sometida a gestión de bosques según el párrafo 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto estaría asimismo incluida en la zona de "bosques gestionados" de una Parte. Las relaciones se exponen en forma resumida en la Figura 4.2.7.

---

[50] Véase el párrafo 1 f) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

[51] En la práctica, los dos criterios podrían dar resultados muy semejantes. Por ejemplo, si el criterio restrictivo incluye actividades a nivel de paisaje como la lucha contra incendios, la zona sometida a estas y otras actividades de gestión de bosques sería la misma que la resultante de la aplicación del criterio más amplio.

Figura 4.2.7 Relaciones entre diferentes categorías de bosques. Algunas de estas tierras pueden ser asimismo objeto de actividades en el marco del párrafo 3 del artículo 3 (forestación o reforestación) según lo descrito en la Figura 4.1.1. Las flechas gruesas indican cuándo la mayoría de la zona incluida en una categoría determinada para notificación en el marco de la CMCC se incluirá probablemente en la notificación para el Protocolo de Kyoto. Para más explicaciones, véanse las Secciones 4.2.7 y 4.2.7.1.



Es una *buena práctica* que cada Parte que elige la gestión de bosques presente documentación sobre la manera en que aplica de manera congruente la definición de gestión de bosques según los Acuerdos de Marrakesh, y sobre la manera en que distingue las zonas en gestión de bosques de las que no lo son. Entre los ejemplos de decisiones específicas del país figuran el tratamiento de los viveros de árboles o los pastizales con cubierta arbórea. Es una *buena práctica* basar la atribución de tierras a actividades aplicando criterios de uso predominante de la tierra.

En la Figura 4.2.7 se expone sucintamente la relación entre diferentes categorías de bosques. En lo que respecta a la notificación respecto a la CMCC, los países han subdividido su superficie forestal en bosques gestionados (los incluidos en la notificación) y bosques no gestionados (no incluidos). Los bosques gestionados podrían subdividirse aún más en las zonas que cumplen los criterios de admisibilidad enunciados en los Acuerdos de Marrakesh en lo relativo a actividades de gestión de bosques, y aquellas (caso de haberlas) que no los cumplen.

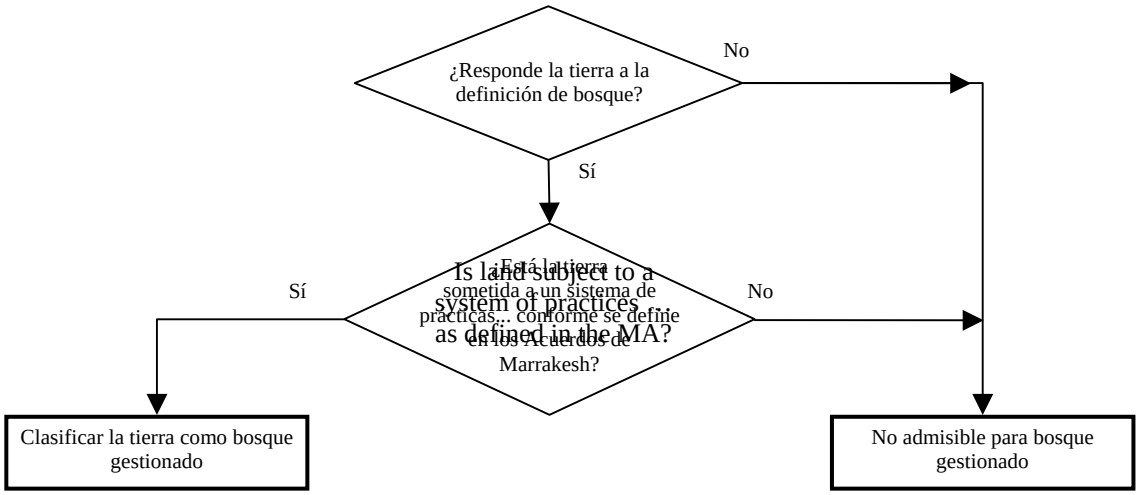
Como la mayor parte de los países han establecido políticas para gestionar los bosques de manera sostenible, y/o aplican *prácticas para la administración y el uso de tierras forestales con el objeto de permitir que el bosque cumpla funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales de manera sostenible*[52], la superficie total de bosque gestionado de un país coincidirá con frecuencia con la zona sometida a gestión de bosques. Es una *buena práctica* definir los criterios nacionales para identificar la tierra sometida a gestión de bosques de forma que haya una buena coincidencia entre la superficie de bosque gestionado (según se notifica a tenor de la CMCC) y la superficie sometida a gestión de bosques. Cuando haya diferencias entre ambas, éstas deberán explicarse y se debe documentar la magnitud de las diferencias. En particular, cuando hay zonas consideradas bosque gestionado que quedan excluidas de la zona sometida a gestión de bosques, se debe indicar la razón de tal exclusión, a fin de no dar la impresión de una contabilidad no equilibrada (Figura 4.2.7). Puede suceder que haya contabilidad no equilibrada si las zonas que se consideran fuente se excluyen preferencialmente, y las zonas que se consideran sumidero se incluyen en la notificación nacional. En el Informe del IPCC sobre *Definiciones y opciones metodológicas para elaborar inventarios de las emisiones resultantes de la degradación de los bosques y la eliminación de otros tipos de vegetación debidas directamente a la actividad humana* se examina con más detalle la cuestión de la contabilidad no equilibrada.

[52] Véase el párrafo 1 f) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

Puede haber circunstancias nacionales que justifiquen la designación de zonas que han sido consideradas "bosque no gestionado" para la notificación en el marco de la CMCC, como tierra sometida a gestión de bosques a tenor del Protocolo de Kyoto. Por ejemplo, una Parte puede haber elegido excluir de la zona de gestión de bosques a parques nacionales forestados porque no contribuyen al suministro de madera. Pero cuando estos parques están gestionados con el fin de cumplir funciones ecológicas (incluida la biodiversidad) y sociales pertinentes, y son objeto de actividades de gestión de bosques como la lucha contra incendios, un país puede optar por incluir estos parques nacionales forestados como tierras sometidas a ordenación forestal (Figura 4.2.7). En tales casos, el país debería estudiar la posibilidad de incluir en futuros años de notificación en el marco de la CMCC todas las zonas sometidas a actividades de gestión de bosques en su área forestal gestionada.

En la Figura 4.2.8 se presenta el árbol de decisiones que permite determinar si la tierra reúne las condiciones para ser objeto de gestión forestal. La tierra clasificada como sometida a esta práctica debe responder a los criterios de definición de bosque adoptados por el país. Es posible que más de una actividad humana directa tenga repercusión en la tierra. En tales casos, es necesario elaborar criterios nacionales para atribuir de manera congruente estas tierras a las categorías apropiadas.

Figura 4.2.8 Árbol de decisiones para determinar si la tierra reúne las condiciones para estar sometida a gestión de bosques



Es una *buena práctica* establecer criterios claros que permitan distinguir entre tierra sometida a gestión de bosques y tierra sometida a otras actividades según el párrafo 4 del artículo 3, y aplicar estos criterios con coherencia en el espacio y en el tiempo. Por ejemplo, las zonas forestales gestionadas principalmente para pastizales podrían incluirse en gestión de bosques o gestión de pastizales, pero no en ambos. Asimismo, los huertos frutales pueden encajar en la definición de bosque, pero pueden estar en gestión de tierras agrícolas. Es una *buena práctica* tener en cuenta la influencia humana predominante en la tierra al decidir su clasificación. La clasificación de la tierra en gestión de bosques o en gestión de pastizales/gestión de tierras agrícolas repercutirá en las reglas de contabilización que se aplican según lo expuesto en el Cuadro 4.1.1.

Es una *buena práctica* que cada Parte explique cómo aplica la definición de gestión de bosques y defina los bordes de las zonas que delimitan tierras sometidas a gestión de bosques en el año de inventario del período de compromiso. En la mayoría de los casos, éste se basará en la información contenida en los inventarios de bosques en los que se incluyen criterios como los administrativos, zonales (p. ej., zonas protegidas o parques) o lindes de propiedades, ya que la diferencia entre bosques gestionados y no gestionados o, posiblemente, entre bosque gestionado que responde a la definición de gestión de bosques según los Acuerdos de Marrakesh y bosque gestionado que no responde a ella, puede ser difícil o imposible determinarla recurriendo a la teledetección u otras formas de observación. Las tierras objeto de actividades de forestación y reforestación que también pueden ser consideradas tierras en gestión de bosques han de identificarse por separado de las zonas que cumplen únicamente los criterios expuestos en el párrafo 3 del artículo 3 o las únicamente sometidas a gestión de bosques según lo dispuesto en el párrafo 4 del artículo 3. La identificación de estas zonas reduce la posibilidad de doble cómputo.

La superficie de tierra sometida a gestión de bosques puede aumentar (o disminuir) con el tiempo. Por ejemplo, si un país amplía su infraestructura viaria en bosques previamente no gestionados, e inicia actividades de explotación, la superficie de tierra sometida a gestión de bosques aumenta y las consiguientes variaciones del

carbono almacenado han de estimarse en consecuencia. Cuando se producen cambios en la zona con el paso del tiempo, es esencial aplicar los métodos de cálculo de la variación del carbono almacenado en la secuencia que se expone en la Sección 4.2.3.2. Si no se aplican los métodos de cálculo correctos el resultado será un aumento aparente aunque incorrecto del carbono almacenado resultante del cambio que se ha producido en la zona.

Una vez incluida una zona en la notificación sobre las variaciones del carbono almacenado en el marco del Protocolo de Kyoto no puede eliminarse, pero puede cambiar de categoría en la notificación (como se expone en la Sección 4.1.2). La zona sometida a gestión de bosques puede disminuir únicamente con el paso del tiempo cuando ha perdido superficie a causa de actividades de deforestación. Las unidades de tierra deforestada están sometidas, no obstante, a las reglas del párrafo 3 del artículo 3 se deben notificar las variaciones futuras del carbono almacenado. Así, a la vez que disminuye la superficie notificada a tenor del párrafo 4 del artículo 3, aumenta en la misma cuantía la superficie objeto de notificación según el párrafo 3 del artículo 3.

En el Recuadro 4.2.6 se exponen en forma resumida los vínculos con las metodologías de esta publicación y con las *Directrices del IPCC* en lo que respecta a la identificación de las áreas de tierra.

RECUADRO 4.2.6

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Tierra forestal que sigue siendo tierra forestal, en el Capítulo 3.

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

No se dispone de ellos en un formato que corresponda a lo prescrito en los Acuerdos de Marrakesh en cuanto a la ubicación geográfica de los límites.

4.2.7.3 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Los métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado en los diversos depósitos coinciden con los de las *Directrices del IPCC* según se expone con detalle en el Capítulo 3 en lo relativo a la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo y el carbono orgánico en el suelo, siendo el mantillo lo mismo que los depósitos en el suelo forestal, y la madera muerta lo mismo que los restos leñosos brutos; ambas definiciones se encuentran en el Capítulo 3, Cuadro 3.1.2.

En lo que respecta a las zonas sometidas a actividades de gestión de bosques, se aplican las reglas de contabilización bruto-neto y, por consiguiente, no se exige información sobre variaciones del carbono almacenado en el año de base (p. ej., 1990 en la mayoría de los casos). Sólo se estiman y notifican las variaciones netas de las reservas de carbono en el ecosistema y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 durante cada año del período de compromiso.

En general, los métodos del sector de UTCUTS de las *Directrices del IPCC* explicados con detalle en el Capítulo 3 son aplicables a las tierras en gestión de bosques, que comprenden "*todo bosque que experimente intervenciones periódicas o intervenciones humanas constantes que afectan al carbono almacenado*" (párr. 5.14, del Manual de Referencia del IPCC de 1997). La estructura de niveles debe aplicarse de la manera siguiente:

- El Nivel 1, que se expone con detalle en el Capítulo 3, parte del supuesto de que la variación neta del carbono almacenado respecto del mantillo (suelo forestal), madera muerta y carbono orgánico en el suelo (COS) es cero, pero los Acuerdos de Marrakesh especifican que la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, los detritus, la madera muerta y el COS deberá contarse en su totalidad a menos que el país opte por no contabilizar un depósito del que pueda demostrarse que no es una fuente. Por consiguiente, el Nivel 1 puede aplicarse únicamente si se puede demostrar que los depósitos de detritus, madera muerta y COS no son una fuente utilizando los métodos que se explican en la Sección 4.2.3.1. El Nivel 1 puede aplicarse también únicamente si la gestión de bosques no se considera categoría esencial, lo que puede ocurrir sólo si "la tierra forestal que sigue siendo tierra forestal" del Capítulo 3 no es una categoría esencial.
- Se deben aplicar los métodos de Nivel 2 y 3 con todos los depósitos cuantificados a menos que la Parte decida excluir aquellos que pueda demostrarse que no son una fuente, utilizando los métodos descritos en la Sección 4.3.2.1.

Los requisitos de información previstos para la notificación según el Protocolo de Kyoto pueden cumplirse únicamente con la información contenida en el inventario nacional exigido por la CMCC si:

1. Las zonas sometidas a gestión de bosques son las mismas que las superficies de bosque gestionado (Figura 4.2.8), (o cuando éstas no son la misma zona y se conocen las variaciones del carbono almacenado de las zonas sometidas a gestión de bosques), y
2. Se conocen las zonas y las variaciones del carbono almacenado del bosque gestionado dentro de los límites geográficos de cada uno de los estratos utilizados en un país, y
3. Se conoce la superficie de bosque gestionado que fue resultado de forestación o reforestación con intervención humana directa desde 1990, junto con las variaciones del carbono almacenado en esta zona.

Cuando es posible extraer esta información del inventario exigido por la CMCC, será necesario adoptar las medidas siguientes para preparar la notificación relativa al Protocolo de Kyoto extrayéndola del inventario de la Parte destinado a la CMCC:

1. Calcular y luego sumar las variaciones del carbono almacenado de los bosques restantes y las transiciones a bosque, con inclusión de todos los depósitos para cada uno de los estratos utilizados en el país.
2. Sustraer las variaciones del carbono almacenado en las zonas (caso de haberlas) que responden a los criterios de bosque gestionado pero no a los de gestión de bosque según están definidos en los Acuerdos de Marrakesh. Si las circunstancias nacionales conducen una situación en la que la zona sometida a gestión de bosques a tenor del párrafo 4 del artículo 3 contiene superficies que no son parte del bosque gestionado, han de añadirse las variaciones del carbono almacenado en esta superficie adicional.
3. Sustraer las variaciones del carbono almacenado en las unidades de tierra sometidas a forestación y reforestación del total restante después de la Etapa 2, y notificar los resultados utilizando el Cuadro 4.2.5 sobre notificación y los medios de presentar visualmente la información cartografíada.

Como alternativa posible más practicable se pueden calcular y sumar las variaciones del carbono almacenado para cada estrato (las superficies definidas por la situación de los límites geográficos) durante cada año del período de compromiso en todas las zonas de tierra sometidas a gestión de bosques. Para cumplir las disposiciones relativas a la notificación previstas en el Protocolo de Kyoto, los sistemas nacionales de contabilidad del carbono forestal deberían poder ubicar todas las zonas forestales, ya sean las clasificadas como bosque gestionado (CMCC) o las sometidas a lo dispuesto en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Esos sistemas pueden utilizarse seguidamente para calcular y notificar las variaciones netas del carbono almacenado en todas las categorías pertinentes para la notificación exigida por la CMCC y el Protocolo de Kyoto. Éste método exhaustivo garantizaría también la coherencia entre los métodos utilizados para calcular y notificar las variaciones del carbono almacenado, ya que los mismos inventarios de bosques y de cambio de uso de la tierra servirían de base para los cálculos utilizados en las notificaciones exigidas por la CMCC y por el Protocolo de Kyoto.

En el Recuadro 4.2.7 se exponen en forma resumida los vínculos con las metodologías de esta publicación y con las *Directrices del IPCC* para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases distintos del CO_2.

RECUADRO 4.2.7

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Capítulo 3, Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales).

La zona sometida a gestión de bosques puede no ser la misma zona de "tierras forestales que siguen siendo tierras forestales" y quizás haya que ajustar las estimaciones en consecuencia.

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

5 A	Cambios en los recursos forestales y otra biomasa boscosa (sustraer toda la forestación y reforestación desde 1990 - como se ha determinado anteriormente - de la estimación de la categoría 5A)
5 D	Emisiones y absorciones de CO_2 de los suelos
5 E	Otros (CH_4, N_2O en bosques gestionados)

Las metodologías por defecto que figuran en las *Directrices del IPCC* no abarcan la biomasa bajo el suelo ni la materia orgánica muerta.

Los métodos para estimar las emisiones distintas del CO_2 de los bosques que siguen siendo bosques se estudian en el Capítulo 3 (Sección 3.2.1). La *Orientación sobre las buenas prácticas* para elegir los datos de actividad y los factores de emisión para la estimación de las emisiones de gases distintos del CO_2 que se analizan en el Capítulo 3 se aplica también a las tierras de gestión de bosques.

4.2.8 Gestión de tierras agrícolas

4.2.8.1 CUESTIONES DE DEFINICIÓN Y REQUISITOS PARA LA NOTIFICACIÓN

La "gestión de tierras agrícolas" es el sistema de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola.[53] Es una *buena práctica* incluir, en la tierra sometida a gestión de tierras agrícolas, todas las tierras que figuran en la categoría ii) del sistema de uso de la tierra (UT) del Capítulo 2 (Sección 2.2 Categorías de uso de la tierra), a saber Tierras agrícolas/arables/en cultivo.

Deben ser incluidas en la categoría de gestión de tierras agrícolas todas aquellas tierras objeto de cultivo temporal (anuales) o permanente (perennes), así como todas las tierras en barbecho dejadas en reserva durante uno o varios años antes de volver a ser cultivadas. Entre los cultivos perennes figuran los árboles y arbustos frutales, como huertos (véase más adelante excepciones), viñedos y plantaciones de cacao, café, té, bananas y otras. Si estas tierras cumplen los criterios mínimos de los bosques (véase la nota de pie de página 6 de la Sección 4.1 para la definición de "bosques" que figura en los Acuerdos de Marrakesh), es una *buena práctica* incluirlos en gestión de tierras agrícolas o gestión de bosques, pero no en ambos. Los arrozales están también incluidos en las tierras agrícolas, pero las correspondientes emisiones de gas metano se notificarán en el sector Agricultura y no en el sector de CUTS en los inventarios de gases de efecto invernadero de los países, a tenor de lo descrito en las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. Las áreas arboladas, como huertos o franjas protectoras que se establecieron después de 1990 y responden a la definición de bosque pueden ser aptas para actividades de forestación/reforestación, en cuyo caso pueden figurar en esas categorías (véase la Sección 4.1.2 Reglas generales para clasificar las superficies de tierra a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3). La tierra arable, que se utiliza normalmente para cultivos temporales pero también pastoreo, puede incluirse asimismo en la categoría de tierras agrícolas.[54]

Dada la diversidad potencial de los sistemas nacionales de clasificación del uso de la tierra, es una *buena práctica* que los países especifiquen qué tipos de tierras se incluyen en gestión de tierras agrícolas en su sistema nacional de uso de la tierra, y cómo se distinguen de las praderas/pastizales/pastos (como en la categoría de uso de la tierra iii) descrita en la Sección 2.2) y de las tierras sometidas a forestación/reforestación, gestión foerstal, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación que notifican o podrían notificar. Por ejemplo, es una *buena práctica* especificar si los huertos o franjas protectoras están incluidos en la gestión de tierras agrícolas y en qué medida. Esto mejorará la transparencia de la notificación y la comparabilidad entre Partes.

Con el fin de utilizar la metodología propuesta para la determinación de las variaciones del carbono almacenado en esas tierras, es necesario subdividir la superficie total de tierras agrícolas en zonas sometidas a diversas clases de prácticas de gestión (que pueden superponerse a la vez en el tiempo y el espacio) para el año de base y para cada uno de los años del período de compromiso. Los factores de emisión y absorción del carbono dependen de la gestión actual y anterior de la tierra. Algunas áreas pueden emitir CO_2, algunas pueden secuestrar carbono, y otras pueden estar en equilibrio, y todo ello puede cambiar si cambia la gestión.

Para obtener más datos desglosados sobre usos y prácticas de la tierra se necesita un conjunto más exhaustivo de definiciones de sistemas de uso y de gestión de tierras agrícolas respecto de diferentes zonas climáticas como las que se dan en las *Directrices del IPCC*. Hay diversas clases de prácticas de gestión de tierras agrícolas que inciden en las reservas de carbono, entre ellas las prácticas de labranza, las rotaciones, los cultivos protectores, la gestión de la fertilidad, la gestión de los residuos de plantas, la lucha contra la erosión y la gestión del riego (IPCC, 2000b, pág. 184). En el Capítulo 3 se dan más detalles al respecto.

4.2.8.1.1 AÑO DE BASE 1990

Las actividades de gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación según el párrafo 4 del artículo 3 requieren una contabilización neto-neto.[55] A tal fin se deben notificar las emisiones y

[53] Párrafo 1 g) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

[54] http://www.unescap.org/stat/envstat/stwes-class-landuse.pdf

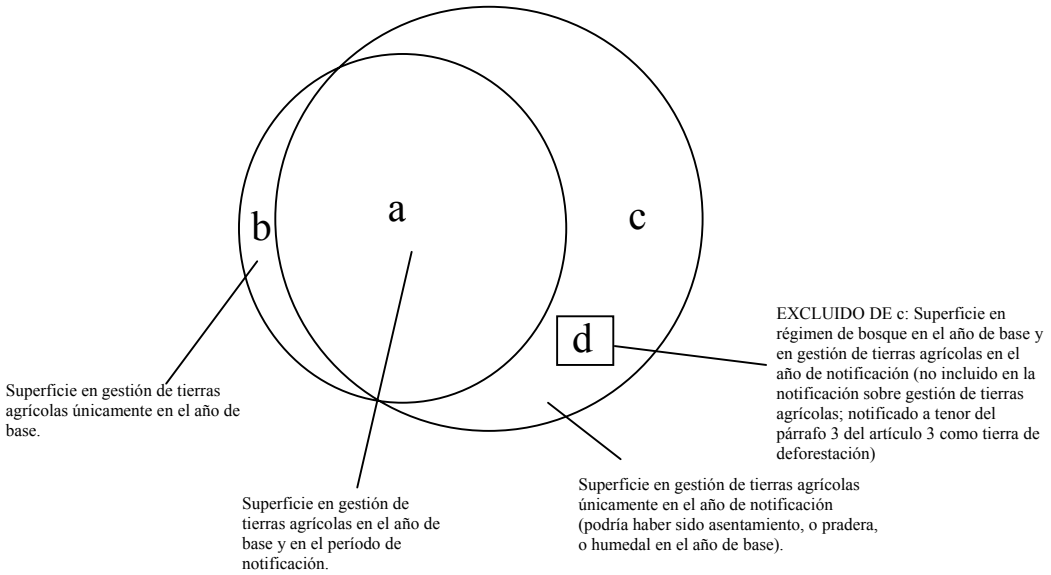
[55] La contabilización neto-neto se refiere a las disposiciones del párrafo 9 del Anexo al proyecto decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, págs. 61 a 65.

absorciones de gases de efecto invernadero y en el año de base respecto de cualquiera de estas actividades elegidas según el párrafo 4 del artículo 3 (gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales y restablecimiento de la vegetación). Para ello habrá que determinar las superficies totales en las cuales se practicó cada una de las actividades en el año de base y calcular las variaciones del carbono almacenado en esas superficies. Las emisiones de gases de efecto invernadero distintas del CO_2 se tratan en el sector Agricultura de las *Directrices del IPCC* en 1990 para esas áreas (véase el texto relativo a los gases distintos del CO_2 en esta sección y en el Recuadro 4.1.1, Ejemplos 1 y 2 de la Sección 4.1.2).

Si el área en la que se realizan actividades del párrafo 4 del artículo 3 cambia considerablemente entre el año de base y el período de compromiso, se puede llegar a estimaciones desequilibradas (esto es, sustracción de los cambios de las reservas en una base de tierra que cambia de tamaño al transcurrir el tiempo (véase el Recuadro 4.2.8)).

RECUADRO 4.2.8
EJEMPLO DE SUPERFICIES DE GESTIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS EN 1990 Y EL PERÍODO DE COMPROMISO (CONTABILIZACIÓN NETO-NETO)

En este ejemplo, la superficie de tierra que se encuentra en gestión de tierras agrícolas en el año de base se convierte en una superficie más grande en el año de notificación durante el período de compromiso. Parte de la superficie se encontraba en gestión de tierras agrícolas a la vez en el año de base y durante el período de notificación (a). Parte de la superficie en gestión de tierras agrícolas en el año de base ya no está bajo ese régimen en el año de notificación (b). Hay también en el año de notificación superficies en gestión de tierras agrícolas que no estaban en ese régimen en el año de base (c). La superficie (d) se encuentra en gestión de tierras agrícolas, pero estuvo sometida a deforestación, lo cual tiene precedencia. En virtud del Protocolo de Kyoto, las emisiones y absorciones en las superficies (a) + (b) en el año de base se comparan con las emisiones y absorciones en las superficies (a) + (c) - (d) en el año de notificación.



Con este método no hay que seguir los cambios en el carbono almacenado resultantes de actividades no cubiertas por los Acuerdos de Marrakesh. Al igual que otras alternativas, esto puede tener ciertas repercusiones en las políticas. Por ejemplo, un simple cambio de la zona sin un cambio en la variación del carbono por unidad de superficie podría producir un crédito o un débito sin que haya pérdida o ganancia reales por la atmósfera.

Para la mayoría de las Partes que han contraído compromisos según el Anexo B del Protocolo de Kyoto, el año de base es 1990. No obstante, en virtud de la disposición del párrafo 6 del artículo 4 de la CMCC, se concede a las Partes con economías en transición cierta flexibilidad respecto al nivel de las emisiones históricas elegido como referencia. En consecuencia, cinco Partes con economías en transición tienen un año o período de base situado entre 1985 y 1990, y por lo tanto, tendrán que medir las emisiones y absorciones de CO_2 y de otros gases de efecto invernadero para esos años. Se necesitan datos históricos sobre las prácticas de uso y gestión de la tierra en 1990 (o el año que proceda) y en años anteriores a 1990 para establecer las emisiones/absorciones netas de carbono en el suelo en el año de base 1990 originadas por la gestión de tierras agrícolas. Si se utiliza el

método descrito en el Capítulo 3 (Sección 3.3.1.2.1.1 Variación de las reservas de carbono en los suelos - suelos minerales), se parte del supuesto de que el cambio de uso de la tierra/gestión de la tierra tiene un efecto de 20 años; por consiguiente, con este método, la variación neta del carbono almacenado en 1990 se calcula a partir de la gestión realizada desde 1970 a 1990. Si se poseen datos sobre el área y la actividad en estos años, se puede establecer la variación neta del carbono almacenado en el año de base 1990 utilizando factores de emisión y absorción del carbono por defecto, como se describe anteriormente. La duración de los efectos puede ser menor o mayor de 20 años. Es una *buena practica* utilizar un período más apropiado, basado en los datos y mediciones específicos del país (véanse los métodos de Nivel 2 y Nivel 3 en la Sección 4.2.8.3.1). Si no se dispone de datos sobre la superficie y la actividad desde 1970 a 1990 (u otro período apropiado) no hay ningún dato histórico que permita establecer la variación del carbono almacenado durante el año de base (1990), y, por ende, habrá que reconstruirlo a partir de otros datos si se ha elegido la gestión de tierras agrícolas para el primer período de compromiso.

La estimación de la variación del carbono almacenado en el suelo en el año de base repercute considerablemente en la contabilización neto-neto. Cuando no se dispone de datos fiables para 1970 a 1990 (u otro período aplicable), los países pueden elegir la más conveniente de las opciones siguientes*:*

- Optar por no elegir la gestión de tierras agrícolas como actividad derivada del Protocolo de Kyoto para el primer período de compromiso.
- Notificar una emisión (pérdida de carbono) para 1990 (o año de base apropiado) *únicamente* si se puede verificar que en los 20 años anteriores al año de base la tierra estuvo sometida a un cambio de gestión (p. ej., cultivo de tierras anteriormente forestadas) que causa una pérdida de carbono en el suelo.
- Utilizar un factor de emisión/absorción por defecto de '0' para 1990 si puede demostrarse que ha habido pocos cambios en las prácticas de gestión sobre la tierra de que se trata en los 20 años anteriores a 1990.
- Utilizar datos de otro año que sustituya fiablemente, demostrándolo, al año de base (p. ej., 1989 en lugar de 1990). El año de sustitución debería estar lo más próximo posible a 1990 y, siendo todo lo demás igual, se debería dar preferencia a un año más reciente.
- Utilizar la metodología específica del país, cuya fiabilidad se haya probado, para estimar la variación del carbono almacenado en el suelo en el año de base 1990. Es una *buena practica* verificar que esta metodología no sobrestima ni subestima las emisiones/absorciones en el año de base (véase la parte relativa a los métodos de Niveles 2 y 3 en la Sección 4.2.8.3). En la mayoría de los casos, estos métodos requieren también datos históricos sobre prácticas de gestión anteriores a 1990.

Esta metodología puede dar lugar a veces a una estimación conservadora de la variación del carbono almacenado neto en el suelo, pero, a falta de datos fiables y verificables para calcular la variación en 1990, contribuirá a evitar una sobrestimación de la absorción neta de carbono desde la atmósfera.

4.2.8.2 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAR LAS TIERRAS

En las Secciones 4.1.1, 4.1.2, 4.2.1 y 4.2.2 se da una orientación general sobre la identificación de las tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas. En virtud de los Acuerdos de Marrakesh, es necesario notificar anualmente la ubicación geográfica de los límites del área que circunda la tierra sometida a gestión de tierras agrícolas junto con las superficies totales de tierra objeto de esta actividad.

La ubicación geográfica de los límites puede incluir una especificación espacialmente explicita de cada tierra sometida a gestión de tierras agrícolas, pero no es necesariamente así. En lugar de ello, se pueden facilitar los límites de superficies más grandes que circundan tierras más pequeñas sometidas a gestión de tierras agrícolas, a la vez que estimaciones de la zona sometida a gestión de tierras agrícolas en cada una de las superficies más grandes. En cualquiera de los casos, la tierra sometida a gestión de tierras agrícolas y la gestión de éstas han de ser objeto de seguimiento en el transcurso del tiempo, pues la continuidad de la gestión afecta a las emisiones y absorciones de carbono. Por ejemplo, una Parte que desee alegar absorciones de carbono debido a la conversión en no cultivo del 10% de una superficie en régimen de gestión de tierras agrícolas debe demostrar que no se ha practicado ningún cultivo en la misma tierra en ese período, ya que la acumulación de carbono en suelos minerales depende de la continuidad del no cultivo (y los factores de emisión/absorción de carbono se han debido a la ausencia continuada de cultivo). Por consiguiente, la tasa de absorción de carbono de la superficie total depende de si el mismo 10% de tierra ha seguido sin cultivar, o de si el 10% sin cultivo ocurre en una parte diferente de la zona en diferentes años; no basta con declarar simplemente que el 10% de la zona en régimen de gestión de tierras agrícolas ha estado sin cultivar en todo el período. Es una *buena práctica* seguir constantemente la gestión de la tierra sometida a gestión de tierras agrícolas; esto podría realizarse ya sea siguiendo continuamente la evolución de cada tierra sometida a gestión de tierras agrícolas desde 1990 hasta el final del período de compromiso (p. ej., véase la Sección 4.2.8.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación), o bien elaborando técnicas de muestreo estadístico compatibles con el asesoramiento que figura en

la Sección 5.3, que permite determinar las transiciones de la gestión en las tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas (véase asimismo la Sección 4.2.4.1 Elaboración de una serie temporal coherente).

A nivel nacional, entre los criterios que podrían ser pertinentes para la subdivisión con fines de estratificación al establecer una estrategia de muestreo figuran los siguientes:

- El clima.
- El tipo de suelo.
- El grado de alteración (p. ej., frecuencia e intensidad de la labranza).
- Nivel de aporte orgánico (p. ej., mantillo de plantas, raíces, estiércol, otras correcciones).
- Tierras temporalmente reconvertidas en praderas (p. ej., en barbecho).
- Tierras en barbecho.
- Tierras con reservas de biomasa boscosa (p. ej., franjas protectoras, huertos, otras plantaciones perennes).
- Tierras convertidas en tierras agrícolas desde 1990 (cambio de uso de la tierra) que no figuran en ninguna otra categoría de uso de la tierra

Es necesario seguir la evolución de las áreas derivadas de la conversión de bosques (es decir, la deforestación) desde 1990 respecto de todas las subcategorías resultantes agrupadas en gestión de tierras agrícolas, ya que éstas serán notificadas como unidades de tierra sometidas a deforestación.

A niveles superiores, quizá sea necesaria una subdivisión más completa de la zona en gestión de tierras agrícolas.

Los métodos para identificar tierras agrícolas con un desglose adecuado pueden abarcar:

- Estadísticas nacionales sobre uso y gestión de la tierra: en la mayoría de los países, la base de tierras para la agricultura, incluidas las tierras agrícolas, suelen ser objeto de estudios regulares que aportan datos sobre la distribución de los diferentes usos de la tierra, los cultivos, la práctica de labranza y otros aspectos de gestión, con frecuencia a nivel regional subnacional. Estas estadísticas pueden obtenerse en parte utilizando métodos de teledetección.
- Datos de inventario extraídos de un sistema de muestreo de parcelas con base estadística: actividades de uso y gestión de la tierra que son objeto de seguimiento en parcelas de muestreo específicas permanentes que se reexaminan con regularidad.

En el Capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra) se dan más *orientaciones sobre buenas prácticas* para la identificación de las superficies de tierra.

Los vínculos con los métodos relativos a la identificación de las áreas de tierras agrícolas en otros capítulos y en las *Directrices de la IPCC* se dan en el siguiente recuadro:

RECUADRO 4.2.9

VÍNCULOS CON EL CAPÍTULO 2 O 3

Sección 2.3.2 (tres procedimientos): Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas o cualquier conversión que dé por resultado tierras agrícolas en el Capítulo 2 (excepto de bosques en tierra agrícola). *Debe abarcar todas las transiciones entre 1990 (o 1970, cuando es necesario para la estimación del año de base) y 2008, y en posteriores transiciones de años de inventario sobre una base anual.*[56]

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

No se dispone de ellos en un formato que corresponda a lo prescrito en los Acuerdos de Marrakesh en cuanto a la ubicación geográfica de los límites.

4.2.8.3 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

En lo que respecta a las tierras agrícolas, las *Directrices del IPCC* especifican tres fuentes o sumideros potenciales de CO_2 procedentes de suelos agrícolas:

- Variaciones netas de las reservas de carbono orgánico del suelo mineral asociadas con cambios de uso y gestión de la tierra

[56] Si se realiza más de una conversión de tierras en la misma unidad de tierra en el período de transición de la matriz, tal vez haya que acortar este período para reflejar esas transiciones.

- Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos cultivados
- Emisiones de CO_2 procedentes del encalado de suelos agrícolas

El total anual de las emisiones/absorciones de CO_2 se calcula sumando las emisiones/absorciones procedentes de estas fuentes (véase la Sección 3.3.1.2).

Las variaciones del carbono almacenado en otros depósitos (biomasa sobre el suelo, biomasa bajo el suelo, detritus y madera muerta), deben estimarse si procede (es decir, a menos que la Parte en el Protocolo de Kyoto opte por no presentar informes sobre cierto depósito y proporcione información verificable de que las reservas de carbono no disminuyen). La biomasa anual de cultivo puede despreciarse en la mayor parte de los cultivos, pero es necesario contabilizar los árboles, las franjas protectoras y los cultivos leñosos en tierras agrícolas ya sea en régimen de gestión de tierras agrícolas, forestación/reforestación o gestión de bosques. Los métodos pertinentes para estimar las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 procedentes de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, los detritus y la madera muerta pueden encontrarse en las secciones dedicadas a la forestación/reforestación o a la gestión de bosques (véase el Cuadro 4.2.8) y en el Capítulo 3 (véase el Recuadro 4.2.10). Las referencias apropiadas se resumen en el Cuadro 4.2.8. En las secciones siguientes se tratan principalmente los depósitos de carbono en el suelo. En cuanto a los árboles de decisiones genéricos, que dan también orientación sobre la elección de métodos para otras subcategorías, véanse las Figuras 3.1.1 y 3.1.2 del Capítulo 3.

CUADRO 4.2.8
SECCIONES EN LAS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR DIFERENTES DEPÓSITOS DE CARBONO EN TIERRAS AGRÍCOLAS

Depósitos que deben estimarse	Sección en la que pueden hallarse metodologías
Biomasa sobre el suelo	Sección 4.2.5 (Forestación y reforestación) y Sección 4.2.7 (Gestión de bosques)
Biomasa bajo el suelo	Sección 4.2.5 (Forestación y reforestación) y Sección 4.2.7 (Gestión de bosques)
Detritus y madera muerta	Sección 4.2.5 (Forestación y reforestación) y Sección 4.2.7 (Gestión de bosques)
Suelo C	Sección 4.2.8.3
Distintos del CO_2	*OBP2000* y Sección 4.2.8.3.4 (sólo para emisiones no tratadas en las *Directrices del IPCC* y los capítulos dedicados a agricultura de *OBP2000*

Si la Parte opta por no contabilizar determinado depósito, tendrá que demostrar de manera verificable que tal depósito no es una fuente. Las prescripciones relativas a la notificación de tal opción pueden encontrarse en la Sección 4.2.3.1.

Las metodologías utilizadas para estimar las emisiones y absorciones netas de carbono en el año de base 1990 y en los años del período de compromiso son diferentes para cada depósito de carbono a diferentes niveles metodológicos. Como diferentes métodos pueden producir estimaciones diferentes (con distintos grados de incertidumbre), es una *buena práctica* utilizar el mismo nivel y la misma metodología para estimar las emisiones/absorciones de carbono en 1990 y durante el período de compromiso.

Los métodos utilizados para estimar las emisiones y absorciones netas de carbono del suelo, tanto para el año de base 1990 como para el período de compromiso se describen con detalle en el Capítulo 3. Los vínculos con los métodos pertinentes del Capítulo 3 y las *Directrices del IPCC* se encuentran en el Recuadro 4.2.10. En las secciones siguientes se examinan brevemente estos métodos ya descritos anteriormente, en los que precisan aspectos específicos con relación al Protocolo de Kyoto.

RECUADRO 4.2.10

VÍNCULOS CON EL CAPÍTULO 2 O 3

Sección 3.3.1.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa

Sección 3.3.1.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

4 Gases de efecto invernadero distintos del CO_2

5 B Conversión de bosques y praderas (conversión de praderas en tierras agrícolas)

5 D Emisiones y absorciones de CO_2 de los suelos

4.2.8.3.1 SUELOS MINERALES

Para la variación del carbono almacenado procedente de suelos minerales, se debe utilizar el árbol de decisiones de la Figura 4.2.9, a fin de decidir qué nivel metodológico debe aplicarse para la notificación de la gestión de tierras agrícolas en el marco del Protocolo de Kyoto. En cuanto a las actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3, es una *buena práctica* servirse de los Niveles 2 o 3 para notificar las variaciones del carbono almacenado procedentes de suelos minerales, si las emisiones de CO_2 originadas por la gestión de tierras agrícolas son una categoría esencial.

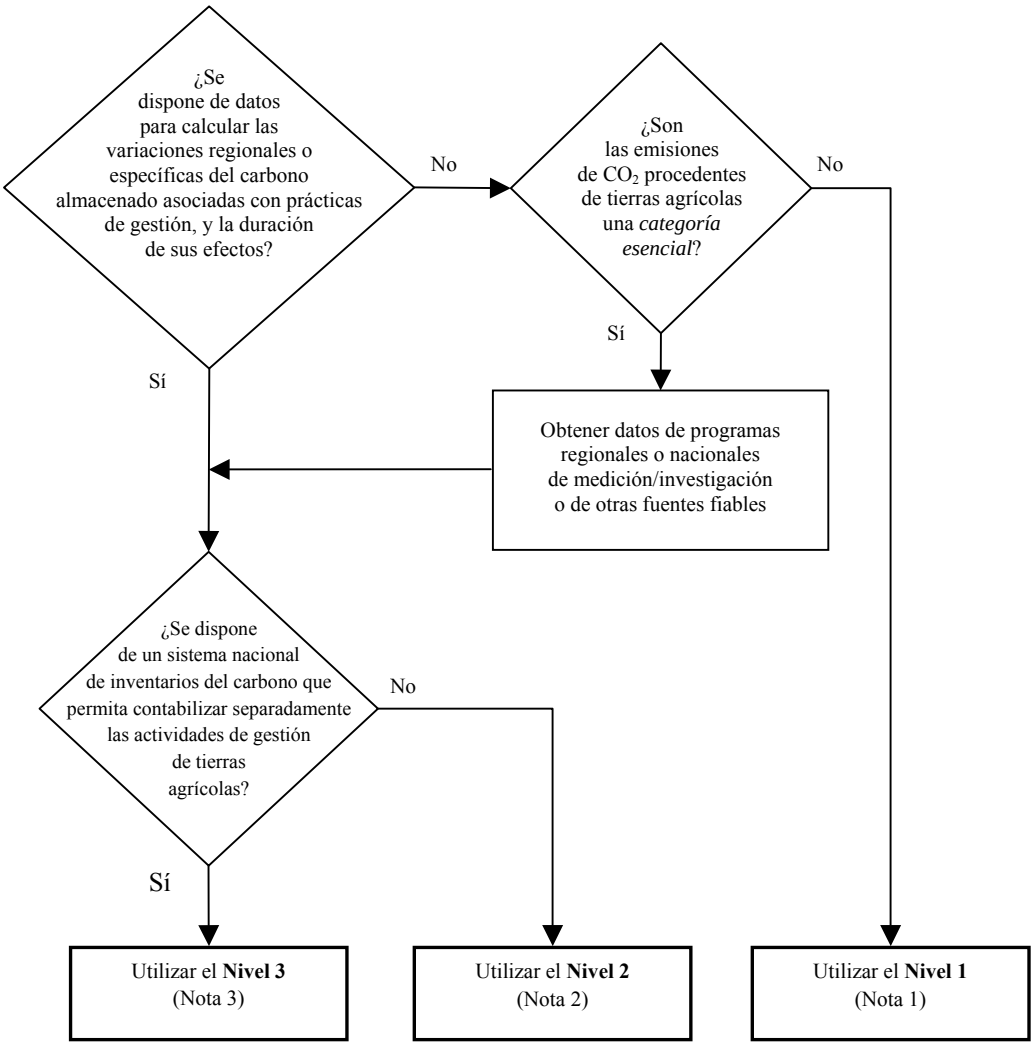
Métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado en suelos minerales

Los métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado corresponden a uno de tres niveles metodológicos. Estos niveles deben distinguirse de los métodos para estimar los datos sobre la actividad (áreas de tierra). Para estimar éstas áreas es una *buena práctica* utilizar los métodos que aplican los procedimientos 2 o 3 (Capítulo 2), tomando en consideración de la Sección 4.2.2 para los niveles superiores del Capítulo 3; para estimar las variaciones del carbono almacenado pueden utilizarse niveles inferiores. El árbol de decisiones de la Figura 4.2.9 da orientaciones sobre la elección de una metodología de *buena práctica*.

Nivel 1

El método de Nivel 1 para estimar las variaciones de reservas de carbono en los suelos minerales se describe en el Capítulo 3 (Sección 3.3.1.2: Variación de las reservas de carbono en los suelos) y está basado en el método descrito en las *Directrices del IPCC*, páginas 5.35 a 5.48 del Manual de referencia (IPCC, 1997). Los valores por defecto que se dan en las *Directrices del IPCC*, basados en un período de 20 años, se han actualizado y utilizado para obtener de ellos factores anuales de variación del carbono almacenado. Estos factores pueden compararse directamente con los métodos de Nivel 1 utilizados en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS).

Figura 4.2.9 Árbol de decisiones para elegir el nivel apropiado para estimar las variaciones del carbono almacenado en los suelos minerales en el marco de la notificación de tierras agrícolas para el Protocolo de Kyoto (véase también la Figura 3.1.1)



Nota 1: Utilizar la matriz/base de datos de valores por defecto.

Nota 2: Utilizar parámetros específicos de la región, datos sobre el suelo y duración del impacto.

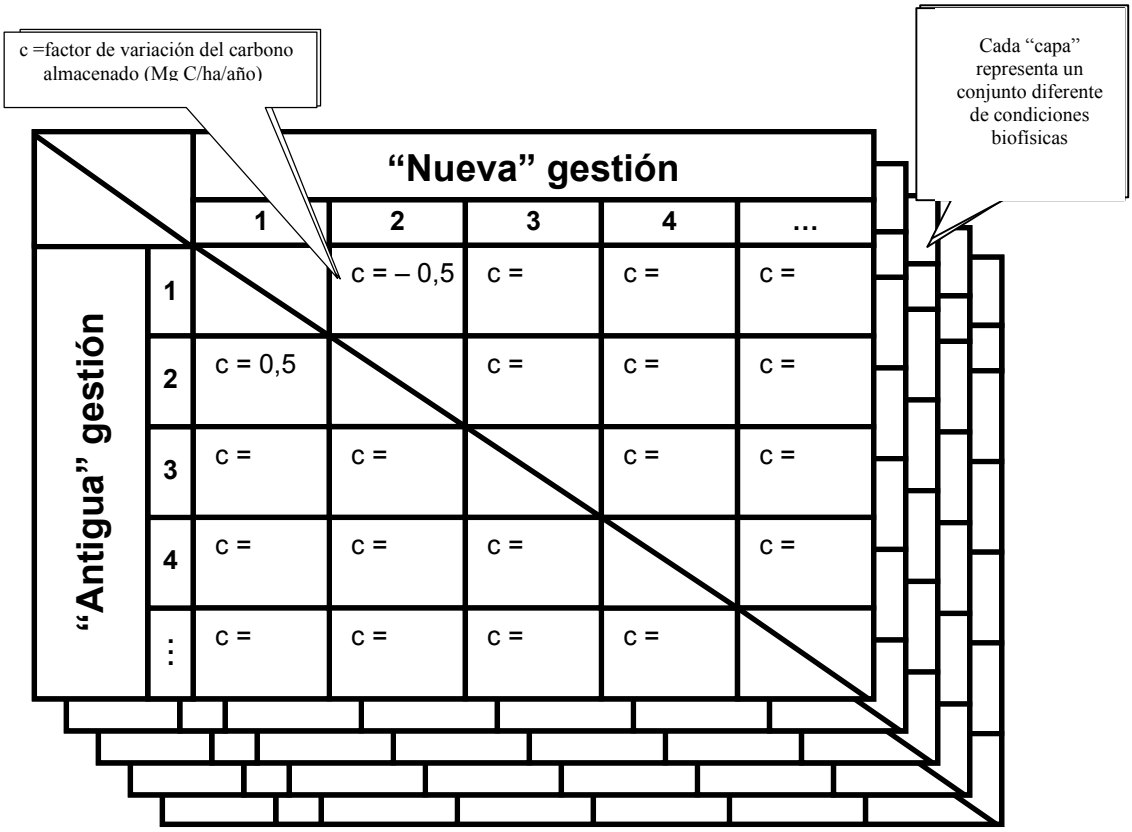
Nota 3: Utilizar técnicas de modelización más perfeccionadas, con frecuencia vinculadas a bases de datos geográficos.

Es una *buena práctica* seguir constantemente la evolución de la gestión de las tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas. Esto podría hacerse ya sea determinando continuamente la situación de las tierras sometidas a gestión de tierras agrícolas desde 1990 hasta el final del período de compromiso (p. ej., véase la Sección 4.2.7.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación), o elaborando técnicas de muestreo estadístico compatibles con el asesoramiento de la Sección 5.3 que permitan determinar las transiciones de la gestión en las tierras en gestión de tierras agrícolas (véase la Sección 4.2.4.1 Elaboración de una serie temporal coherente).

El empleo de los valores por defecto que figuran en las *Directrices del IPCC* permite calcular las tasas medias anuales de la variación del carbono almacenado para cada tipo de suelo, región climática y combinación de uso de la tierra o cambio de la gestión. Estas técnicas pueden utilizarse como "factores de variación del carbono almacenado" anuales por defecto[57] y pueden representarse en una serie de cuadros, una matriz o una base de datos relacional. Tal sistema se presenta esquemáticamente en la Figura 4.2.10, en la que los números 1, 2, 3... representan diferentes prácticas de gestión.

[57] Véase asimismo la nota 32.

Figura 4.2.10 Ilustración conceptual de la matriz de los factores de la variación del carbono almacenado calculados para diferentes transiciones de uso y gestión de la tierra respecto de cada conjunto de combinaciones biofísicas. Se puede acceder a ellos mediante tablas o una base de datos relacional. Para el Nivel 1 se utilizan valores por defecto (véase el texto anterior) para el factor de variación del carbono almacenado. Los valores por defecto para los cambios en la gestión en sentido opuesto son los mismos, pero de signo contrario. Por ejemplo, si se pasa de la práctica de gestión 1 a la práctica de gestión 2, el factor de variación del carbono almacenado es de -0,5, y si se pasa de la práctica de gestión 2 a la práctica de gestión 1 el factor es de + 0,5.



El factor de variación del carbono almacenado anual será con frecuencia más exacto que los valores por defecto para las reservas absolutas de carbono.[58]

Estos factores por defecto de variación del carbono almacenado se han compilado en una base de datos de forma que se puede acceder a ellos para cada tipo de suelo, nivel de aporte y transición de uso y de gestión de la tierra considerados en las *Directrices del IPCC* sin hacer referencia a tablas múltiples. La base de datos puede encontrarse en el Anexo 4A.1 (Instrumento para estimar las variaciones del carbono almacenado en el suelo asociados a cambios en la ordenación de tierras agrícolas y pastizales sobre la base de datos por defecto del IPCC) en el CD-ROM adjunto (que contiene instrucciones sobre la manera de utilizar la base de datos).

Cálculo de los factores anuales de la variación del carbono almacenado

En las *Directrices del IPCC* se da por supuesto un cambio lineal en las reservas de carbono en el suelo en un período de 20 años después de un cambio de gestión, pasando el carbono almacenado en el suelo de una posición de equilibrio en el tiempo t_0 (año del cambio de gestión) a otra posición de equilibrio en el tiempo t_{20} (20 años después del cambio de gestión). Por consiguiente, se da por supuesto que la tasa de variación del carbono almacenado se mantiene constante durante los 20 primeros años que siguen a un cambio de gestión y luego pasa a cero cuando se ha alcanzado un nuevo equilibrio.

[58] El factor de variación del carbono almacenado refleja un cambio en las reservas de carbono que es mucho más pequeño que el carbono almacenado absoluto; la variación de las reservas de carbono puede ser razonablemente correcta incluso si los valores absolutos no lo son.

El método de cálculo de los factores anuales de variación del carbono almacenado se describe en el Capítulo 3 (Sección 3.3.1.2; Ecuación 3.3.3). Para un resumen de los pasos a dar y un cálculo de la muestra, véase la Sección 3.3.1.2.1.1: Elección del método (suelos minerales).

Cálculo de la variación del carbono almacenado resultante de la gestión de tierras agrícolas

La variación del carbono almacenado puede utilizarse para calcular una emisión/absorción anual de carbono para un máximo de 20 años después de un cambio de uso o de gestión de la tierra multiplicando el factor de variación del carbono almacenado por la superficie que ha sido objeto del cambio de la manera siguiente:

ECUACIÓN 4.2.1
EMISIONES/ABSORCIONES ANUALES DE CARBONO EN EL SUELO ORIGINADAS POR LA GESTIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{GTA\ COS} = FCA \bullet S$$

Donde:

$\Delta C_{GTA\ COS}$ = variación anual del carbono almacenado en el carbono orgánico del suelo, Mg C año-1

FCA = factor de variación del carbono almacenado, Mg C ha-1 año-1

S = superficie en ha

(Véase asimismo la Ecuación 3.3.4 en el Capítulo 3).

Para la contabilización neto-neto, el cálculo que aparece en la Ecuación 4.2.1 ha de realizarse tanto para el año de base como para el año de la notificación. En lo que respecta a la superficie aplicable, véase la Sección 4.1.2 (Reglas generales para clasificar las superficies de tierra a tenor de los párrafos 3 y 4 del artículo 3).

Nivel 2

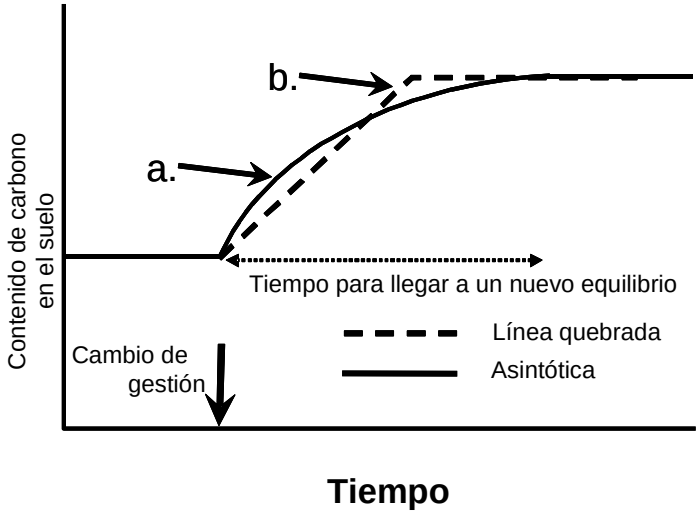
En el método de Nivel 2 se utiliza asimismo la metodología descrita en las *Directrices del IPCC* (Manual de referencia y Libro de trabajo), pero en este caso los factores por defecto se sustituyen por valores específicos del país o de la región de mayor fiabilidad demostrada (p. ej., extraída de valores documentales, experimentos de larga duración o la aplicación local de modelos del carbono en el suelo bien calibrados y documentados). También pueden utilizarse diferentes datos regionales sobre el contenido del carbono en el suelo (como los contenidos en los inventarios nacionales del suelo). También, es una *buena práctica* sustituir el valor por defecto relativo a la duración del cambio (20 años) por un valor más apropiado si se dispone de la información adecuada que lo justifique.

Los factores de variación del carbono almacenado específicos de la región o locales deberían ser mejores que los factores por defecto en la representación del cambio real de carbono almacenado en una región determinada. Al sustituir los factores del carbono por defecto han de aplicarse criterios rigurosos que permitan demostrar que cualquier cambio en los factores no provocará subestimación o sobrestimación de la variación del carbono almacenado en el suelo. Los factores regionales o los específicos de un país deberían basarse en mediciones que se hayan realizado con suficiente frecuencia y sobre un período de tiempo bastante largo, y con una densidad espacial suficiente que refleje la variabilidad de los procesos bioquímicos de fondo y que estén documentados en publicaciones accesibles.

El período de 20 años durante el cual se da por supuesto que las variaciones del carbono almacenado en el suelo pasarán de una posición de equilibrio a otra es aproximado: en climas más fríos esos cambios pueden operarse en más de 20 años hasta llegar a un nuevo equilibrio (unos 50 años); en climas tropicales puede llegarse a un nuevo equilibrio en períodos más cortos (unos 10 años; Paustian *et al.*, 1997). En el Nivel 2 pueden utilizarse diferentes valores regionales o específicos de un país para la duración del impacto del cambio de uso de la tierra o de la gestión de la tierra cuando existan o puedan estimarse con fiabilidad.

También se puede adaptar un modelo asintótico a datos de las variaciones del carbono almacenado en el suelo (véase la Figura 4.2.11; compárese con el modelo de "línea quebrada" utilizado en las *Directrices del IPCC* en que se produce un cambio lineal en 20 años, después de lo cual no hay nuevos cambios). Utilizando este método, podrían aplicarse diferentes factores de variación del carbono almacenado en diferentes años después de un cambio de uso o de gestión de la tierra, para no subestimar las variaciones en las reservas inmediatamente después de un cambio ("a" en la Figura 4.2.11), o sobrestimarlas cuando el suelo se acerca a un nuevo equilibrio ("b" en la Figura 4.2.11).

Figura 4.2.11 Representación esquemática de una variación del carbono almacenado en el suelo después de haberse impuesto un cambio en la gestión del secuestro de carbono representado por un modelo de línea quebrada de la variación de las reservas (como el utilizado en las *Directrices del IPCC* en el que el tiempo para alcanzar un nuevo equilibrio es de 20 años) y por una curva asintótica (para definiciones de 'a' y 'b', véase el texto).

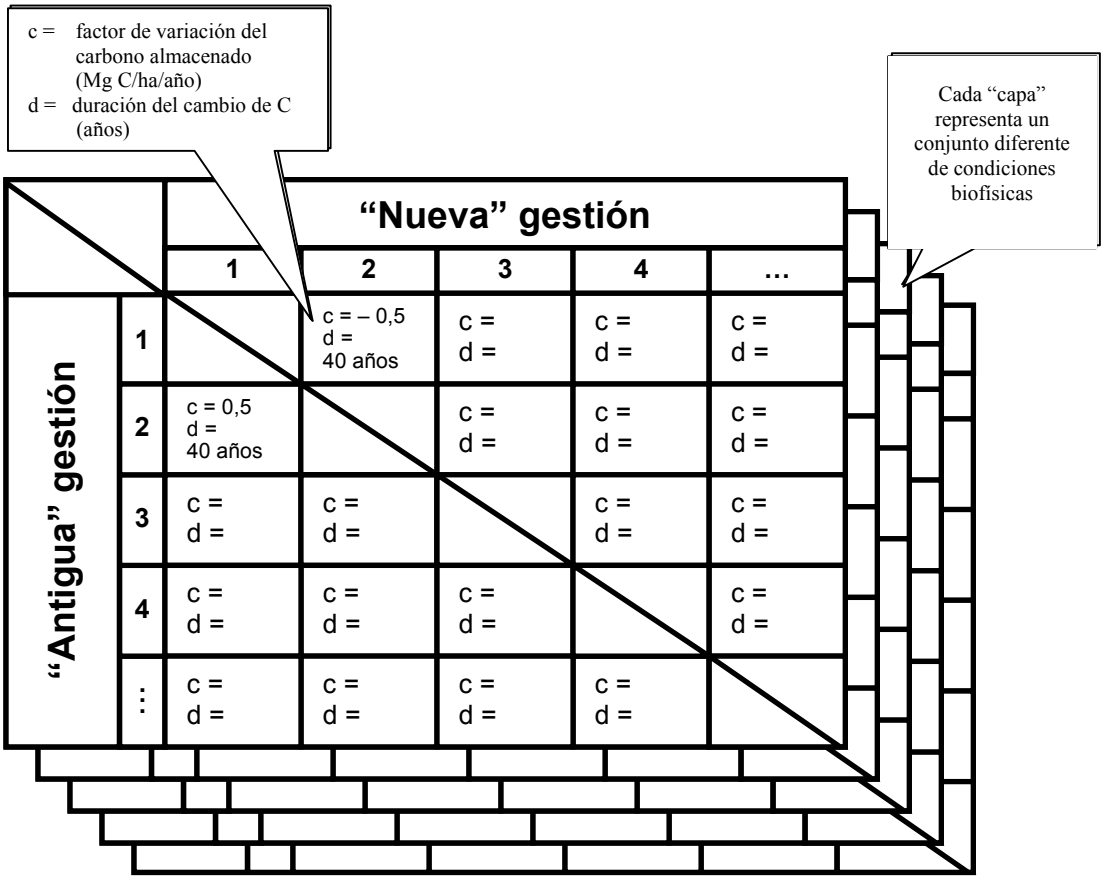


Si para la duración de impacto se utiliza otro valor que el de 20 años, habrá de incluirse en la matriz, representada esquemáticamente en la Figura 4.2.12.

En el Nivel 2, los factores por defecto (p. ej., factores de aporte) asociados a diferentes cambios de uso o de gestión de la tierra pueden sustituirse por relaciones más detalladas entre la intensidad de una práctica (p. ej., la cantidad de una corrección orgánica hecha en el suelo) y un cambio de las emisiones/absorciones anuales de carbono en el suelo. Por ejemplo, en Europa, Smith *et al.* (2000) han desarrollado esas relaciones (p. ej., la variación media anual del carbono almacenado en el suelo (toneladas de C ha^{-1}) = 0,0145 x cantidad de estiércol animal (toneladas de materia seca ha^{-1} $año^{-1}$) añadidas; recalculada a partir de los datos de Smith *et al.*, 1997; R^2 = 0,3658 , n = 17, $p < 0,01$). Se pueden deducir relaciones semejantes de datos de largos períodos relativos a diferentes tipos de suelo en diferentes regiones climáticas. También se podrían utilizar modelos bien calibrados y evaluados de variación del carbono en el suelo (p. ej., CENTURY (Parton *et al.*, 1987), RothC (Coleman y Jenkinson, 1996)) para generar ya sea factores de variación del carbono o las relaciones de intensidad descritas anteriormente para diferentes suelos en diferentes regiones climáticas.

Se deben aplicar criterios rigurosos de modo que ninguna variación del carbono almacenado sea subestimada o sobrestimada. Es una *buena práctica* que los factores de variación del carbono se basen en experimentos muestreados con arreglo a los principios expuestos en la Sección 5.3, y utilizar los valores experimentales si son más apropiados que los valores por defecto para la región y para la práctica de la gestión. Los factores basados en modelos deben utilizarse únicamente después de someter a prueba el modelo comparándolo con experimentos como los descritos anteriormente, y todo modelo debe ser considerablemente evaluado, estar bien documentado y archivado. Es una *buena práctica* proporcionar estimaciones sobre los límites de confianza y/o la incertidumbre vinculados a factores regionales, específicos del país o de variación de las reservas locales.

Figura 4.2.12 Ilustración conceptual de la matriz de factores de variación del carbono almacenado deducidos para diferentes transiciones de uso y gestión de la tierra para cada conjunto de combinaciones biofísicas. El método de Nivel 2 se amplía utilizando estimaciones específicas de la región de los factores del carbono o estimaciones de la duración del impacto del cambio en el uso/gestión de la tierra. Según como se calculen, el factor de variación del carbono almacenado (c) y los valores de duración (d) relativos a los cambios de gestión en sentido opuesto serán con frecuencia los mismos, pero el valor 'c' tendrá signo contrario.



Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 que pueden utilizarse para el inventario nacional en el marco de la CMCC (según se describe en el Capítulo 3, Sección 3.3.1.2.1.1 Elección del método) se utilizarán también probablemente para la notificación en el marco del Protocolo de Kyoto. Comparado con la matriz estática utilizada en los Niveles 1 y 2, el Nivel 3 suele representar mejor la historia de la gestión de una tierra, lo que permite calcular mejor las variaciones del carbono almacenado resultantes de cambios múltiples en las prácticas de gestión en el transcurso del tiempo. Además, los suelos pueden tardar mucho más de 20 años en llegar a un equilibrio, y los métodos de Nivel 3 (al igual que el Nivel 2) pueden tener este elemento en cuenta. La potencia de cálculo en gran escala hace posible un sistema espacialmente desglosado vinculado a los datos sobre la práctica de gestión que podría seguir la evolución de las variaciones del carbono almacenado con el paso del tiempo si está vinculado a ecuaciones de tasa con el contenido de carbono, inicializadas en algún punto y verificadas con periodicidad. El Nivel 3 puede basarse asimismo en un muestreo estadístico repetido compatible con los principios expuestos en la Sección 5.3 de densidad suficiente para representar los tipos de suelo, las regiones climáticas y las prácticas de gestión que se aplican. Por consiguiente, los métodos de Nivel 3 abarcan una gama de metodologías más afinadas que las del Nivel 2, basadas generalmente en técnicas refinadas de modelización, con frecuencia vinculadas a bases de datos geográficos.

Elección de los factores de variación del carbono almacenado para suelos minerales

En las secciones siguientes se describen brevemente los factores de emisión/absorción del carbono utilizados en cada nivel.

Nivel 1: En este nivel, el promedio de variaciones anuales del carbono almacenado en los suelos minerales se calcula recurriendo a valores por defecto y dividiendo la variación de las reservas de carbono durante 20 años por 20, como se expone en el Capítulo 3, Ecuación 3.3.3. En las *Directrices del IPCC*, páginas 5.35 a 5.48 se pueden hallar detalles completos de estos factores y las estimaciones resultantes de la variación del carbono que se facilitan en la base de datos descrita en el Anexo 4A.1 (Los valores por defecto del Anexo 4A.1 se han modificado ligeramente con relación a los que figuran en las *Directrices del IPCC*). Para un resumen de las etapas y un cálculo de la muestra, véase la Sección 3.3.1.2.1.1, Elección del método (suelos minerales).

Nivel 2: En este nivel, algunos o todos los valores por defecto respecto de la variación del carbono almacenado (Nivel 1) han sido sustituidos por valores de mayor fiabilidad demostrada. Estos nuevos valores pueden basarse en valores extraídos de documentación especializada, variaciones medidas en las reservas de carbono, en modelos sencillos sobre el carbono, o en una combinación de estas opciones. (Para algunos ejemplos, véase a continuación "Elección de datos de gestión para suelos minerales"). Es una *buena práctica* demostrar que estos nuevos valores, comparados con los que sustituyen, son más precisos para las condiciones y prácticas en las que se aplican.

Nivel 3: Para suelos minerales, los factores de variación del carbono almacenado de Nivel 3 se obtienen del país de que se trata, y pueden calcularse utilizando modelos complejos. Los modelos sobre el carbono utilizados para el Nivel 3 son por lo general más complejos que los de Nivel 2, pues tienen en cuenta el suelo (p. ej., contenido en arcilla, composición química, materia de origen), el clima (p. ej., precipitación, temperatura, evapotranspiración), y factores de gestión (p. ej., labranza, aportes de carbono, correcciones de fertilidad, sistema de cultivo). La *buena práctica* requiere que los modelos se calibren utilizando mediciones hechas en lugares de referencia, y que se describan con transparencia los modelos y las hipótesis utilizados.

En todos los casos deben aplicarse criterios rigurosos de tal forma que cualquier variación del carbono almacenado no sea subestimada o sobrestimada; los modelos utilizados para estimar las variaciones del carbono almacenado deben estar bien documentados y deben evaluarse utilizando datos experimentales fiables para las condiciones y prácticas a las cuales se aplican los modelos. Es una *buena práctica* facilitar estimaciones de los límites de confianza o de incertidumbre. Los factores por defecto de la variación del carbono almacenado pueden sustituirse también por valores generados como parte de los sistemas nacionales/regionales de contabilidad del carbono (véase la Sección 4.2.7.2 Elección de métodos para identificar tierras sometidas a gestión de bosques).

Elección de datos de gestión para suelos minerales

Es necesario disponer de datos de la zona sobre uso y prácticas de la tierra en conformidad con los procedimientos 2 o 3 (Sección 2.3.2), y la orientación que se da en la Sección 4.2.2.3. Aquí se describen brevemente los datos sobre la gestión requeridos para cada uno de los tres niveles metodológicos.

Nivel 1: Con la utilización de las Directrices del IPCC (véase también Capítulo 3, Sección 3.3.1.2.1.1), se parte de la hipótesis que los impactos de cambio del uso de la tierra o de la gestión de la tierra tienen por defecto una duración de 20 años. Si se dispone de datos sobre la zona y la actividad para 20 años antes del año de base se puede establecer una absorción/emisión neta de carbono para el año de base utilizando los factores por defecto de variación del carbono almacenado ya descritos. Los cambios de uso de la tierra y las prácticas de gestión al Nivel 1 son los mismos que los que se dan en las Directrices del IPPC: desbroce de la vegetación nativa con conversión a cosechas o pastos cultivados, abandono de la tierra, cultivo errante, diferentes niveles de adición de residuos, diferentes sistemas de labranza y uso agrícola de suelos orgánicos. Dentro de estos cambios específicos de uso o de gestión de la tierra, las actividades se definen semicuantitativamente; por ejemplo, sistemas de "alto aporte" en contraposición a "bajo aporte". Los sistemas de uso o de gestión de la tierra no se subdividen en niveles de detalle más afinados que éste. Las superficies pueden obtenerse de los conjuntos de datos internacionales (p. ej., de la FAO), aunque algunas de estas fuentes carecen de la precisión espacial necesaria para la notificación, y sólo pueden ser útiles para verificar los datos. Si se dispone de datos sobre la superficie y la actividad desde 1970 hasta 1990 inclusive, se puede establecer 1990 como año de base para determinar la variación neta del carbono almacenado utilizando los factores por defecto de variación del carbono almacenado descritos anteriormente. Si se carece de esos datos, para estimar las áreas de tierra véanse otras opciones en la Sección 4.2.7.2.

Nivel 2: Las prácticas de gestión de Nivel 2 son las que figuran en las *Directrices del IPCC* y las de Nivel 1. No obstante, en lo que respecta al Nivel 2, para que sean específicas del país, se pueden subdividir algunas prácticas de gestión, o se pueden añadir otras nuevas. En los sistemas de gestión agrícola descritos en las *Directrices del IPCC*, los datos de gestión contienen descriptores tales como: "aporte alto" y "bajo aporte". Estos descriptores pueden sustituirse a Nivel 2 por descriptores más explícitos; por ejemplo, tasas altas de corrección orgánica (p. ej., > 20 t de materia seca ha^{-1} $año^{-1}$), tasas medias de corrección orgánica (p. ej., 10-20 t de materia seca ha^{-1} $año^{-1}$), tasas bajas de corrección orgánica (p. ej., < 10 t de materia seca ha^{-1} $año^{-1}$), y corrección orgánica cero. Otras subdivisiones podrían, por ejemplo, reflejar diferentes formas de corrección

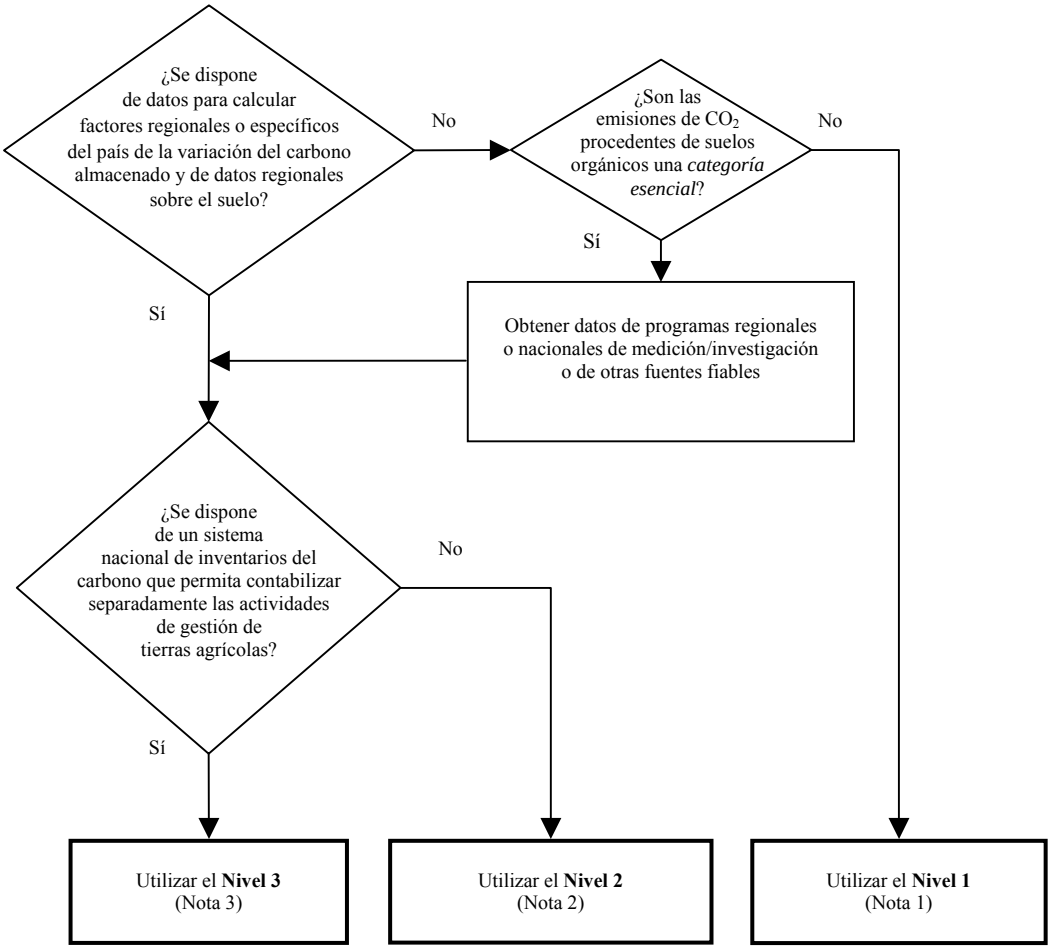
orgánica, tales como el estiércol animal, residuos cereales y fango cloacal, cuando se dispone de los correspondientes factores de absorción. Una alternativa a la utilización de categorías más detalladas de descriptores es la utilización de relaciones semejantes a las obtenidas por Smith *et al.* (1997,1998 y 2000) y para los Estados Unidos de América por Lal *et al.* (1998). Estas podrían basarse en un análisis nuevo y más exhaustivo de los conjuntos mundiales de datos. Las cifras podrían incluir la variación del carbono almacenado asociada a determinada práctica (p. ej., la labranza cero), o a una relación entre la intensidad de una práctica y la variación del carbono en el suelo, por ejemplo, la emisión/absorción media anual de carbono en el suelo (toneladas de C ha^{-1}) = 0,0145 x cantidad de estiércol animal añadido (toneladas de materia seca ha^{-1} $año^{-1}$); recalculado a partir de los datos de Smith *et al.* (1997; R^2 = 0,3658, n = 17, p < 0,01). También se podrían utilizar modelos bien calibrados y evaluados de la variación del carbono en el suelo (p. ej., CENTURY (Parton *et al.*, 1986), RothC (Coleman y Jenkinson, 1996), y otros) para generar ya sea factores por defecto de variación del carbono almacenado o bien generar las relaciones de intensidad descritas anteriormente para cada actividad, para diferentes suelos y en diferentes regiones climáticas. Estos ejemplos ilustran la manera en que las prácticas pueden hacerse más específicas del país, pero también es posible introducir otras mejoras. Los métodos de Nivel 2 pueden necesitar descripciones de la superficie de mayor resolución que los de Nivel 1. En todo caso, se han de aplicar criterios rigurosos de forma que cualquier cambio en las emisiones o las absorciones no sea ni subestimado ni sobrestimado (para los criterios véase "Elección de los factores de variación del carbono almacenado para suelos minerales").

Nivel 3: Los datos de gestión utilizados en las metodologías más complejas de Nivel 3 deben ser compatibles con el grado de detalle requerido por el modelo. Es una *buena práctica* utilizar los datos de gestión con una resolución espacial apropiada para el modelo, y tener medidas cuantitativas de los factores de gestión requeridos por el modelo, o poder estimarlos con fiabilidad.

4.2.8.3.2 VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO EN SUELOS ORGÁNICOS

Para las variaciones del carbono almacenado en suelos orgánicos, se debe utilizar el árbol de decisiones siguiente (Figura 4.2.13) a fin de decidir qué nivel utilizar para la notificación en el marco del Protocolo de Kyoto.

Figura 4.2.13 Árbol de decisiones para elegir el nivel metodológico al cual se han de notificar las variaciones del carbono almacenado en suelos orgánicos en el marco del Protocolo de Kyoto (véase también la Figura 3.1.1)



Nota 1: Utilizar la matriz/base de datos de valores por defecto.

Nota 2: Utilizar parámetros específicos de la región, datos sobre el suelo y duración del impacto.

Nota 3: Utilizar técnicas de modelización más perfeccionadas, con frecuencia vinculadas a bases de datos geográficos.

Métodos para estimar las emisiones/absorciones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos

Nivel 1: Cuando los suelos orgánicos se convierten en tierra agrícola, están por lo general drenados, cultivados y encalados, con la consiguiente oxidación de materia orgánica. La tasa de liberación de carbono dependerá del clima, la composición (descomponibilidad) de la materia orgánica, el grado de drenaje y otras prácticas como la fertilización y el encalado. El método de Nivel 1 se encuentra en la Sección 3.3.1.2 y se basa en el método que figura en las *Directrices del IPCC.*

Nivel 2: Si se dispone de datos más fiables específicos del país o de la región sobre emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos, es una *buena práctica* utilizar estos valores en lugar de los datos por defecto de Nivel 1. Se deberá demostrar que cualquier dato utilizado es más fiable que los datos por defecto.

Nivel 3: Los complejos sistemas descritos en el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) para los inventarios nacionales sobre gases de efecto invernadero pueden utilizar métodos o modelos para estimar el CO_2. También se pueden utilizar estas emisiones para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 de manera integrada. Ahora bien, las emisiones de gases distintos del CO_2 deben notificarse en el sector Agricultura, y se debe evitar el doble cómputo y la omisión. Es una *buena práctica* utilizar modelos calibrados con mediciones hechas en lugares de referencia, y describir con transparencia los modelos e hipótesis utilizados.

Elección de los factores de emisión/absorción del carbono para suelos orgánicos

Nivel 1: Los factores por defecto de emisión/absorción del carbono relativos al Nivel 1 figuran en el Capítulo 3 (Cuadro 3.3.5; Sección 3.3.1.2.1.2).

Nivel 2: Para suelos orgánicos, es una *buena práctica* sustituir los valores por defecto identificados en el Capítulo 3 (Cuadro 3.3.5; Sección 3.3.1.2.1.2) por factores específicos del país o de la región si se ha demostrado que son más fiables que los valores por defecto. Es una *buena práctica* utilizar factores de sustitución de emisión/absorción basados en resultados experimentales derivados de experimentos bien diseñados, con un muestreo adecuado para dar una capacidad estadística adecuada. Los factores de emisión o de absorción basados en modelos deberían utilizarse únicamente después de someter a prueba el modelo comparándolo con experimentos como los descritos anteriormente, y todo modelo debe ser considerablemente evaluado, estar bien documentado y archivado. Es una *buena práctica* proporcionar estimaciones sobre los límites de confianza y/o la incertidumbre correspondientes a cualquier factor de sustitución de emisión/absorción. Se debe demostrar que los factores de sustitución de emisión/absorción representan mejor las condiciones o las prácticas locales que los factores por defecto comparando estos últimos y los factores de sustitución con las mediciones o experimentos hechos en la región.

Nivel 3: Para suelos orgánicos, las emisiones o emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero de CO_2 o distintos de CO_2 pueden estimarse como parte de la modelización basada en datos procesados utilizando los factores nacionales de emisión/absorción. Es una *buena práctica* hacer uso de esos métodos si se han documentado y evaluado debidamente. Los métodos se deben someter a prueba y evaluación minuciosas, como las descritas para el Nivel 2, antes de aplicarse.

Elección de los datos de gestión para suelos orgánicos

Las mismas consideraciones son válidas para los datos de gestión sobre actividades de gestión de tierras agrícolas en suelos minerales, conforme se describe en la Sección 4.2.8.3.1.

4.2.8.3.3 EMISIONES DE CO_2 ORIGINADAS POR EL ENCALADO

Entre los datos complementarios exigidos por el Protocolo de Kyoto figuran las emisiones de CO_2 originadas por el encalado de tierras agrícolas únicamente si se ha elegido este tipo de gestión.

Métodos para estimar las emisiones de CO_2 originadas por el encalado

El encalado se usa generalmente para mejorar la acidificación del suelo. Se suelen utilizar para ello minerales carbonatados como la piedra caliza ($CaCO_3$) y la dolomita $CaMg(CO_3)_2$. Cuando estos compuestos se añaden a un suelo ácido desprenden CO_2 a una tasa que varía en función de las condiciones del suelo y del compuesto aplicado. Cada pocos años se repiten las aplicaciones, pero éstas pueden promediarse en el tiempo, y la tasa media anual es la que sirve para hacer los cálculos del inventario.

Nivel 1: El método de Nivel 1 para estimar las emisiones de CO_2 originadas por el encalado es idéntico al descrito en el Capítulo 3 (Sección 3.3.1.2.1.1).

Nivel 2: En el método de Nivel 2 para el encalado se emplean cifras nacionales o regionales en lugar de los coeficientes por defecto descritos en el Capítulo 3 (Sección 3.3.1.2.1.1) para las emisiones de CO_2 del suelo debidas el encalado, o cuando se ha demostrado que son más fiables.

Nivel 3: Los complejos métodos utilizados en el Nivel 3 descritos en el Capítulo 3 pueden tenerse expresamente en cuenta para el encalado. En ellos se pueden integrar también los efectos en las emisiones de gases distintos del CO_2. Es una *buena práctica* utilizar esos métodos si se han documentado y evaluado debidamente.

Elección de los factores de emisión del carbono para el encalado

Es una *buena práctica* utilizar los valores por defecto que figuran en el Capítulo 3 (Sección 3.3.1.2.1.1). Si una Parte opta por utilizar otros factores nacionales de emisión (Nivel 2), estos deben estar justificados por datos más detallados sobre la composición de la caliza utilizada. Los métodos de Nivel 3 pueden incluir además el efecto integrado de las prácticas de encalado y de gestión en las emisiones de gases distintos del CO_2. Es una *buena práctica* utilizar esos factores si se han documentado y evaluado debidamente.

4.2.8.3.4 GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Las metodologías para estimar las emisiones de N_2O y CH_4 se encuentran en los capítulos dedicados a la Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000*, en los que se dan metodologías para las siguientes fuentes de emisiones agrícolas que están relacionadas con la gestión de tierras agrícolas (la lista es también aplicable a la gestión de pastizales y al restablecimiento de la vegetación):

1) Emisiones directas de N_2O procedentes de suelos agrícolas debidas a:
   - La utilización de fertilizantes sintéticos,
   - La utilización de excrementos animales como fertilizantes,
   - La fijación biológica de nitrógeno debida al cultivo de legumbres y otros cultivos que fijan el nitrógeno,
   - Los residuos de los cultivos y la aplicación de fango cloacal,
   - El cultivo de suelos de alto contenido orgánico;
2) Emisiones indirectas de N_2O procedentes del nitrógeno utilizado en la agricultura incluidas las emisiones que proceden de:
   - La volatilización y consiguiente deposición en la atmósfera de NH_3 y NO_x (originados por la aplicación de fertilizantes y estiércoles),
   - La lixiviación y escorrentía del nitrógeno;
3) Las emisiones de CH_4 procedentes de cultivo del arroz;
4) Las emisiones de gases distintos del CO_2 causadas por la quema de vegetación;
5) El CH_4 procedente de la fermentación entérica;
6) Las emisiones de CH_4 y N_2O causadas por la gestión de estiércoles.

Estas emisiones no deben notificarse en la gestión de tierras agrícolas, sino como emisiones de la agricultura[59] y se consideran en el Capítulo 4 (Agricultura) de *OBP2000*. Incluso las Partes que no han elegido la gestión de tierras agrícolas a tenor del párrafo 4 del artículo 3 deben notificar estas emisiones como emisiones procedentes de las fuentes enumeradas en el Anexo A del Protocolo de Kyoto. Las Partes que han elegido la gestión de tierras agrícolas deben notificar asimismo las emisiones en el sector de agricultura, y no incluirlas en relación con el párrafo 4 del artículo 3.

Las emisiones/absorciones de gases distintos del CO_2 en tierras deforestadas convertidas en tierras agrícolas (párrafo 3 del artículo 3) deben notificarse separadamente de las sometidas a gestión de tierras agrícolas (párrafo 4 del artículo 3). Si las emisiones/absorciones de gases distintos del CO_2 en tierras deforestadas no pueden determinarse directamente, pueden estimarse como fracción del total de las emisiones/absorciones de gases distintos del CO_2 procedentes de tierras agrícolas, lo que corresponde a la superficie de la tierra agrícola total en la tierra deforestada. Por ejemplo, si el 10% de la superficie de tierras agrícolas se encuentra en tierra deforestada, en ese caso el 10% de las emisiones/absorciones totales de gases distintos del CO_2 en tierras agrícolas debe adscribirse a las tierras sometidas a deforestación desde 1990.

Algunas prácticas de gestión adoptadas para aumentar el carbono del suelo pueden influir también en las emisiones de gases distintos del CO_2. Muchos de estos efectos figuran en los capítulos dedicados a Agricultura en las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*, pero puede haber otros efectos en gases distintos del CO_2 que no se han considerado en esas publicaciones (véase los ejemplos que se presentan en el Recuadro 4.2.11).

RECUADRO 4.2.11
EJEMPLOS DE INFLUENCIAS POSIBLES DE LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO EN LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO_2

Ejemplo 1: Influencia de la disminución de la labranza en la emisión de N_2O.
La disminución o la supresión de la labranza suele aumentar el carbono del suelo en las tierras agrícolas. Sin embargo, esto puede alterar al mismo tiempo las emisiones de N_2O por sus efectos en la porosidad (y la fracción de la porosidad ocupada por agua), el reciclado, la temperatura y otros factores de N (p. ej., Weier *et al.*, 1996; MacKenzie *et al.*, 1998; Robertson *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2001). Las observaciones no permiten llegar a ninguna conclusión, pues algunos estudios revelan emisiones más elevadas de N_2O en sistemas sin cultivo que con cultivo, y otros demuestran escasos efectos o emisiones inferiores de N_2O. Los datos disponibles sugieren que esta respuesta variable depende de los efectos interactivos del suelo y del clima, y que los entornos más húmedos con aireación más deficiente, en los cuales por lo general las emisiones de N_2O tienden a ser más elevadas, están también relacionados con emisiones más altas en condiciones sin labranza que en las de cultivo convencional (p. ej., Linn y Doran, 1984; Weier *et al.*, 1996; Vinten *et al.*, 2002).

[59] Según los Acuerdos de Marrakesh las estimaciones de las emisiones procedentes de fuentes y absorción por sumideros por causa de las actividades relacionadas a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 se distinguirán claramente de las emisiones antropógenas de las fuentes enumeradas en el anexo A del Protocolo de Kyoto (véase párrafo 5 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 7), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.3, pág. 26.

Ejemplo 2: Vínculos entre renovación de la materia orgánica y emisiones de N_2O.

La materia orgánica en el suelo está en constante descomposición, con el consiguiente desprendimiento de amoniaco, y de nitrato. Una parte de este N "disponible" puede convertirse en N_2O. Por consiguiente, las prácticas que aumentan la velocidad de la descomposición de materia orgánica (p. ej., el arado de praderas, el mayor uso de períodos de "barbecho") pueden estimular las emisiones de N_2O. Por el contrario, la replantación de praderas y la disminución de la frecuencia del "barbecho" pueden disminuir las emisiones de N_2O. No obstante, la importancia y la magnitud de estos efectos no se comprende bien, y quizás no sea posible cuantificarlas de manera fiable por el momento.

Ejemplo 3: Efectos de la gestión de tierras agrícolas en la oxidación de CH_4.
Ciertas prácticas que aumentan el carbono en el suelo en las tierras agrícolas pueden influir también en la velocidad de oxidación de CH_4 en los suelos, de manera negativa o positiva (p. ej., Smith *et al.*, 2001). Con frecuencia estos efectos son menores que los causados en el N_2O, cuando están expresados en unidades de equivalencia de CO_2.

Ejemplo 4: Efectos del drenaje en suelos orgánicos.
Las emisiones de CH_4 pueden disminuir a medida que aumentan las pérdidas de CO_2 con el drenaje del suelo, y también pueden resultar afectadas las emisiones de N_2O. (Obsérvese que en las *Directrices del IPCC* se da por supuesto que todo el carbono se pierde en forma de CO_2; si esto no ocurre así, habrá que justificarlo con datos científicamente idóneos y bien documentados. Los métodos para estimar las emisiones de N_2O de los suelos orgánicos cultivados se encuentran en los capítulos dedicados a la Agricultura en las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*, y estas emisiones deben notificarse según lo que allí se consigna para evitar el doble cómputo).

Los efectos en las emisiones de gases distintos del CO_2 de estas y otras prácticas de gestión pueden incluirse en métodos de nivel superior para la agricultura, como se señala en *OBP2000* (Sección 4.7, págs. 4.58 a 4.73). Cuando hayan sido estimadas, deben, no obstante, notificarse en Agricultura para evitar el doble cómputo. Entre los ejemplos de cómo podrían estimarse estos efectos figuran los siguientes:

- Medición directa de los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en lugares representativos;
- Estimación de las tasas de emisión basadas en valores extraídos de la información publicada teniendo en cuenta la gestión, el suelo y el clima.

4.2.9 Gestión de pastizales

4.2.9.1 CUESTIONES DE DEFINICIÓN Y REQUISITOS PARA LA NOTIFICACIÓN

La gestión de pastizales es el sistema de prácticas en la tierra utilizada para la producción ganadera y tiene por objeto manipular la cantidad y tipo de vegetación y el ganado producido. Los pastizales son por definición, "gestionados" en cierto grado, por lo que las tierras en régimen de gestión de pastizales son de hecho todas las tierras de un país en el que se practica el pastoreo; esto es, todas las tierras en las que predomina la producción ganadera, sobre la base de criterios decididos y expresamente descritos por el país. Obsérvese que no todas las praderas son necesariamente pastizales.

Con objeto de garantizar una cobertura exhaustiva, es una *buena práctica* incluir las tierras siguientes en la categoría de pastizales:

- Pastos/praderas/tierras de pastoreo mejorados: Estas son tierras sometidas a un pastoreo intensivo y controlado. Para controlar la productividad se aplican prácticas de gestión como fertilizantes, estiércol, riego, nueva siembra, encalado y rociado. También están incluidas las tierras utilizadas en permanencia para el forraje herbáceo.
- Pastos naturales/praderas/tierras de pastoreo no mejoradas: Estas tierras se componen por lo general de una vegetación nativa en la que hay heno y arbustos, y el pastoreo es principalmente extensivo. La gestión de los pastos es escasa o nula, excepto la quema en algunos casos. Sin embargo, la intensidad, frecuencia y estacionalidad del pastoreo y la distribución animal son gestionados (incluso por defecto) o pueden gestionarse específicamente para impedir pérdidas de carbono almacenado; por ejemplo, evitando el pastoreo excesivo.

Los pastos, las tierras de pastos o las sabanas en las cuales crecen árboles y matorral deberían incluirse en la gestión de pastizales si el cultivo de plantas forrajeras o el pastoreo es la actividad más importante en ese área, sobre la base de los criterios establecidos y explícitamente declarados por el país. Cuando las tierras arboladas cumplen la definición de bosque y los árboles han sido establecidos desde 1990, la tierra debe figurar en la categoría de forestación/reforestación. Sin embargo, las tierras que responden a la definición de "bosque" pueden estar incluidas en gestión de pastizales si el pastoreo es la actividad predominante, sobre la base de los criterios establecidos por el país.

Las tierras en reserva, tales como tierras cultivadas convertidas en praderas perennes, deben figurar en gestión de tierras agrícolas si están en reserva sólo temporalmente (por lo general durante un período inferior a cinco años, pero cualquier tierra en reserva que probablemente volverá a ser tierra agrícola con arreglo a las condiciones nacionales relativas a tierras en reserva debe contarse como tierra agrícola). Estas tierras deben incluirse en gestión de pastizales si se dejan en reserva permanentemente. Las tierras protegidas, como las sometidas a programas permanentes de cubierta deben incluirse en gestión de pastizales si se utilizan asimismo para la producción ganadera. Las tierras que son utilizadas sólo temporalmente para el pastoreo, como parte de una rotación de cultivos, se incluirían normalmente en gestión de tierras agrícolas. En aras de la coherencia, los criterios utilizados para distinguir entre tierras agrícolas, pastizales y restablecimiento de la vegetación deben declararse expresamente y aplicarse consecuentemente.

Habida cuenta de la posible superposición con otras categorías de uso de la tierra, es una *buena práctica* que los países especifiquen qué tipos de tierras están incluidas en la categoría de pastizales/tierras de pastoreo/pastos en su sistema nacional de uso de la tierra. Además, los países deben especificar asimismo cómo estas tierras difieren de a) las tierras clasificadas en la categoría de uso de la tierra ii) del Capítulo 2 (tierras agrícolas/arables/en cultivo), y b) tierras sometidas a otras actividades en el marco del párrafo 3 del artículo 3 (FR) y del párrafo 4 del artículo 3 (GB, RV, GTA, si se han elegido). Esto mejorará la comparabilidad de la notificación entre los países.

Además, todas las tierras que eran bosques el 31 de diciembre de 1989 y sometidas a gestión de pastizales en el año de la notificación deben ser identificadas, seguidas en su evolución y notificadas en una categoría separada (tierras de "deforestación" que de lo contrario estarían sometidas a gestión de pastizales).

Con el fin de poder aplicar la metodología propuesta para determinar las emisiones/absorciones de CO_2 en esas tierras, (es decir, la superficie multiplicada por un factor de variación del carbono almacenado, siendo éste positivo, negativo o nulo en función de la gestión y uso de la tierra o del cambio de uso de la tierra), es necesario subdividir la superficie total del pastizal en superficies sometidas a diversas series de prácticas de gestión (lo que puede superponerse en el tiempo y en el espacio), para el año de base y los años del período de compromiso. Los factores de variación del carbono almacenado dependen de la gestión actual y de la anterior. Algunas superficies pueden estar emitiendo carbono, otras pueden estar secuestrando CO_2, y otras, finalmente, pueden estar en equilibrio, y esta situación puede cambiar si cambia la gestión.

Para obtener datos más desglosados sobre usos y prácticas de la tierra, se puede elaborar una definición más exhaustiva de los sistemas de uso y de gestión de las tierras en los pastizales/tierras de pastoreo/pastos para diferentes zonas climáticas. Entre las amplias familias de prácticas del régimen de gestión de pastizales que afectan al carbono almacenado figuran las siguientes: gestión de rebaños, presencia de plantas leñosas, fertilización, riego, composición de las especies, gestión de leguminosas, y gestión de incendios (IPCC, 2000b, pág. 184 y pág. 205). Véase asimismo el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) y la Sección 4.2.9.2.

4.2.9.1.1 AÑO DE BASE 1990

Véase la Sección 4.2.8.1 Cuestiones de definición y requisitos para la notificación.

4.2.9.2 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAR LAS TIERRAS

La orientación general para la identificación de las tierras en lo referente a la gestión de pastizales se encuentra en las Secciones 4.1.1, 4.1.2, 4.2.1, y 4.2.2. En virtud de los Acuerdos de Marrakesh, la ubicación geográfica de los límites de la superficie circundante de la tierra sometida a gestión de pastizales ha de notificarse anualmente, junto con la superficie total de tierras sometidas a esta actividad. La ubicación geográfica de los límites puede abarcar una especificación espacialmente explícita de cada tierra sometida a gestión de pastizales, pero no tiene por qué ser así. Esto es análogo al caso de la gestión de tierras agrícolas que se analiza en la Sección 4.2.8.1 (Cuestiones de definición y requisitos para la notificación). Es una *buena práctica* seguir continuamente la gestión de las tierras sometidas a gestión de pastizales. Esto podría lograrse ya sea siguiendo continuamente la evolución de cada tierra sometida a gestión de pastizales desde 1990 hasta el final del período de compromiso (véase la Sección 4.2.8.1), o bien aplicando técnicas de muestreo estadístico que permitan determinar las transiciones de la gestión respecto de los pastizales y que, al mismo tiempo, sean compatibles con los requisitos

estipulados en la Sección 5.3 (véase también la Sección 4.2.4.1 Elaboración de una serie temporal coherente). A nivel nacional, son necesarias diferentes capas de desglose de la superficie total del pastizal, por ejemplo, utilizando criterios que conciernen principalmente a las circunstancias nacionales, las prácticas de gestión y otras subdivisiones. Entre éstas podrían figurar las siguientes:

- Clima
- Tipo de suelo
- Grado de alteración (p. ej., compactación, alteración causada por la acción de las patas del ganado, frecuencia de quema, erosión)
- Nivel de aporte orgánico (p. ej., detritus de plantas, raíces, estiércol, y otras correcciones)
- Tierras objeto de pastoreo intermitente (p. ej., las tierras en reserva, la hierba como parte de una rotación)
- Intensidad del pastoreo (porcentaje de utilización de los pastos)
- Tierras arboladas (franjas protectoras, huertos, y otras plantaciones perennes)
- Tierras convertidas en pastizales desde 1990 (cambio de uso de la tierra) que no están en ninguna otra categoría de uso de la tierra.

En lo que respecta a todas las subcategorías resultantes, es necesario seguir separadamente la evolución de las zonas que se encuentran en situación de gestión de pastizales derivadas de la conversión de bosques (es decir, la deforestación) desde 1990, ya que éstas subcategorías se notificarán como unidades de tierras sometidas a deforestación.

Al Nivel 3 quizá sea necesaria otra subdivisión de la superficie sometida a gestión de pastizales.

Entre los métodos para identificar las tierras en régimen de gestión de pastizales, con el necesario desglose disponible en algunos países del Anexo I figuran los siguientes:

- Estadísticas nacionales sobre uso y gestión de la tierra: la base de tierras agrícolas, entre ellas la tierra sometida a gestión de pastizales, es objeto de estudio en la mayor parte de los países con carácter regular. Estas estadísticas pueden obtenerse en parte por teledetección de la situación de los pastos y de la superficie de suelo y de las variaciones en la tasa de capacidad del pastizal.
- Los datos de inventario de un sistema de muestreo parcelario con base estadística: las actividades de uso y gestión de las tierras son objeto de seguimiento en parcelas de muestreo específicas y permanentes que son reexaminadas con regularidad.

Habría que compilar información sobre estas superficies ya sea para todas las tierras afectadas por la gestión de pastizales, o bien resumirla en forma de estimaciones para todos los estratos (definidos por los límites de las superficies de tierra) que una Parte elige aplicar para la notificación de sus estadísticas sobre uso de la tierra. En el Capítulo 2 (Base para la representación coherente de áreas de tierra), se da mayor *orientación sobre las buenas prácticas* respecto a la identificación de áreas de tierra.

Los vínculos con los métodos para la identificación de zonas que figuran en otros capítulos y en las *Directrices del IPCC* figuran en el Recuadro 4.2.12.

RECUADRO 4.2.12

VÍNCULOS CON EL CAPÍTULO 2 O 3

Sección 2.3.2 (tres procedimientos): Praderas (no gestionadas o gestionadas) que se convierten en praderas gestionadas o cualquier conversión que dé por resultado praderas gestionadas en el Capítulo 2 (excepto de bosques a praderas), a condición de que estas praderas gestionadas estén sometidas a gestión de pastizales. *Debe abarcar todas las transiciones entre 1990 (o 1970, cuando es necesario para estimar el año de base) y 2008, y en posteriores transiciones de años de inventario sobre una base anual.*[60]

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

No se dispone de ellos en un formato que corresponda a lo prescrito en los Acuerdos de Marrakesh en cuanto a la ubicación geográfica de los límites.

[60] Si se realiza más de una conversión de tierras en la misma unidad de tierra en el *período* de transición de la matriz, tal vez haya que acortar este período para reflejar esas transiciones.

4.2.9.3 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Al igual que para la gestión de tierras agrícolas, se utilizan metodologías a uno de los tres niveles para estimar las emisiones/absorciones de CO_2 de los suelos minerales, los suelos orgánicos y el encalado. El procedimiento es idéntico y de él se derivan diferentes factores, y se utilizan diferentes datos de actividad (que se describen con más detalle en las secciones siguientes).

Las emisiones/absorciones anuales de CO_2 en el suelo se calculan sumando:

- Las variaciones netas del carbono almacenado orgánico de los suelos minerales.
- Las emisiones de CO_2 procedentes de los suelos orgánicos.
- Las emisiones de CO_2 procedentes del encalado.

Es necesario asimismo estimar las variaciones del carbono almacenado de otros depósitos de carbono si procede. En lo que respecta a los pastizales sin ninguna vegetación leñosa, la biomasa anual de los cultivos puede despreciarse cuando no hay ningún cambio de larga duración en la cubierta. Ahora bien, el carbono de la biomasa de los árboles, las franjas protectoras y los cultivos leñosos en pastizales tienen que contabilizarse ya sea en gestión de pastizales, forestación/reforestación o gestión de bosques (pero no en ambas), (a menos que una parte del Anexo I del Protocolo de Kyoto opte por no hacerlo y aporte información verificable de que el carbono almacenado no está disminuyendo). Los métodos relativos a la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, los detritus y la madera muerta pueden hallarse en las secciones dedicadas a forestación/reforestación o a la gestión de bosques y en el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS). Para la orientación sobre la estimación de las emisiones/absorciones del carbono en depósitos distintos de los del suelo, véanse el Recuadro 4.2.13 y el Cuadro 4.2.8. En la Figura 3.1.1 del Capítulo 3 se da una orientación más completa sobre los métodos apropiados de selección.

RECUADRO 4.2.13

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Sección 3.4.1.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa

Sección 3.4.1.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

4 Gases de efecto invernadero distintos del CO_2

5 B Conversión de bosques y praderas (conversión de pastizales en tierras agrícolas)

5 D Emisiones y absorciones del CO_2 de los suelos

4.2.9.3.1 SUELOS MINERALES

El árbol de decisiones utilizado para elegir el nivel metodológico con el fin de estimar las variaciones del carbono almacenado en los suelos minerales en régimen de gestión de pastizales es análogo al utilizado para las tierras agrícolas - véase la Figura 4.2.9.

Métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado en suelos minerales

Los métodos utilizados para estimar las variaciones del carbono almacenado en los suelos minerales en régimen de gestión de pastizales son idénticos a los utilizados para las tierras agrícolas. Véanse los métodos relativos a los Niveles 1, 2 y 3 descritos en la Sección 4.2.8.3.1 (Suelos minerales) y asimismo en el Capítulo 3 (Secciones 3.3.1.2, 3.4.1.2, 3.4.2.2). En lo que respecta a la gestión de tierras agrícolas, en todos los métodos se requiere que las tierras sometidas a gestión de pastizales deben ser objeto de un seguimiento continuo en el tiempo. En el Nivel 1, la base de datos de los factores por defecto de la variación anual del carbono almacenado en el Anexo 4A.1 es aplicable asimismo a los pastizales (véase la Sección 4.2.8.3.1). Sin embargo, para las actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3, es una *buena práctica* utilizar el Nivel 2 o el Nivel 3 para estimar las variaciones del carbono almacenado procedentes de los suelos minerales si las emisiones de CO_2 originadas por la gestión de pastizales son una categoría esencial.

Elección de los factores de emisión/absorción del carbono para suelos minerales

La elección de factores de la variación del carbono almacenado en cada nivel metodológico se hace con los mismos criterios que los descritos para la gestión de tierras agrícolas. Los factores de variación del carbono almacenado se encuentran en la misma base de datos. A niveles superiores, como ocurre con la gestión de tierras agrícolas, los factores de variación del carbono almacenado pueden calcularse extrayéndolos de los valores que figuran en publicaciones especializadas (p. ej., Follett *et al.*, 2000), así como de experimentos de larga duración y de pasadas de modelos. Es una *buena práctica* para los factores de sustitución de variación del carbono almacenado, si están basados en resultados experimentales, obtenerlos de experimentos bien concebidos, con un muestreo suficiente que garantice una capacidad estadística suficiente. Los factores basados en modelos deben utilizarse únicamente después de someter a prueba el modelo comparándolo con experimentos como los descritos anteriormente, y todo modelo debe ser considerablemente evaluado, estar bien documentado y archivado. Es una *buena práctica* proporcionar estimaciones sobre los límites de confianza y/o la incertidumbre correspondientes a cualquier factor de emisión/absorción. Se debe demostrar que estos factores representan las condiciones o prácticas locales, por estar basados en mediciones o experimentos hechos en la región.

Elección de los datos sobre uso y gestión de la tierra para suelos minerales

Al igual que con la gestión de tierras agrícolas, si se dispone de datos sobre la superficie y la gestión para 1970 hasta 1990 inclusive, se puede establecer un año de base para las emisiones/absorciones netas de carbono (1990 u otro) utilizando los factores por defecto de las emisiones/absorciones del carbono descritos anteriormente. Si no se dispone de datos sobre la superficie y la gestión desde 1970 hasta 1990 inclusive, las opciones disponibles son las que ya se han descrito para las tierras agrícolas (véase la Sección 4.2.8.1.1: año de base 1990). En este caso, sólo se exponen brevemente los datos de actividades necesarios para cada uno de los tres niveles.

Nivel 1: Las prácticas de gestión a Nivel 1 son las que figuran en las *Directrices del IPCC*. Los diferentes impactos de la gestión que aquí se definen son: desbroce de la vegetación nativa con conversión a especies de cultivo o pastos; abandono de la tierra; cultivo errante; diferentes niveles de adición de residuos; diferentes sistemas de labranza; uso agrícola de suelos orgánicos para pastoreo. Dentro de estos cambios específicos de uso o de gestión de la tierra, las prácticas se definen semicuantitativamente; por ejemplo, sistemas de "alto aporte" en contraposición a "bajo aporte". Los sistemas de uso y gestión de la tierra no se subdividen en niveles de detalle más afinados que éste. Las superficies pueden obtenerse de los conjuntos de datos internacionales (p. ej., la FAO). Si se dispone de datos sobre la superficie y la gestión desde 1970 hasta 1990 inclusive, se puede establecer 1970 como año de base para determinar la variación neta del carbono almacenado utilizando los factores por defecto de las emisiones/absorciones del carbono descritos anteriormente. Si se carece de esos datos desde 1970 hasta 1990 inclusive, las opciones disponibles son las ya descritas para las tierras agrícolas (véase la Sección 4.2.8.1.1). Si la gestión de pastizales se considera categoría esencial, es buena práctica utilizar los métodos de Nivel 2 o 3.

Nivel 2: Las prácticas de gestión a Nivel 2 son las que figuran en las *Directrices del IPCC* y las de Nivel 1. No obstante, para hacerlas específicas del país, se pueden subdividir algunas prácticas o se pueden añadir otras nuevas. Por ejemplo, en los sistemas de gestión agrícola descritos en las *Directrices del IPCC*, se incluyen descriptores tales como "alto aporte" y "bajo aporte" en los datos de la gestión; estos descriptores pueden sustituirse a Nivel 2 por descriptores más explícitos; por ejemplo, nivel de pastoreo alto, nivel de pastoreo medio, nivel de pastoreo bajo o pastoreo cero. También puede ser necesaria una subdivisión más detallada de las actividades, por ejemplo, diferentes formas de pastoreo. Una alternativa a la utilización de categorías más detallada del descriptor es el empleo de relaciones respecto a la intensidad de una práctica (p. ej., nivel de pastoreo) con un cambio en el factor de emisión/absorción del carbono. También, se podrían utilizar modelos bien calibrados y evaluados de la variación del carbono en el suelo (p. ej., CENTURY (Parton *et al.*, 1996), RothC (Coleman y Jenkinson, 1996), y otros) para generar ya sea factores por defecto de emisión/absorción del carbono, o bien generar las relaciones de intensidad sobre cada actividad para diferentes suelos y en diferentes regiones climáticas. Estos ejemplos ilustran la manera, a Nivel 2, en que las actividades pueden hacerse más específicas del país, pero es posible introducir otras mejoras. Hay que aplicar criterios rigurosos de manera que no se subestime o sobrestime ningún aumento del tamaño del sumidero.

Nivel 3: Los datos de gestión utilizados en las metodologías más complejas de Nivel 3 probablemente se subdividan como se describe respecto del Nivel 2.

4.2.9.3.2 EMISIONES DE CO_2 PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS

El árbol de decisiones para utilizar con suelos orgánicos en régimen de gestión de pastizales es idéntico al de gestión de tierras agrícolas, véase la Figura 4.2.13. Los métodos descritos en los niveles 1, 2 y 3 para tierras agrícolas son asimismo aplicables a los pastizales, véanse la Sección 4.2.8.3.2 (Variaciones del carbono almacenado en suelos orgánicos) y el Capítulo 3 (Secciones 3.3.1.2 y 3 .4.1.2). En cuanto a las tierras agrícolas,

las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 procedentes de suelos orgánicos son también importantes, pues algunas emisiones disminuyen (p. ej., metano, CH_4) a medida que aumentan las pérdidas de CO_2 con el drenaje del suelo. Al calcular las variaciones de las emisiones/absorciones de carbono procedentes de suelos orgánicos es importante considerar también las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 teniendo presente que, como regla general, éstas se tratan en el sector Agricultura. Sin embargo, obsérvese que las *Directrices del IPCC* dan por supuesto que todo el carbono es emitido como CO_2; si no se parte de esta hipótesis, hay que justificarlo con datos científicamente idóneos y bien documentados.

Elección de los factores de emisión/absorción del carbono para suelos orgánicos

Los factores para suelos orgánicos se describen en la subsección equivalente relativa a la gestión de tierras agrícolas (Sección 4.2.8.3.2 Variaciones del carbono almacenado en suelos orgánicos) y en el Capítulo 3 (Secciones 3.3.1.2 y 3.4.1.2).

Elección de los datos de gestión para suelos orgánicos

Los datos de gestión para suelos orgánicos son los que figuran en las *Directrices del IPCC* descritos y modificados anteriormente para los suelos minerales.

4.2.9.3.3 EMISIONES DE CO_2 ORIGINADAS POR EL ENCALADO

En lo que respecta a las emisiones de carbono originadas por el encalado, para la tierra sometida a gestión de pastizales se pueden utilizar los mismos métodos que para las tierras en régimen de gestión de tierras agrícolas (véase la Sección 4.2.8.3.3 Emisiones de CO_2 originadas por el encalado).

4.2.9.3.4 GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Las metodologías para las emisiones de N_2O y CH_4 procedentes de los suelos se explican en el capítulo Agricultura de *OBP2000*, en el que se dan metodologías para las fuentes de las emisiones de los suelos agrícolas relacionadas con la gestión de pastizales (véase asimismo el Capítulo 3, Sección 3.4.1.3). Las prácticas de gestión adoptadas para aumentar el carbono en el suelo pueden influir asimismo en la emisión de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. Frecuentemente, estos efectos estan abarcados por los métodos descritos para la agricultura. Por ejemplo, las emisiones de N_2O debidas a la adición de algún fertilizante para crear materia orgánica en el suelo estarán incluidas directamente. Puede haber otros efectos no abarcados en los métodos por defecto; por ejemplo, si aumentan los depósitos de carbono podrían aumentar también los niveles de nitrógeno orgánico que, al mineralizarse, podría aparecer como substrato para la desnitrificación, aumentando así la producción de N_2O. Asimismo, con la cesación de la labranza en la conversión de tierras agrícolas en pastizales los suelos podrían ser, en alguna fase del desarrollo del pastizal, más anaeróbicos, intensificando potencialmente de ese modo la desnitrificación y la producción de N_2O (véase el ejemplo 1 del Recuadro 4.2.11). Estos efectos pueden calcularse en los métodos de nivel superior, pero aun así deberían notificarse en el sector Agricultura para evitar el doble cómputo o la omisión.

Las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en tierras deforestadas convertidas en pastizales (párrafo 3 del artículo 3) deben notificarse separadamente de las que están en régimen de gestión de pastizales (párrafo 4 del artículo 3). Para una orientación más detallada, véase la sección correspondiente que trata la gestión de tierras agrícolas (Sección 4.2.8.3.4).

4.2.10 Restablecimiento de la vegetación

4.2.10.1 CUESTIONES DE DEFINICIÓN Y REQUISITOS PARA LA NOTIFICACIÓN

El "restablecimiento de la vegetación" es una actividad con intervención humana directa para aumentar las reservas de carbono en determinados lugares mediante el establecimiento de vegetación que cubra una superficie mínima de 0,05 ha y no corresponda a las definiciones de forestación y reforestación. Las tierras deben clasificarse en restablecimiento de la vegetación si responden a la definición que se da de este término y ha tenido lugar después del 1º de enero de 1990 (para más orientación véase el árbol de decisiones de la Figura 4.2.5. Los métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado originadas por el restablecimiento de la vegetación difieren en cierto modo de los aplicados a la gestión de tierras agrícolas o de pastizales, y tienen semejanzas con los relativos a actividades de forestación y reforestación; aun cuando el restablecimiento de la vegetación es distinto de la forestación/deforestación, también afecta por lo general significativamente al depósito de carbono sobre el suelo.

El restablecimiento de la vegetación implica que se establece vegetación para sustituir la cubierta anterior del suelo (a veces mínima) resultante de una alteración de la tierra. Por ejemplo, actividades como la recuperación/restablecimiento de ecosistemas herbáceos en suelos en que el carbono se ha agotado, las plantaciones medioambientales, la plantación de árboles, arbustos, hierba u otra vegetación no leñosa en diversos tipos de tierras, incluidas las zonas urbanas, podrían considerarse todas ellas restablecimiento de la vegetación. Además, una plantación de árboles puede no cumplir las condiciones para ser considerada forestación/ reforestación por no tener una cubierta de copas mínima del árbol y/o altura mínima del árbol que se ha elegido en la definición de bosque (y no se espera que satisfaga esa condición durante el período de compromiso) o bien porque la aplicación sistemática de los criterios de configuración espacial lo excluye (véase la Sección 4.2.2.5). En tal caso, la plantación puede ser considerada restablecimiento de la vegetación. Obsérvese que este término no supone necesariamente un cambio de uso de la tierra, al contrario que la forestación.

Las tierras dejadas en reserva como tierras cultivadas sometidas a restablecimiento de la vegetación deben incluirse en el régimen de tierras agrícolas si se han puesto en reserva sólo temporalmente (por lo general, por un período inferior a cinco años, pero cualquier tierra dejada en reserva que probablemente volverá a ser tierra agrícola según las condiciones nacionales relativas a tierras en reserva debe ser considerada tierra agrícola).

Es una *buena práctica* que las Partes que eligen el restablecimiento de la vegetación presenten documentación en la que se describa cómo las tierras incluidas cumplen los criterios de definición de restablecimiento de la vegetación, y cómo pueden distinguirse de otras tierras en las categorías de uso de la tierra.

4.2.10.2 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA IDENTIFICAR LAS TIERRAS

Las Secciones 4.1.1, 4.1.2, 4.2.1 y 4.2.2 contienen orientaciones generales sobre la identificación de las tierras sometidas a restablecimiento de la vegetación. Por lo general, todas las tierras sometidas a este régimen desde el 1º de enero de 1990 deben ser objeto de seguimiento en conformidad con los criterios nacionales que establecen una jerarquía de las actividades correspondientes al párrafo 4 del artículo 3 (si son aplicables), según se explica en la Sección 4.1. En virtud de los Acuerdos de Marrakesh, es necesario notificar anualmente las ubicaciones geográficas de los límites de las superficies que circundan tierras sometidas a restablecimiento de la vegetación, a la vez que la superficie total de las tierras objeto de esta actividad.

La ubicación geográfica de los límites puede incluir una especificación espacialmente explícita de cada tierra sometida a restablecimiento de la vegetación, pero no tiene por qué ser así. En lugar de ello, se puede indicar la superficie mayor dentro de la cual están contenidas las tierras sometidas a restablecimiento de la vegetación. En todo caso, las tierras sometidas a restablecimiento de la vegetación y su gestión deben ser objeto de seguimiento continuo en el tiempo. La continuidad del seguimiento y la notificación de la gestión de la tierra podrían hacerse ya sea vigilando constantemente cada tierra sometida a restablecimiento de la vegetación desde 1990 hasta el final del período del compromiso (p. ej., véanse las Secciones 4.2.8.1 y 4.2.8.2), o bien elaborando técnicas de muestreo estadístico compatibles con las disposiciones de la Sección 5.3 que permiten determinar la transición de diferentes tipos de gestión de la tierra en régimen de restablecimiento de la vegetación (véase Sección 4.2.4.1 Elaboración de una serie temporal coherente).

En el Recuadro 4.2.14 se indican los vínculos con los métodos pertinentes de esta publicación y de las *Directrices del IPCC.*

RECUADRO 4.2.14

VÍNCULOS CON EL CAPÍTULO 2 O 3

Sección 2.3.2 (tres procedimientos): en las modalidades del Capítulo 2 no hay información alguna respecto de las superficies en restablecimiento de la vegetación.

Se requieren criterios específicos de los países sobre lo que constituye restablecimiento de la vegetación. Deben abarcar todas las transiciones *entre 1990 (o 1970, cuando es necesario para estimar el año de base)* y 2008, y en transiciones posteriores de años de inventario sobre una base anual.[61]

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

El restablecimiento de la vegetación no se trata en las *Directrices del IPCC.*

[61] Si se realiza más de una conversión de tierras en la misma unidad de tierra en el período de transición, tal vez haya que acortar este período para reflejar esas transiciones.

Orientación sobre los métodos para identificar/vigilar las áreas de tierra para restablecimiento de la vegetación

Los métodos de seguimiento de las tierras en régimen de restablecimiento de la vegetación son los utilizados para las tierras en régimen de forestación/reforestación y deforestación (véanse las Secciones 4.2.5 y 4.2.6).

4.2.10.3 ELECCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS VARIACIONES DEL CARBONO ALMACENADO Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

En lo que respecta a los suelos minerales, los suelos orgánicos y las tierras encaladas en restablecimiento de la vegetación, se pueden utilizar los mismos métodos y estructuras de nivel metodológico que los descritos respecto de la gestión de tierras agrícolas y de pastizales. Los métodos relativos a la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, los detritus y la madera muerta en la tierra en restablecimiento de la vegetación se describen en el Capítulo 3, basado en las *Directrices del IPCC* (véanse asimismo el Recuadro 4.2.15, el Cuadro 4.2.8 y la Figura 3.1.1). Los métodos para los suelos urbanos se describen en el Anexo 3.B, Capítulo 3.

RECUADRO 4.2.15

VÍNCULOS CON LOS CAPÍTULOS 2 O 3

Sección 3.4.2.1 Variación de las reservas de carbono en la biomasa.

Sección 3.4.2.2 Variación de las reservas de carbono en el suelo.

VÍNCULOS CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*

4 Gases de efecto invernadero distintos del CO_2

5 A Variaciones de las reservas de biomasa en los bosques y en otra biomasa boscosa (praderas/tundra)

5 C Abandono de las tierras gestionadas (praderas/tundra).

5 D Emisiones y absorciones de CO_2 en los suelos.

5 E Otras (p. ej., árboles dispersos gestionados pero que no constituyen un bosque tales como agrosilvicultura, denominados también "árboles gestionados fuera de los bosques").

(No están incluidos los cinco depósitos, faltan la biomasa bajo el suelo y los detritus).

4.2.10.3.1 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE VARIACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO

No hay ningún valor genérico por defecto para las actividades de restablecimiento de la vegetación en las *Directrices del IPCC*. La Parte que elija el restablecimiento de la vegetación puede aplicar los métodos de Nivel 1 para estimar las variaciones del carbono en el suelo, ya que puede haber valores por defecto (véanse la Sección 4.2.8.3 (para la gestión de tierras agrícolas), la Sección 4.2.9.3 (para la gestión de praderas) y asimismo la secciones pertinentes del Capítulo 3: Secciones 3.3.1.2, 3.4.1.2, 3.4.2.2). Ahora bien, no hay valores por defecto para los otros depósitos, de modo que es una *buena práctica* para una Parte que ha elegido el restablecimiento de la vegetación facilitar los valores específicos del país respecto de la variación del carbono almacenado en cada depósito de carbono y, respecto de los depósitos no notificados, aportar datos verificables que demuestren que en estos depósitos no disminuye el contenido de carbono (véase la Sección 4.2.3.1 Depósitos que deben notificarse). Si se considera que el restablecimiento de la vegetación es una categoría esencial, es una *buena práctica* utilizar un método de Nivel 2 o 3.

En el Nivel 2, es una *buena práctica* presentar métodos y documentación verificables para demostrar la manera en que se ha estimado la variación del carbono almacenado para cada depósito elegido en régimen de restablecimiento de la vegetación. Si no se ha elegido ningún depósito de carbono, es una *buena práctica* presentar datos verificables que demuestren que éstos no disminuyen (véase la Sección 4.2.3.1 Depósitos que deben notificarse).

En lo que respecta a los modelos de carbono del ecosistema de Nivel 3, con el fin de estimar las emisiones y absorciones anuales de carbono se podrían utilizar modelos parametrizados para los tipos funcionales de plantas y suelos pertinentes incluidos en el área elegida para restablecimiento de la vegetación. Al igual que ocurre con

los modelos utilizados para la gestión de tierras agrícolas y de pastizales, esos modelos deben evaluarse sometiéndolos a prueba con experimentos, estar bien documentados y archivados.

4.2.10.3.2 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE GESTIÓN

Es una *buena práctica* presentar documentación detallada en la que se especifiquen las prácticas que forman parte del restablecimiento de la vegetación y los factores de emisión/absorción de carbono correspondientes a cada práctica para cada depósito elegido.

4.2.10.3.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Las metodologías para estimar las emisiones de N_2O y CH_4 figuran en los capítulos dedicados a agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*, que contienen metodologías relativas a las fuentes de emisiones de suelos agrícolas en tierras sometidas a restablecimiento de la vegetación (la lista de las fuentes es semejante a la descrita para la gestión de tierras agrícolas - véase la Sección 4.2.8.3).

Estas emisiones no deben notificarse en restablecimiento de la vegetación, sino como emisiones del sector Agricultura procedentes de las fuentes que se enumeran en el Anexo A del Protocolo de Kyoto, y deben distinguirse con claridad de las emisiones originadas por el restablecimiento de la vegetación notificadas a tenor del párrafo 4 del artículo 3 del Protocolo.

Es una *buena práctica* notificar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 procedentes de fuentes que se encuentran en tierras sometidas a restablecimiento de la vegetación que podrían resultar afectadas por prácticas de uso de la tierra según el inventario de fuentes que figura en el Anexo A del Protocolo de Kyoto. Estas fuentes pertenecen al inventario para el sector Agricultura (la lista de fuentes es semejante a la descrita para la gestión de tierras agrícolas - véase la Sección 4.2.8.3.4). Las metodologías de Nivel 3 pueden explicar la relación detallada entre el almacenamiento de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 si se dispone de datos para hacerlo. En el Recuadro 4.2.11 se dan algunos ejemplos de las actividades al respecto. Estas emisiones deben seguir notificándose en el sector Agricultura. En el Capítulo 3 (Secciones 3.3.2.2, 3.4.1.3, 3.4.2.3) se da más información sobre los procedimientos para estimar las emisiones de gases efecto invernadero distintos del CO_2.

Las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en tierras deforestadas sometidas a restablecimiento de la vegetación (párrafo 3 del artículo 3) deben notificarse separadamente de las que se encuentran en restablecimiento de la vegetación (párrafo 4 del artículo 3). Para más orientación, véase la sección correspondiente en gestión de tierras agrícolas (Sección 4.2.8.3.4).

4.3 PROYECTOS DE UTCUTS

4.3.1 Introducción

En esta sección se proporciona *orientación sobre las buenas prácticas* para definir el ámbito de los proyectos; medir, vigilar y estimar los cambios registrados en el carbono almacenado y en los gases de efecto invernadero distintos del CO_2; ejecutar planes de medición y vigilancia, y elaborar planes de garantía de la calidad y control de la calidad. Se trata de utilizar este material en los proyectos comprendidos en los artículos 6 (Aplicación conjunta)[62] y 12 (Mecanismo para un desarrollo limpio) del Protocolo de Kyoto. No se contemplan aquellos aspectos que, en el momento de redactarse esta sección, estaban siendo examinados en el contexto del artículo 12 del Protocolo de Kyoto por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC).[63]

La orientación proporcionada se refiere a aquellos elementos para los que existen métodos estándar que se pueden aplicar a las actividades de los proyectos comprendidos en los artículos 6 y 12. Se incluyen además orientaciones y/o recomendaciones sobre la forma de definir el ámbito de los proyectos y sobre los aspectos que deben considerarse parte de la base de referencia de un proyecto cuyas actividades estén comprendidas en el artículo 6. Sin embargo, existen en las actividades de los proyectos comprendidos en el artículo 12 otros elementos, como las definiciones de "ámbito del proyecto" y "base de referencia", que dependen de las decisiones que se adopten en el noveno período de sesiones de la Conferencia de las Partes (CP) y que no se incluyen en esta *orientación sobre las buenas prácticas*. La aplicación de esta *orientación* a los proyectos comprendidos en los artículos 6 y 12 depende en general de las obligaciones que se establezcan en las respectivas decisiones de la CP, en particular las relativas al artículo 6 y las que, al momento de redactarse esta sección, se estaban negociando con respecto a los proyectos de UTCUTS comprendidos en el Artículo 12.

En la Sección 4.1.1 figura un panorama general del procedimiento que deben seguir las Partes incluidas en el anexo I para cumplir su obligación de comunicar los cambios registrados en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que guarden relación con los proyectos comprendidos en el artículo 6 del Protocolo de Kyoto. Las emisiones y/o absorciones resultantes de los proyectos comprendidos en el artículo 6 también forman parte del inventario anual de todo país de acogida incluido en el anexo I; en la Sección 4.1.3 se describe la relación que existe entre las actividades de estimación y presentación de informes previstas en el párrafo 3 del artículo 3 y las actividades adicionales a que se refiere el párrafo 4 del artículo 3, por una parte, y las actividades de los proyectos comprendidos en el artículo 6, por otra.

En la elaboración de informes sobre las actividades de los proyectos comprendidos en el artículo 12 (incluidos los informes de validación, vigilancia y verificación) intervienen los participantes en el proyecto, la entidad operacional designada contratada, las Partes interesadas y la Junta Ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio (MDL). Una vez que los informes se transmiten a la Junta Ejecutiva del MDL, se les da difusión pública. En el momento de redactarse esta sección, las modalidades y procedimientos de presentación de informes a que se refiere el artículo 12 también los estaba considerando el OSACT. Por lo tanto, esta *orientación sobre las buenas prácticas* no contempla las obligaciones de presentación de informes sobre las actividades de los proyectos comprendidos en el artículo 12.

La estimación y vigilancia, a nivel de los proyectos, de las variaciones antropógenas en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 entrañan varias dificultades y circunstancias especiales que quizás no se reflejan debidamente en la *orientación sobre las buenas prácticas* elaborada para los inventarios nacionales. Por lo tanto, se recomienda aplicar métodos de nivel superior basados en mediciones sobre el terreno, por sí solas o combinadas con modelos (por ejemplo, ecuaciones alométricas y modelos de simulación). En la Sección 4.3.3 y sus correspondientes subsecciones se detallan los múltiples métodos recomendados, presentándolos como una serie de pasos prácticos dentro de un plan de medición, vigilancia y estimación. Se describen las opciones de muestreo estándar y las técnicas de medición sobre el terreno, y las ventajas y desventajas de cada una de ellas. En la Sección 4.1.3 se aclara que algunas esferas con

[62] Véanse las directrices para la aplicación del artículo 6 del Protocolo de Kyoto en el Anexo del proyecto de decisión –/CMP.1 (Artículo 6), que figura en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, págs. 8 a 21.

[63] En la decisión 17/CP.7 se pidió al OSACT que elaborara definiciones y modalidades para incluir actividades de proyectos de forestación y reforestación en el ámbito del MDL en el primer período de compromiso, teniendo en cuenta las cuestiones de la no permanencia, la adicionalidad, las fugas, las incertidumbres y los efectos socioeconómicos y ambientales, incluidas las repercusiones en la diversidad biológica y los ecosistemas naturales. En el noveno período de sesiones de la CP se adoptará una decisión sobre estas definiciones y modalidades.

actividades contempladas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 también pueden considerarse proyectos comprendidos en el artículo 6. En esos casos es una *buena práctica* utilizar para la estimación de las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero el mismo nivel o uno superior al utilizado para las mismas tierras en el inventario de la CMCC, como se indica en el Capítulo 3 (véase la Sección 4.2.3.4, Elección del método).

4.3.1.1 DEFINICIÓN DE LOS PROYECTOS Y SU RELACIÓN CON LOS ARTÍCULOS 6 Y 12

Un proyecto de UTCUTS puede definirse como una serie planificada de actividades permitidas que se llevan a cabo en un lugar geográfico determinado con el fin de producir un incremento de la absorción neta de gases de efecto invernadero adicional al que se produciría de no realizarse el proyecto propuesto. Un proyecto de UTCUTS puede ser ejecutado por entidades públicas o privadas o una combinación de ambas, incluidos inversionistas privados, empresas privadas, gobiernos locales y nacionales, otras instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales (ONG).

Para el primer período de compromiso, las actividades permitidas con arreglo al artículo 6 pueden ser la forestación y la reforestación, la gestión de bosques, la gestión de pastizales, la gestión de tierras agrícolas y el restablecimiento de la vegetación. De conformidad con el artículo 12, las actividades permitidas para el primer período de compromiso se limitan a la forestación y la reforestación. Según ambos artículos, los proyectos pueden comprender múltiples actividades. Por ejemplo, de acuerdo con el artículo 6 un proyecto puede consistir en una combinación de cambios tanto en la gestión de pastizales como en la gestión de las tierras forestales; según el artículo 12, puede consistir en la forestación con especies leñosas y especies de árboles de fines múltiples.

4.3.2 Ámbito del proyecto

En los Acuerdos de Marrakesh se establece que el ámbito de un proyecto comprendido en el artículo 6 "abarcará todas las emisiones antropógenas por las fuentes y/o la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que estén bajo el control de los participantes en el proyecto y que sean considerables y razonablemente atribuibles al proyecto del artículo 6[64]". En el momento de redactar esta sección, la definición del ámbito del proyecto para actividades de UTCUTS contempladas en el artículo 12 lo seguía considerando el OSACT. Por lo tanto, es una *buena práctica* identificar todas las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que resulten de actividades y prácticas vinculadas a proyectos de UTCUTS. En términos generales, el ámbito del proyecto puede definirse en función de su zona geográfica, sus límites temporales (la duración del proyecto) y las actividades y prácticas del proyecto que causen un volumen considerable de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que les sean razonablemente atribuibles.

4.3.2.1 ZONA GEOGRÁFICA

Los proyectos pueden variar en magnitud y limitarse a una o varias zonas geográficas. De acuerdo con las normas que se convengan para los proyectos, la zona puede ser una fracción de campo contigua que pertenezca a un solo propietario, o muchas parcelas pequeñas diseminadas en una superficie mayor, que pueden pertenecer a muchos pequeños propietarios reunidos en alguna forma de cooperativa o asociación. Es una *buena práctica* especificar y definir claramente los límites espaciales de las tierras que abarca el proyecto para facilitar la medición exacta, la vigilancia, la contabilidad y la verificación del proyecto. Es necesario que todos los interesados, incluidos los que ejecutan el proyecto y las Partes, puedan identificar esos límites. Al describir los límites espaciales del proyecto, es una *buena práctica* incluir la información siguiente:

- Nombre de la zona del proyecto (p. ej., número de fracción, número de padrón, nombre de la localidad, etc.)
- Mapa(s) de la zona (impreso y/o en formato digital si existe)
- Coordenadas geográficas
- Superficie total

[64] Véase el inciso c) del párrafo 4 del Apéndice B del proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 6), que figura en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, pág.20.

- Detalles sobre los derechos de propiedad
- Antecedentes en cuanto al uso y la gestión de la tierra en los lugares seleccionados.

Se espera que los límites permanezcan inalterados durante todo el proyecto. En caso de que, con arreglo a las normas convenidas para los proyectos, fuera inevitable modificar los límites espaciales, dichos cambios deberían comunicarse, y la superficie de tierra incorporada y/o excluida debería medirse con los métodos descritos *supra* (lo que implicaría ajustar las emisiones o absorciones netas de gases de efecto invernadero atribuibles al proyecto).

Existen muchos métodos e instrumentos diferentes que pueden emplearse para identificar y definir los límites espaciales de los proyectos, incluidos, entre otros, los siguientes:

- Señalización permanente de los límites (por ejemplo, cercas, setos, muros, etc.);
- Datos de teledetección, como imágenes satelitales obtenidas mediante sistemas de detección ópticos y/o por radar, fotografías aéreas, vídeos aéreos, etc.;
- Levantamientos catastrales (estudios de terrenos para trazar sus límites);
- Sistemas mundiales de determinación de la posición;
- Registros de tierras;
- Mapas topográficos nacionales certificados, con descripciones topográficas claramente definidas (por ejemplo, ríos o arroyos, cadenas montañosas), y
- Otros sistemas reconocidos a nivel nacional.

Las Partes pueden optar por usar cualquiera de estos métodos e instrumentos, solos o combinados, siempre y cuando se respete la exactitud.

4.3.2.2 LÍMITES TEMPORALES

Los límites temporales (es decir, los límites de tiempo), que se definen por las fechas de comienzo y finalización del proyecto, deben establecerse de modo tal que abarquen todas las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que sean razonablemente atribuibles a las prácticas del proyecto. Las distintas clases de proyectos tienen diferentes tendencias y tasas de acumulación de carbono, como se describe en detalle en el Informe Especial del IPCC sobre UTCUTS (Brown *et al*., 2000b). La duración de los proyectos y su relación con la permanencia, en el caso de los proyectos de forestación y reforestación, no se examina en esta sección porque es un tema que está considerando el OSACT (véase la Sección 4.3.1).

4.3.2.3 ACTIVIDADES Y PRÁCTICAS

En los diversos proyectos de UTCUTS se observan distintos cambios inducidos directamente por las actividades humanas en el carbono almacenado y en los gases de efecto invernadero distintos del CO_2. En el Recuadro 4.3.1 (aplicable a los artículos 6 y 12, con sujeción a las negociaciones) y en los Recuadros 4.3.2 a 4.3.4 (aplicables al artículo 6) se dan ejemplos de distintos tipos de proyectos y de las variaciones probables en el carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. A continuación se describen los pasos para determinar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero causadas por el proyecto:

- Enumerar y describir las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de las prácticas primarias del proyecto, como la plantación de árboles, la labranza de tierras agrícolas, la cosecha forestal modificada, etc.
- Enumerar y describir las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de prácticas subsidiarias del proyecto relacionadas con su funcionamiento y gestión –como la preparación de la tierra, la gestión de viveros, la siembra, el aclareo y la tala–, y describir esas prácticas.
- Evaluar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relacionadas con el proyecto (CO_2, CH_4 y N_2O) y presentar un informe al respecto.

RECUADRO 4.3.1
PROYECTOS DE FORESTACIÓN O REFORESTACIÓN

La plantación de árboles en lugares no forestados en general produce un aumento del carbono almacenado. Estos proyectos de plantación de árboles podrían incluir la plantación de especies leñosas comerciales, o de especies autóctonas no comerciales, o de especies de fines múltiples (como árboles frutales, árboles de sombra para cafetales), o de una combinación de ellas. La plantación de árboles también puede modificar las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular de CO_2, CH_4 y N_2O.

A continuación se enumeran otros factores, además de las variaciones en el carbono almacenado en los depósitos definidos en los Acuerdos de Marrakesh y en las decisiones de la CP, que pueden ser pertinentes a los efectos de la medición y la vigilancia:

- Cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la quema de combustibles fósiles o biomasa como resultado de la preparación del lugar y de las actividades de vigilancia, cosecha forestal y transporte de madera.
- Cambios en las emisiones de óxido nitroso causadas por prácticas de fertilización con nitrógeno.
- Cambios en las emisiones de óxido nitroso causadas por la plantación de árboles leguminosos.
- Cambios en la oxidación del metano resultante de la alteración del nivel de las aguas subterráneas (particularmente en suelos con alto contenido orgánico), plantación de árboles y gestión del suelo.

RECUADRO 4.3.2
PROYECTOS DE GESTIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS:
SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE LABRANZA CONVENCIONAL POR EL DE LABRANZA CERO EN LA AGRICULTURA

Cuando se pasa del sistema convencional de labranza a un régimen de poca o ninguna labranza, pueden producirse modificaciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como en los regímenes hídricos, la dinámica de los nutrientes, el uso de combustibles fósiles y otros factores relacionados con el equilibrio de los gases de efecto invernadero del sistema. A continuación se enumeran algunos factores que pueden tenerse en cuenta a los efectos de la medición y la vigilancia, además de las variaciones en los depósitos de carbono orgánico del suelo:

- Cambios en las emisiones de óxido nitroso y metano procedentes del suelo.
- Cambios en las emisiones de dióxido de carbono causadas por el transporte de otros productos agroquímicos además de los previstos en la base de referencia.
- Cambios en las emisiones de dióxido de carbono causadas por la quema de combustibles fósiles por la maquinaria agrícola.

RECUADRO 4.3.3
PROYECTOS DE GESTIÓN FORESTAL: TALA DE IMPACTO REDUCIDO

Algunas prácticas de tala de árboles en los bosques pueden causar daños a la vegetación y a los suelos que afecten gravemente a su regeneración. La tala de impacto reducido es una técnica que, cuando se adopta como parte de una gestión forestal sostenible, se orienta a minimizar esos impactos negativos, reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono y mejorando la capacidad de absorción de carbono en el proceso de regeneración. A continuación se enumeran algunos factores que pueden tenerse en cuenta a los efectos de la medición y la vigilancia, además de las variaciones en el carbono almacenado en los depósitos respectivos, en particular los depósitos de carbono orgánico en la madera muerta y el suelo:

- Cambios en las emisiones de dióxido de carbono resultantes de la quema de combustibles fósiles debido a las mejoras logísticas introducidas en la cosecha y la tala.
- Cambios en las emisiones de óxido nitroso y metano procedentes del suelo.

RECUADRO 4.3.4
PROYECTOS DE MEJORAMIENTO FORESTAL:
PLANTACIÓN DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUES DEGRADADOS O DE CRECIMIENTO SECUNDARIO

Algunas prácticas de cosecha forestal, como la tala selectiva, pueden ser la causa de un escaso crecimiento forestal residual. Las plantaciones de enriquecimiento con especies de gran crecimiento y valor comercial o de especies de fines múltiples suelen incrementar la cantidad de carbono almacenado. A continuación se enumeran algunos factores que pueden tenerse en cuenta a los efectos de la medición y la vigilancia, además de las variaciones en el carbono almacenado en los depósitos pertinentes:

- Cambios en las emisiones de óxido nitroso procedentes de los suelos debido al aporte de nitrógeno (fertilizantes o uso de árboles leguminosos).
- Cambios en las emisiones de dióxido de carbono resultantes de la quema de combustibles fósiles para la preparación del lugar, la tala y el transporte de madera, además de las previstas en la base de referencia.
- Cambios en la oxidación del metano producida como consecuencia de cambios en la gestión de la vegetación y el suelo.

4.3.3 Medición, vigilancia y estimación de las variaciones del carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2[65]

Un aspecto fundamental de la ejecución de proyectos de UTCUTS para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es la estimación exacta y precisa de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que sean directamente atribuibles a las actividades del proyecto. Los métodos y técnicas de medición, vigilancia y estimación de los depósitos terrestres de carbono que se basan en los principios generalmente aceptados de inventario forestal, muestreo de suelos y estudios ecológicos son ampliamente aceptados y se aplican a los proyectos de UTCUTS (Paivinen *et al.*, 1994; Pinard y Putz, 1997; MacDicken, 1997; Post *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 2000a, 2000b; Schlegel *et al.*, 2001; Brown, 2002; Segura y Kanninen, 2002). Estos métodos y técnicas se analizarán en mayor detalle más adelante en esta sección.

Los métodos de medición y estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 han tenido un desarrollo menor. Sin embargo, los proyectos podrían incluir prácticas que repercutan en los gases de efecto invernadero distintos del CO_2, entre ellas la aplicación de fertilizantes para estimular el crecimiento forestal (posibles emisiones de N_2O), la recuperación de humedales (posible aumento de las emisiones de CH_4), el uso de plantas fijadoras de nitrógeno (posible aumento de emisiones de N_2O) y la quema de biomasa durante la preparación del lugar (posibles cambios en las emisiones de N_2O y CH_4). En la Sección 4.3.3.6 se ofrece más orientación sobre la medición, la vigilancia y la estimación de los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 para proyectos de UTCUTS.

Si bien los métodos que aquí se describen son apropiados para la mayoría de las situaciones que se dan en el presente, los científicos están constantemente ideando nuevos métodos, a menudo más rentables, por lo que se recomienda mantenerse al tanto de los progresos realizados en este ámbito. Por ejemplo, la tecnología de teledetección es una esfera de rápida evolución, en la que se están probando e incorporando nuevos sensores (p. ej., sensores de mayor resolución, sistemas de radar) que podrían ser útiles para planificar, estratificar, medir y vigilar los proyectos de manera más rentable. Se podrían además sufragar esos costos combinando la medición y la vigilancia del carbono con inventarios de recursos con fines múltiples (Lund, 1998).

Los sistemas de contabilidad selectiva o parcial de los depósitos pueden ser apropiados para los proyectos en la medida en que se incluyan todos los depósitos cuyas emisiones puedan aumentar como resultado del proyecto (pérdida de carbono o emisión de gases de efecto invernadero distintos del CO_2) (Brown *et al.*, 2000b). Sin embargo, en lo que respecta al artículo 12, la decisión relativa a la aplicación de la contabilidad selectiva de los

[65] De acuerdo con el párrafo 53 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 12), los participantes en actividades de proyectos comprendidos en el artículo 12 deberán incluir un plan de vigilancia que prevea la recopilación y el archivo de todos los datos necesarios para estimar o medir las emisiones antropógenas por las fuentes, o la absorción por los sumideros, de gases de efecto invernadero que se produzcan dentro del ámbito del proyecto, véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, pág. 41.

depósitos sigue siendo objeto de debate en el OSACT. Entre los posibles criterios que influyen en la selección de depósitos de acumulación de carbono para su medición y vigilancia se incluyen los siguientes: la magnitud del depósito y su tasa de variación, la disponibilidad de métodos apropiados, el costo de la medición y la exactitud y precisión que es posible lograr (véase la Sección 4.3.3.3).

Existe una relación entre el grado de precisión que se desea lograr en la estimación del carbono almacenado y el costo respectivo, que depende de la variabilidad espacial de los cambios producidos en el carbono almacenado dentro del ámbito del proyecto. Cuanto mayor sea la variabilidad espacial del carbono almacenado en un proyecto, mayor será el número de parcelas que deberán tomarse como muestras para lograr una determinada precisión con el mismo nivel de confianza. Esto puede, en principio, repercutir en el costo de la ejecución del plan de medición y vigilancia. La estratificación de las tierras comprendidas en el proyecto en un número razonable de unidades relativamente homogéneas puede reducir la cantidad de muestras necesarias para la medición, vigilancia y estimación. En general, los costos aumentan con el número de depósitos que es preciso vigilar, la frecuencia de la vigilancia, el grado de precisión que se pretende obtener y la complejidad de los métodos de vigilancia. La frecuencia de vigilancia necesaria para detectar un cambio se relaciona con la velocidad y la magnitud de los cambios: cuanto menor sea el cambio esperado, mayor será la posibilidad de que una vigilancia frecuente no detecte variaciones significativas. Esto significa que la frecuencia de la vigilancia deberá estar determinada por la magnitud del cambio esperado: si se prevé un cambio de gran magnitud, la vigilancia deberá ser más frecuente.

También es necesario vigilar el resultado general de la zona del proyecto para demostrar que éste ha cumplido su propósito original (p. ej., que se ha logrado plantar toda la superficie prevista). No bastará con medir el carbono solamente en las parcelas tomadas como muestra, sino que deberán adoptarse medidas adicionales para vigilar el resultado general en la zona del proyecto.

A continuación se sugieren algunos pasos prácticos para diseñar y ejecutar un plan de medición y vigilancia del carbono, con métodos múltiples para distintos depósitos de carbono. Todos los métodos que se mencionan constituyen una combinación de datos por defecto, mediciones sobre el terreno y modelos. En otras palabras, reflejan criterios de niveles múltiples.

Los pasos prácticos que se recomiendan para diseñar y ejecutar un plan de medición, vigilancia y estimación de las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 son[66]:

- Elaborar la base de referencia.
- Estratificar la zona del proyecto.
- Identificar los depósitos de carbono pertinentes y los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 (actualmente esto se aplica únicamente al artículo 6; los depósitos que se incluirán en el artículo 12 están siendo analizados por el OSACT).
- Diseñar el marco del muestreo.
- Identificar los métodos (sobre el terreno y modelos) para la vigilancia de los depósitos de carbono y de los gases de efecto invernadero distintos del CO_2.
- Elaborar el plan de vigilancia, incluido el plan de garantía y control de la calidad.

A continuación se describe en detalle cada uno de estos pasos.

4.3.3.1 BASE DE REFERENCIA

La base de referencia de un proyecto del artículo 6 es el escenario que razonablemente representa las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero que se producirían en ausencia del proyecto propuesto. Esto supone la necesidad de evaluar las emisiones y absorciones potenciales de gases de efecto invernadero en forma congruente con las emisiones y absorciones relacionadas con el proyecto. En lo que respecta al artículo 12, el OSACT está examinando actualmente las cuestiones relativas a la definición, los depósitos, los gases y las actividades que habrán de incluirse en la base de referencia, la forma en que se establecerá dicha base y distintas metodologías aplicables a la base de referencia.

[66] En el caso del artículo 12, se reconoce que las fugas son un elemento adicional del plan de vigilancia; sin embargo, no se analizan en este documento debido a la labor que actualmente realiza al respecto el OSACT. En cuanto al artículo 6, las fugas fuera del ámbito del proyecto no suscitan tanta preocupación porque deben contabilizarse en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Brown *et al.*, 2000b).

Las variaciones en el carbono almacenado en los depósitos pertinentes y la variación de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 asociadas al proyecto deben medirse y vigilarse, y luego compararse con los cambios previstos en la base de referencia del proyecto. Hay dos aspectos que deben tenerse en cuenta:

- Es necesario estimar los depósitos de carbono pertinentes y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 antes de que comiencen las actividades del proyecto. Esta estimación debe basarse preferentemente en mediciones efectuadas en el mismo lugar en que se llevará a cabo el proyecto. Se pueden utilizar otros métodos para estimar el carbono almacenado y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2, como por ejemplo hacer mediciones en lugares donde se considere que se reproducen condiciones lo más similares posible a las condiciones iniciales del lugar del proyecto (es decir, lugares con un tipo de suelo, cubierta vegetal y antecedentes de uso de la tierra similares). Otra posibilidad consiste en usar modelos de simulación que hayan sido calibrados para las condiciones locales.
- Debe elaborarse una proyección[67] del carbono almacenado en los depósitos pertinentes y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en la zona del proyecto para estimar cuál sería su trayectoria si no se realizara la actividad del proyecto. La proyección del carbono almacenado y de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 puede obtenerse con uno de los métodos siguientes, o ambos:
  - Modelos de simulación revisados por otros expertos (como el CO2fix —Masera *et al.*, 2003, o el CENTURY—Parton *et al.*, 1987, o un modelo elaborado a nivel local). Estos modelos proyectan los cambios que se producirán a lo largo del tiempo en el carbono almacenado de los componentes que se medirán en el proyecto para cada categoría de uso de la tierra y, en algunos casos, proyectan también las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. Se recomienda utilizar estos modelos al comienzo del proyecto, cuando aún no se han iniciado las actividades, para simular variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que se hayan seleccionado.
  - Zonas de control donde se miden y vigilan, a lo largo del tiempo, los depósitos de carbono y los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que se hayan seleccionado. Los datos provenientes de las zonas de control también pueden usarse en combinación con los modelos mencionados en el paso anterior para mejorar los resultados de la simulación.

4.3.3.2 ESTRATIFICACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO[68]

Al comienzo del proyecto es una *buena práctica* recopilar antecedentes y datos básicos sobre las características biofísicas y socioeconómicas más importantes de la zona. Esos antecedentes y datos incluyen, por ejemplo, información histórica sobre el uso de la tierra, mapas del suelo, vegetación y topografía, y datos sobre los derechos de propiedad de la tierra. Es una *buena práctica* contar con referencias geográficas de la superficie propuesta para el proyecto. Conviene aplicar un Sistema de Información Geográfica (SIG) para integrar los datos procedentes de distintas fuentes y poder utilizarlos luego para identificar y estratificar la zona del proyecto en unidades más o menos homogéneas.

También es una *buena práctica* estratificar la zona del proyecto (población de interés) en subpoblaciones o estratos que formen unidades relativamente homogéneas en caso de que el proyecto no lo sea. La estratificación puede hacerse antes de la ejecución del plan de medición y vigilancia (estratificación previa) o posteriormente (estratificación posterior) (véase también la Sección 5.3.3). En la estratificación posterior se definen los estratos empleando datos auxiliares después de realizadas las mediciones sobre el terreno.

Con la estratificación de la zona del proyecto pueden aumentar la exactitud y precisión de las tareas de medición y vigilancia de manera rentable. La magnitud y la distribución espacial de un proyecto no influyen en este paso: se considera que la población de interés es una extensa fracción de terreno contigua o muchas parcelas pequeñas y se las estratifica de la misma manera. En general, con la estratificación se reducen los costos de medición y vigilancia porque se prevé que disminuirá el trabajo de muestreo necesario para lograr determinado nivel de confianza causado por una varianza que será menor en cada estrato que en la zona total del proyecto. La

[67] A los efectos de la proyección puede ser necesario considerar factores socioeconómicos y de otro tipo que exceden el alcance de las orientaciones sobre el inventario establecidas en el Apéndice B del proyecto de decisión -/CMP.1 (artículo 6) (véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, pág.19) y (para proyectos diferentes de los de UTCUTS) en la sección G del proyecto de decisión -/CMP.1 (artículo 12) relativo al MDL (véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.2, págs.37 y 38). Se espera que en el décimo período de sesiones de la CP se llegue a un acuerdo sobre las disposiciones aplicables a las proyecciones de referencia de los proyectos de UTCUTS.

[68] Véase un análisis más detallado de la estratificación en la Sección 5.3.3.1 del Capítulo 5.

estratificación debe realizarse aplicando criterios directamente relacionados con las variables que se medirán y vigilarán, como las variaciones en el carbono almacenado en los árboles destinados a la forestación o en los suelos de las tierras agrícolas sometidas a gestión.

Para hacer una estratificación previa de un proyecto de forestación o reforestación, los estratos deben definirse en función de una o más variables, como las especies de árboles que se plantarán (si son varias), la categoría de edad (generada por la demora en los cronogramas prácticos de plantación), la vegetación inicial (por ejemplo, superficie totalmente desmontada por oposición a una superficie parcialmente desmontada o con árboles dispersos) y los factores propios del lugar (tipo de suelo, altura e inclinación, etc.). En algunos proyectos de forestación y reforestación todas estas características y algunas otras pueden parecer homogéneas. Sin embargo, es posible que, después de la primera actividad de vigilancia, las variaciones en el carbono almacenado sean sumamente variables y que en un análisis posterior se descubra que las mediciones pueden agruparse en categorías similares o, en otras palabras, que pueden ser objeto de una estratificación posterior.

Existe una relación entre el número de estratos y la intensidad del muestreo. El objetivo es lograr un equilibrio entre el número de estratos identificados y el número total de parcelas necesarias para hacer un muestreo adecuado de cada estrato. No existe un método rápido e infalible para ello, por lo que la decisión en cuanto al número de estratos que se incluirán quedará a criterio de los expertos a cargo del proyecto.

4.3.3.3 SELECCIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE CARBONO Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2[69]

Los principales depósitos de carbono en proyectos de UTCUTS son: la biomasa sobre el suelo, la biomasa bajo el suelo, los detritus, la madera muerta y el carbono orgánico del suelo, los que a su vez pueden subdividirse (cuadro 4.3.1; véanse también el Capítulo 3 y el Glosario). Los principales gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en los proyectos de UTCUTS son el N_2O y el CH_4. En el cuadro 4.3.1 figura una matriz de decisión para diferentes tipos de proyectos de UTCUTS que muestra los distintos depósitos de carbono que pueden utilizarse a los efectos de la medición y vigilancia.

La selección de los depósitos que habrán de medirse y vigilarse con arreglo a las normas convenidas[70] dependerá probablemente de varios factores, entre ellos la tasa de variación esperada, la magnitud y dirección de los cambios, la disponibilidad y la exactitud de los métodos para cuantificar el cambio y el costo de la medición. Podría establecerse como norma la necesidad de medir y vigilar todos los depósitos en los que se espera observar una reducción como resultado de las actividades del proyecto, o disponer que no será necesario medir ni vigilar los depósitos en los que se prevé un incremento. En términos prácticos, esta última disposición podría aplicarse si los costos de vigilancia fueran altos en relación con el aumento previsto del carbono almacenado, lo que podría suceder, por ejemplo, en el caso de un sotobosque de vegetación herbácea en un proyecto de forestación o reforestación.

[69] En el párrafo 21 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura) se establece: "Una Parte podrá optar por no contabilizar un reservorio determinado en un período de compromiso si presenta información transparente y verificable que pruebe que el reservorio no es una fuente". (véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62). El análisis que figura en esta sección se refiere al artículo 6 y también puede aplicarse al artículo 12, dependiendo de las decisiones que adopte el OSACT.

[70] En lo que respecta a los proyectos del artículo 6, véase el párrafo 21 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), véase el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62; se ha previsto que las normas aplicables a los proyectos del artículo 12 se adopten durante el noveno período de sesiones de la CP.

CUADRO 4.3.1
MATRIZ DE DECISIÓN SOBRE POSIBLES CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS DEPÓSITOS QUE HABRÁN DE MEDIRSE Y VIGILARSE EN LOS PROYECTOS DE UTCUTS (VÉASE DEBAJO DEL CUADRO LA EXPLICACIÓN DE LAS LETRAS Y LOS NÚMEROS)

Tipo de proyecto	Depósitos de carbono					
	Biomasa viva			Materia orgánica muerta		Carbono orgánico del suelo
	Sobre el suelo: árboles	Sobre el suelo: vegetación no arbórea	Bajo el suelo	Detritus	Madera muerta	
Forestación/reforestación	S1	Q2	S3	Q4	Q4	Q5
Gestión de bosques	S1	Q2	S3	Q4	S4	Q5
Gestión de tierras agrícolas	Q1	Q2	Q3	Q4	N	S5
Gestión de pastizales	Q1	S2	Q3	Q4	N	S5
Restablecimiento de la vegetación	Q1	S2	Q3	Q4	Q4	Q5

Las letras que figuran en el cuadro se refieren a la necesidad de medir y vigilar los depósitos de carbono:

S = Sí – es probable que la variación producida en el depósito sea importante, por lo que debería medirse.

N = No – es probable que la variación sea escasa o nula, y por ende no es necesario medir este depósito.

Q = Quizá – puede ser necesario medir la variación en este depósito, dependiendo del tipo de bosque y/o la intensidad de gestión del proyecto.

Los números que figuran en el cuadro se refieren a los distintos métodos de medición y vigilancia de los depósitos de carbono:

1= Utilizar el método para biomasa arbórea sobre el suelo descrito en la Sección 4.3.3.5.1.

2 = Utilizar el método para biomasa de vegetación no arbórea sobre el suelo descrito en la Sección 4.3.3.5.1.

3 = Utilizar el método para biomasa bajo el suelo descrito en la Sección 4.3.3.5.2.

4 = Utilizar el método para mantillo y madera muerta descrito en la Sección 4.3.3.5.3.

5 = Utilizar el método para suelos descrito en la Sección 4.3.3.5.4.

Fuente: adaptación de Brown *et al.*, 2000b.

Todas las actividades de los proyectos comprendidos en el artículo 6 pueden producir cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2; las fuentes de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 son la quema de biomasa, la combustión de combustibles fósiles y el suelo (véanse los Recuadros 4.3.1 a 4.3.4). Por ejemplo, incluso las modificaciones en la gestión de pastizales para aumentar el carbono presente en el suelo también pueden producir cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 debido a los efectos en la producción ganadera (Sampson y Scholes, 2000). De acuerdo con el artículo 12, las actividades de forestación o reforestación también pueden provocar cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 debido a prácticas como las mencionadas en el Recuadro 4.3.1 (véase también la Sección 4.3.3.6).

4.3.3.4 DISEÑO MUESTRAL

En la Sección 5.3 se examinan los aspectos generales del diseño muestral. En los proyectos de UTCUTS pueden utilizarse parcelas de muestreo en forma permanente o temporal para estimar los cambios registrados en los respectivos depósitos de carbono y en los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 a lo largo del tiempo. Ambos métodos tienen ventajas y desventajas. En general se considera que el uso de muestras permanentes es estadísticamente más eficiente que el uso de muestras temporales para estimar las variaciones en el carbono forestal almacenado debido a que normalmente existe una elevada covarianza entre las observaciones realizadas en los sucesivos muestreos (Avery y Burkhart, 1983). La desventaja de utilizar parcelas de muestreo permanentes es la posibilidad de que se conozca su ubicación y reciban por ende un tratamiento diferente (mediante fertilizantes, riego, etc., con el fin de aumentar el carbono almacenado), o que se destruyan o se pierdan como resultado de alteraciones producidas durante el proyecto. Las ventajas de las muestras temporales son que pueden establecerse de manera más rentable para estimar el carbono almacenado en cada depósito; la ubicación de la parcela cambia después de cada intervalo de muestreo, y las muestras no se pierden por causa de alteraciones. La principal desventaja de utilizar muestras temporales está relacionada con la precisión de la estimación de la variación en el carbono forestal almacenado. Como no se realiza un seguimiento individual de los árboles (véase un análisis más detallado en Clark *et al.*, 2000), la covarianza no existe y será más difícil

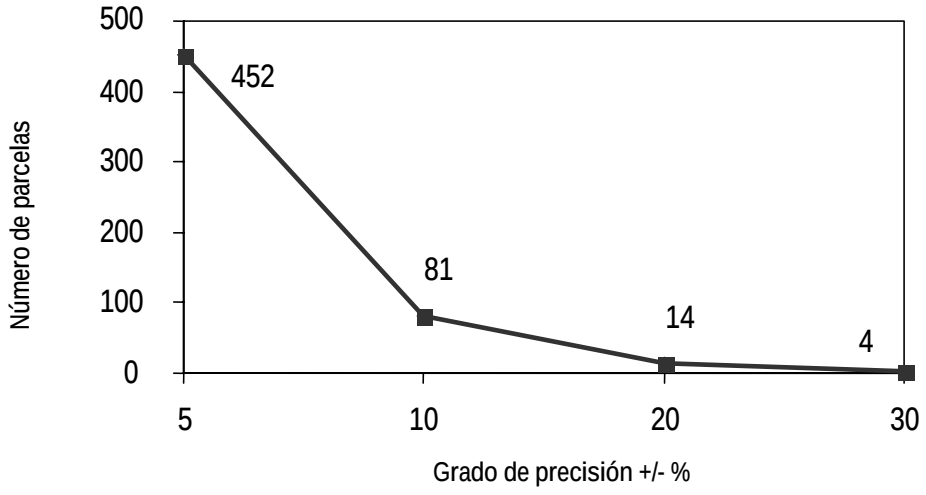
alcanzar el grado de precisión deseado sin medir más parcelas. Por lo tanto, cualquier ventaja en términos de costos que se haya logrado mediante el uso de muestras temporales en lugar de permanentes se perderá debido a la necesidad de recurrir a más parcelas de muestreo para conseguir la precisión deseada. En los proyectos no forestales, en los que se miden y vigilan solamente las variciones en el carbono almacenado en el suelo o la vegetación herbácea, se pueden utilizar muestras temporales porque la ventaja estadística de las muestras permanentes (la elevada covarianza) desaparece (véase a continuación la Sección 4.3.3.4.1).

4.3.3.4.1 CANTIDAD Y TIPO DE PARCELAS DE MUESTREO

Es una *buena práctica* definir el tamaño de la muestra para la medición y vigilancia de cada estrato sobre la base de la varianza estimada del carbono almacenado en cada estrato y la relación entre la superficie del estrato y la superficie total del proyecto. Normalmente, para estimar la cantidad de parcelas necesarias para la medición y la vigilancia con determinado nivel de confianza se debe obtener en primer lugar una estimación de la varianza de la variable (p. ej., el carbono almacenado en los principales depósitos - los árboles en un proyecto de forestación o reforestación, o el suelo en un proyecto de gestión de tierras agrícolas) en cada estrato. Esto puede hacerse a partir de los datos ya existentes sobre el tipo de proyecto que se desea ejecutar (por ejemplo, un inventario de recursos forestales o de suelos en una zona representativa del proyecto propuesto), o realizando mediciones en una zona representativa de ese proyecto. Por ejemplo, si el proyecto consiste en forestar o reforestar tierras agrícolas y tendrá una duración de 20 años, probablemente bastará con medir el carbono almacenado en los árboles de unas 10 a 15 parcelas (véanse las dimensiones de las parcelas en la Sección 4.3.3.4.2) de un bosque que tenga 20 años de antigüedad. Si la zona del proyecto abarca más de un estrato, deberá repetirse el procedimiento en cada uno de ellos. Estas mediciones permitirán obtener estimaciones de la varianza en cada estrato.

El tamaño de la muestra necesaria (la cantidad de parcelas incluidas en la muestra) puede calcularse una vez que se conozca la varianza estimada en cada estrato, la superficie de cada estrato, el grado de precisión deseado (exclusivamente sobre la base del error de muestreo) y el error de estimación (véase la Sección 5.3.6.2; Freese, 1962; MacDicken, 1997; Schlegel *et al*., 2001; Segura y Kanninen, 2002). Estas fuentes ofrecen métodos y ecuaciones para calcular la cantidad de parcelas dentro de cada estrato, tomando en cuenta la varianza y la superficie de cada estrato y el grado de precisión deseado con determinado nivel de confianza. La Figura 4.3.1 muestra la relación entre el grado de precisión deseado y la cantidad de parcelas de muestreo (tomando en cuenta la varianza y la superficie de cada uno de los seis estratos del bosque) y la necesidad de aumentar el número de parcelas para obtener un mayor grado de precisión (expresado como más/menos determinado porcentaje de la media con un 95% de confianza). También se recomienda establecer un 10% más de parcelas que la cantidad que se haya calculado, para afrontar cualquier hecho imprevisto que en el futuro pudiera impedir localizar de nuevo todas las parcelas.

Figura 4.3.1 Ejemplo de la relación entre el número de parcelas y el grado de precisión (+/- % del carbono total almacenado en la biomasa viva y muerta, con un 95% de confianza) para todos los estratos combinados en un bosque tropical complejo en Bolivia (Proyecto Piloto Noel Kempff); el proyecto abarcó seis estratos y se establecieron de hecho 625 parcelas (según datos extraídos de Boscolo *et al.*, 2000, y Brown *et al.*, 2000a)



La experiencia ha demostrado que, en el sector de UTCUTS, el carbono almacenado y los cambios que en él se producen en bosques complejos pueden estimarse con un grado de precisión de ±10% de la media y un 95% de confianza con un costo moderado (Brown, 2002; http://www.winrock.org/REEP/NoelKmpff_rpt.html). Los inventarios forestales nacionales y regionales que se utilizan para evaluar el crecimiento de la reserva maderera generalmente establecen como meta niveles de precisión inferiores al 10% de la media (véase IPCC, 2000b).

El procedimiento descrito en el párrafo anterior permite estimar la cantidad de parcelas necesarias para obtener distintos niveles de precisión exclusivamente sobre la base del error de muestreo. Existen otras fuentes de error en la estimación del carbono almacenado, como el uso de ecuaciones alométricas (error del modelo) y las mediciones sobre el terreno y en el laboratorio (error de medición). En general, el error de muestreo es la mayor fuente de error y puede representar hasta el 80% del error total (Phillips *et al.*, 2000). Para más detalles sobre la forma de detectar otras fuentes de error, véase la Sección 5.3.6.3.

Cuando se utilizan parcelas de muestreo permanentes para vigilar las variaciones que se producen en el carbono almacenado a lo largo del tiempo, es una *buena práctica* ubicarlas en forma sistemática (p. ej., en una cuadrícula uniforme) y a partir de un punto determinado al azar, especialmente si se aplica un muestreo estratificado. El objetivo es evitar la elección subjetiva de la ubicación de las parcelas (centros de las parcelas, sus puntos de referencia, el desplazamiento de sus centros a posiciones más "convenientes"). Sobre el terreno, esto se logra habitualmente con ayuda de un sistema mundial de determinación de la posición (GPS). Las parcelas de muestreo permanentes también pueden ubicarse en zonas de control (es decir, zonas adyacentes a la zona del proyecto que tengan similitud biofísica con ella) cuando se prevé que el caso de referencia puede experimentar cambios con el transcurso del tiempo (p. ej., el abandono de tierras agrícolas).

En los proyectos en que la plantación de árboles puede extenderse a lo largo de varios años, es una *buena práctica* medir y vigilar el carbono almacenado y los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en cohortes agrupadas por edades (un grupo de árboles de edad similar) y considerar cada cohorte como una población. Se recomienda no combinar más de dos o tres categorías de edad en una sola cohorte.

Si es necesario, el carbono almacenado y los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 pueden medirse en parcelas de referencia. En ese caso, se requerirá un número de parcelas similar al utilizado en el proyecto para mantener el grado de precisión deseado al comparar la situación imperante una vez iniciado el proyecto con la base de referencia.

Estimación de las variaciones en el carbono almacenado a lo largo del tiempo sobre la base de los datos de las parcelas

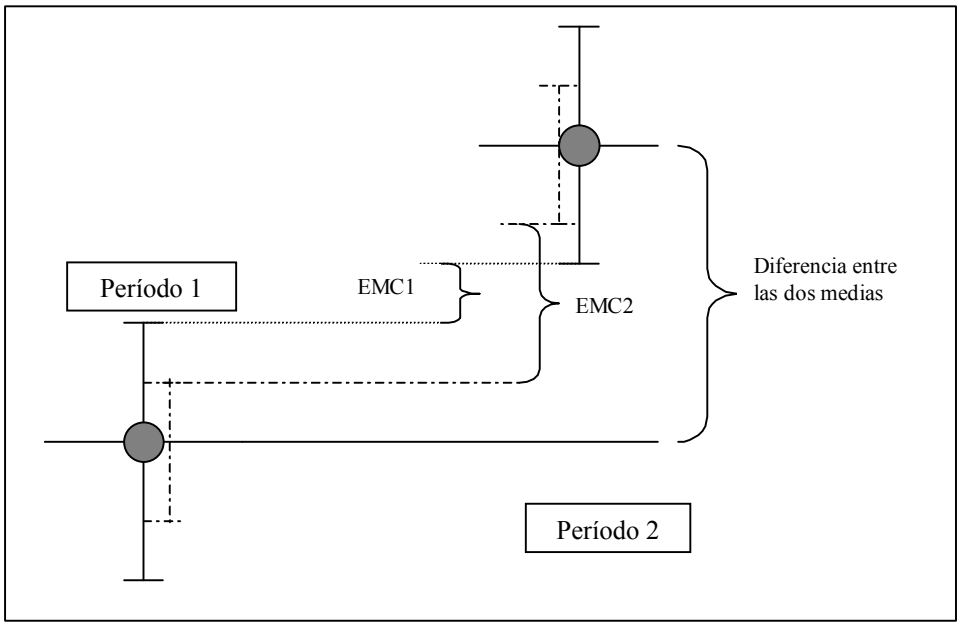
Un componente esencial de todo proyecto es medir, vigilar y estimar la cantidad de carbono acumulado en la zona del proyecto mientras dure y a lo largo de períodos separados. Ello se logra estimando las variaciones en el carbono almacenado a lo largo del tiempo. Pueden realizarse proyecciones de la cantidad de carbono acumulado mediante la combinación de mediciones sobre el terreno y modelos. Sin embargo, en caso de usar modelos se recomienda validarlos por medio de mediciones sobre el terreno y recalibrarlos si es necesario.

Para vigilar bosques utilizando parcelas permanentes, es una *buena práctica* medir el crecimiento de los árboles en forma individual a intervalos regulares, haciendo un seguimiento del crecimiento de los ejemplares sobrevivientes, la mortalidad y el crecimiento de árboles nuevos (crecimiento hacia dentro). Luego se estiman las variaciones en el carbono almacenado en cada árbol y se suman por parcela. También se miden las variaciones en el carbono almacenado en la materia orgánica muerta en cada parcela y se suman a los de los árboles. A continuación se realizan análisis estadísticos de la acumulación neta de carbono en la biomasa en cada parcela. Según se ha explicado, como los componentes de estas parcelas que se someten a mediciones reiteradas son básicamente los mismos, habrá un alto grado de covarianza en el análisis estadístico, y la incertidumbre con respecto a las estimaciones de las variaciones debería estar dentro de los límites del nivel fijado como meta en el diseño muestral.

En el caso de la vegetación del suelo o no arbórea (como tierras agrícolas o pastizales), a diferencia del procedimiento indicado para los bosques, no se puede vigilar la misma muestra de suelos o plantas a lo largo del tiempo. En lugar de ello, cada vez que se toman muestras, las unidades recogidas (de suelos o plantas) se destruyen para analizar los componentes que interesan. Asimismo, dado que la variabilidad entre las muestras puede ser grande, incluso en pequeñas escalas espaciales, la aplicación del concepto estadístico de muestras pareadas no resulta fiable, ni siquiera cuando las muestras se toman a una distancia de escasos centímetros entre sí. Por lo tanto, las variaciones en el contenido medio de carbono entre dos depósitos de muestras tomadas en momentos diferentes podrán cuantificarse mejor si se comparan sus medias, por ejemplo aplicando el método de la estimación mínima confiable (EMC) (Dawkins, 1957) o calculando directamente la diferencia entre las medias y sus correspondientes límites de confianza (Sokal y Rohlf, 1995). (En el análisis siguiente se utiliza el suelo como ejemplo, pero podría aplicarse fácilmente a la vegetación en proyectos de gestión de tierras agrícolas y pastizales).

El objetivo es estimar la cantidad de parcelas necesarias para establecer, con un 95% de confianza, la variación *mínima* en la media del carbono almacenado que se ha registrado entre un episodio de vigilancia y el siguiente, en lugar de estimar la cantidad de parcelas necesarias para establecer que las dos medias difieren significativamente una de otra. En el sistema de la estimación mínima confiable (Figura 4.3.2), los resultados de la vigilancia de las parcelas se agrupan para obtener una media de la población muestral en el Período 1 y en el Período 2. Las variaciones en el carbono del suelo se estiman restando la estimación máxima de la población media en el Período 1 (la media en el Período 1 más la mitad del intervalo de 95% de confianza en el mismo período) de la media mínima estimada en el Período 2 (la media en el Período 2 menos la mitad del intervalo de 95% de confianza en el mismo período). La diferencia resultante representa, con un 95% de confianza, la variación mínima confiable en el contenido medio de carbono del suelo entre los Períodos 1 y 2 (Figura 4.3.2).

Figura 4.3.2 Relación entre la magnitud de la estimación mínima confiable (EMC) en los Períodos de muestreo 1 y 2 y el intervalo de confianza de 95% (línea continua y de trazos) en torno al contenido medio de carbono del suelo (círculo sombreado). El intervalo de confianza es una función del error estándar que se define como la relación entre la desviación estándar y la raíz cuadrada del tamaño de la muestra. Cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, menor será el error estándar, y en consecuencia también será menor el intervalo de confianza de 95%. Por lo tanto, EMC1 será menor que EMC2 como resultado del menor número de muestras

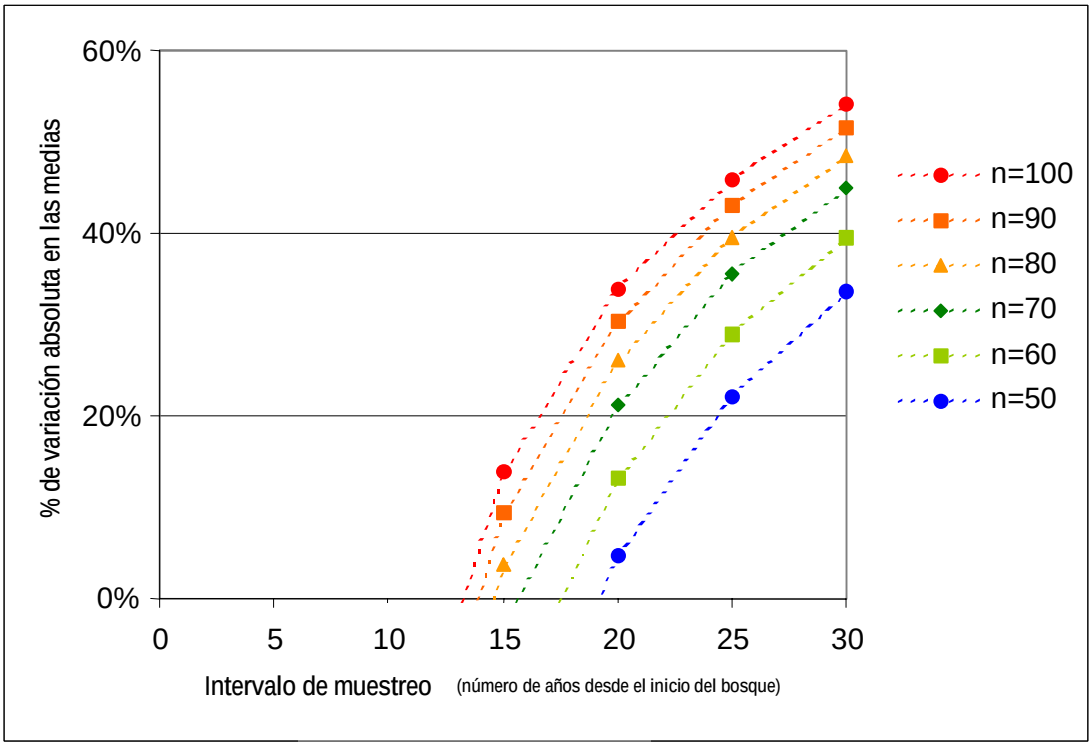


Al tratar de estimar las variaciones en el carbono del suelo a lo largo del tiempo debe tenerse en cuenta tanto la intensidad del muestreo (es decir, el número de muestras de suelo) como su frecuencia. La variación mínima estimada en el carbono almacenado del suelo que se produce entre dos medias a determinado nivel de confianza puede expresarse como porcentaje de la diferencia absoluta entre las medias. Se puede lograr una estimación preestablecida (por ejemplo, el 80% de la diferencia absoluta entre las medias), o bien una magnitud preestablecida de la variación en el carbono del suelo (que no debe superar la diferencia absoluta entre las medias), ajustando la intensidad del muestreo, la frecuencia del muestreo, o una combinación de ambas (Figura 4.3.3).

En general, si se toma un mayor número de muestras de suelo, se reduce el error estándar en torno a las medias separadas en el tiempo, y se distingue mejor la variación (Figura 4.3.3). Como los suelos presentan normalmente altos niveles de variabilidad en el contenido de carbono de las distintas unidades de muestreo (coeficiente de variación de ~ 30%), en general se necesitará una gran intensidad de muestreo para poder discernir las variaciones. La resolución de la detección de las variaciones también depende de la magnitud de la variación en sí misma, y como ésta a su vez depende del tiempo, conviene tener en cuenta la frecuencia del muestreo. Cuando se amplía el intervalo de tiempo entre un episodio de muestreo y otro, lo que se espera es que aumente la magnitud de la variación que se produce, suponiendo que la varianza de las medias permanece igual. Por lo tanto, el porcentaje y la magnitud de la variación absoluta estimada también aumentan (Figura 4.3.3). Este es un factor importante, ya que las pequeñas variaciones que cabe prever dentro de intervalos breves de muestreo pueden resultar indetectables, incluso con una gran intensidad de muestreo. Suponiendo determinada tasa de

acumulación de carbono en el suelo, se podrán diseñar intervalos de muestreo que permitan alcanzar la estimación preestablecida de la variación mínima que se produce en el carbono del suelo. Es una *buena práctica* estimar el número de parcelas y el intervalo de muestreo necesario sobre la base de la variabilidad del carbono almacenado y de una tasa presunta de acumulación del carbono. Para más detalles sobre la forma de estimar el tamaño de la muestra en el muestreo de suelos, véase la descripción del método EMC realizada por MacDicken (1997), o puede adaptarse el método de cálculo de la diferencia mínima detectable (Zar, 1996) para determinar el tamaño de la muestra que permitirá obtener la diferencia deseada entre las medias.

Figura 4.3.3 Ejemplo de la forma en que cambia la variación porcentual absoluta del contenido medio de carbono del suelo (con un 95% de confianza) en un proyecto de forestación, en relación con el intervalo de muestreo y el tamaño de la muestra (n), suponiendo un coeficiente de variación constante (30%), una tasa anual constante de acumulación de carbono en el suelo de 0,5 toneladas por hectárea y una presencia inicial de carbono en el suelo de 50 toneladas por hectárea (según datos no publicados)



4.3.3.4.2 FORMA Y TAMAÑO DE LAS PARCELAS

Entre los tipos de parcelas utilizados en los inventarios de vegetación y forestales se incluyen: las parcelas de superficie fija que pueden ordenarse jerárquicamente o agruparse, las de radio variable o de muestreo por puntos (p. ej., medidas con prisma o relascopio) o de transección. Se recomienda usar parcelas de muestreo permanentes ordenadas jerárquicamente en subunidades más pequeñas de diferentes formas y tamaños, dependiendo de las variables que se desee medir. Por ejemplo, en un proyecto de forestación o reforestación, los árboles jóvenes podrían medirse en una pequeña parcela circular; los árboles con un diámetro a la altura del pecho (dap) de 2,5 a 50 cm podrían medirse en una parcela circular mediana; los árboles con un dap superior a 50 cm podrían medirse en una parcela circular de mayor tamaño, y el sotobosque y el mantillo u hojarasca podrían medirse en cuatro pequeñas parcelas cuadradas o circulares ubicadas en cada cuadrante de la parcela de muestreo. Los límites del radio y el diámetro de cada parcela circular se definirían en función de las condiciones locales y del tamaño previsto de los árboles en el transcurso del tiempo.

El tamaño de la parcela de muestreo representa un equilibrio entre la exactitud, la precisión y el tiempo (costo) de la medición. El tamaño de la parcela también está relacionado con la cantidad de árboles, su diámetro y la varianza del carbono almacenado entre las parcelas. Cada parcela que se mida debe ser bastante grande para contener un número suficiente de árboles. Generalmente se recomienda utilizar una parcela única cuyo tamaño varíe entre 100 m^2 (para una densidad de plantación de 1.000 árboles/ha o más) y 600 m^2 (para una plantación poco densa de árboles de fines múltiples) en una zona para plantaciones de tamaño uniforme. En los proyectos en los que se prevé que el bosque tendrá un tamaño irregular (p. ej., debido a una combinación de plantación y regeneración natural), se

recomienda utilizar parcelas ordenadas jerárquicamente o incluso grupos de parcelas ordenadas de esa manera, dependiendo de las características del bosque. El uso de parcelas circulares o rectangulares dependerá de las condiciones locales. En algunos casos (p. ej., hileras de árboles que sirvan como barrera contra el viento o para estabilizar las dunas de arena) el método más apropiado puede consistir en varias transecciones cuyo número deberá basarse en la varianza, según se ha descrito anteriormente.

4.3.3.5 MEDICIONES SOBRE EL TERRENO Y ANÁLISIS DE DATOS PARA ESTIMAR EL CARBONO ALMACENADO

Es una *buena práctica* utilizar técnicas estándar para medir sobre el terreno la vegetación y el suelo. Los pormenores de estas técnicas los describen en detalle, entre otros autores, MacDicken (1997) y Schlegel *et al.* (2001). Todo método de *buena práctica* que requiera mediciones sobre el terreno a nivel del suelo debe contar con un plan formal de control de la calidad (véase la Sección 4.3.4). Esta sección se centra en las *buenas prácticas* aplicables a la realización y al análisis de esas mediciones para estimar el carbono almacenado.

Para las mediciones sobre el terreno de depósitos de carbono, la unidad de muestreo que se recomienda es una parcela permanente formada por subparcelas de radio fijo ordenadas jerárquicamente (véase *supra*). Debe estratificarse la zona del proyecto según se describe en la Sección 4.3.3.2 y calcularse el número de parcelas de muestreo que se establecerán en cada estrato.

Todos los datos sobre la biomasa obtenidos mediante mediciones sobre el terreno deben expresarse como valores de materia secada en horno y convertirse en carbono mediante la multiplicación de esos valores por la fracción de carbono presente en la biomasa seca. Este valor varía ligeramente dependiendo de las especies y del componente de biomasa de que se trate (tronco, ramas, raíces, vegetación baja, etc.) (véase la Sección 3.2 del Capítulo 3). Sin embargo, de no disponerse de valores locales, se debería aplicar el valor de 0,50 indicado como aproximación para esta conversión en las *Directrices del IPCC*.

4.3.3.5.1 BIOMASA SOBRE EL SUELO

Árboles

Existen dos métodos para estimar la biomasa sobre el suelo en el caso de los árboles: un método directo que usa ecuaciones alométricas, y un método indirecto que usa factores de expansión de la biomasa. En los proyectos de UTCUTS, cuando se utilizan parcelas de muestreo permanentes es una *buena práctica* estimar el carbono almacenado en los árboles mediante el método directo. El método indirecto se suele utilizar para parcelas de muestreo temporales, como práctica común en los inventarios forestales. A continuación se exponen los detalles de ambos métodos.

Método directo

Etapa 1: Se mide a la altura del pecho (dap, generalmente medido a 1,30 m del nivel del suelo) el diámetro de todos los árboles de las parcelas de muestreo permanentes que superen un diámetro mínimo. El dap mínimo suele ser de 5 cm pero puede variar dependiendo del tamaño previsto de los árboles: en las zonas áridas donde los árboles crecen con lentitud, el dap mínimo puede ser de apenas 2,5 cm, mientras que en las zonas húmedas, donde ese crecimiento es rápido, puede ser de hasta 10 cm.

En los proyectos de forestación o reforestación, probablemente predominarán los árboles pequeños (p. ej., árboles jóvenes con un dap inferior al mínimo pero más altos que la altura del pecho) en las primeras etapas del establecimiento. Estos árboles se pueden incluir fácilmente en este método contando cuántos hay en una subparcela.

Etapa 2: La biomasa y el carbono almacenado se estiman mediante las ecuaciones alométricas apropiadas aplicadas a la medición de los árboles en la Etapa 1. Existen ecuaciones alométricas aplicables a múltiples especies que pueden utilizarse para las especies de árboles autóctonos de climas templados y tropicales (véase Araújo *et al.*, 1999; Brown, 1997; Schroeder *et al.,* 1997; Pérez y Kanninen, 2002 y 2003; Cuadros 4.A.1 a 4.A.3 del Anexo 4A.2). Estas ecuaciones se desarrollan mediante el uso individual o combinado de variables independientes como el dap, la densidad de la madera y la altura total, y de la biomasa sobre el suelo de los árboles como variable dependiente. En Brown (1997) y Parresol (1999) figura un análisis más profundo del desarrollo y el uso de estas ecuaciones.

El árbol de menor diámetro incluido en la mayoría de las ecuaciones alométricas (Cuadros 4.A.1 a 4.A.3 del Anexo 4A.2) es más pequeño que el dap mínimo recomendado en la Etapa 1 anterior, por lo que la biomasa de estos árboles pequeños puede estimarse a partir de las mismas regresiones alométricas. El método habitual consiste en estimar el dap común de los árboles jóvenes, generalmente el punto medio entre el tamaño más

pequeño observado y el diámetro mínimo, estimar la biomasa de un árbol joven de ese diámetro y multiplicarla por el número de árboles jóvenes contabilizados. Si la ecuación alométrica no incluye árboles pertenecientes a las categorías de menor tamaño, otro método que puede utilizarse para estimar la biomasa sobre el suelo consiste en cultivar y cosechar unos 10 a 15 árboles jóvenes de ese tipo plantados en un lugar cercano a la zona del proyecto.

Etapa 3: Cuando se usan ecuaciones alométricas desarrolladas a partir de una base de datos que abarque todo el bioma, como las de los Cuadros 4.A.1 y 4.A.2 del Anexo 4A.2, es una *buena práctica* verificar la ecuación cosechando de manera destructiva unos pocos árboles de diferentes tamaños, dentro de la zona del proyecto pero fuera de las parcelas de muestreo, estimando su biomasa y comparándola luego con una ecuación seleccionada. Si la biomasa estimada de estos árboles está dentro de un margen de +/- 10% de la prevista por la ecuación, puede suponerse que la ecuación seleccionada es adecuada para el proyecto. En caso contrario, se recomienda desarrollar ecuaciones alométricas locales a los efectos del proyecto. Para ello se cosechan de manera destructiva una muestra de árboles que represente distintas categorías de tamaños para determinar su biomasa total sobre el suelo. La cantidad de árboles que deberán cosecharse en forma destructiva y medirse dependerá de la gama de categorías de tamaños y del número de especies: cuanto mayor sea su heterogeneidad, mayor será la cantidad de árboles necesarios. Si los recursos lo permiten, se puede determinar la densidad (gravedad específica) de la madera y el contenido de carbono en el laboratorio. Por último, las ecuaciones alométricas se plantean relacionando la biomasa con valores de variables que pueden medirse fácilmente, como el dap y la altura total. En Brown (1997), MacDicken (1997), Schlegel *et al.* (2001) y Segura y Kanninen (2002) figura un análisis más profundo del desarrollo de ecuaciones alométricas locales.

En el Cuadro 4.A.1 del Anexo 4A.2 se presentan ecuaciones alométricas generales para estimar la biomasa sobre el suelo (kg dm/árbol) de diferentes tipos de bosques utilizando el diámetro a la altura del pecho como variable independiente. Estas ecuaciones se desarrollan a partir de una base de datos sobre múltiples especies que contiene datos sobre la biomasa de más de 450 ejemplares.

Las palmeras de diversas especies son comunes en muchas regiones tropicales, tanto en bosques recuperados como en pastos abandonados. En el Cuadro 4.A.2 (Anexo 4A.2) figuran algunas ecuaciones alométricas para estimar la biomasa sobre el suelo de varias especies comunes de palmeras de las regiones tropicales de las Américas. La biomasa de las palmeras no está muy vinculada a su dap; por ello se utiliza solamente su altura como variable independiente.

En el Cuadro 4.A.3 (Anexo 4A.2) se dan ejemplos de ecuaciones alométricas para especies individuales utilizadas comúnmente en los trópicos. Sin embargo, como ya se ha señalado, en todo proyecto es necesario evaluar la aplicabilidad de determinadas ecuaciones alométricas a las condiciones locales. Esto es particularmente importante cuando se cultivan varias especies mezcladas. En caso contrario, una *buena práctica* es validar las ecuaciones existentes con los datos recopilados en el lugar del proyecto o desarrollar ecuaciones alométricas locales basadas en mediciones sobre el terreno.

Método indirecto

Otro método que se puede utilizar para estimar la biomasa sobre el suelo de los bosques, particularmente en las plantaciones comerciales, parte de la base del volumen del componente comercial [71] del árbol, para cuya estimación se dispone a menudo de varias ecuaciones o métodos. El método indirecto se basa en factores desarrollados a nivel del rodal para bosques de dosel cerrado, y no puede utilizarse para estimar la biomasa de determinado árbol en forma individual. De acuerdo con este método, existen dos formas de obtener estimaciones del volumen comercial:

Método 1:

Etapa 1: Al igual que en el método directo, se mide el diámetro de todos los árboles que superen el diámetro mínimo.

Etapa 2: El volumen del componente comercial de cada árbol se estima sobre la base de métodos o ecuaciones desarrollados a nivel local. Luego se suma el volumen correspondiente a todos los árboles y se expresa como volumen por unidad de superficie (p. ej., m^3/ha).

Método 2:

Etapas 1 y 2 combinadas: Existen instrumentos de campo (como el relascopio) que miden el volumen directamente. Se mide el volumen de cada árbol de las parcelas con este instrumento u otros medios apropiados. Luego se expresa la suma correspondiente a todos los árboles en términos de volumen por unidad de superficie.

[71] Es importante determinar si el volumen se ha estimado incluyendo o excluyendo la corteza; en el caso del volumen estimado sin incluir la corteza, ésta debe tenerse en cuenta para calcular el factor de expansión.

Una vez estimado el volumen del componente comercial, es necesario convertirlo en biomasa y luego agregar las estimaciones de los demás componentes del árbol, como ramas, brotes y hojas. Este método se expresa en la Ecuación 4.3.1 (Brown, 1997) (véase también la Sección 3.2.1.1 para el cálculo del FEB y el Cuadro 3A.1.10 del Anexo 3A.1):

ECUACIÓN 4.3.1
ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO DE LOS BOSQUES

Biomasa sobre el suelo = volumen comercial del árbol ● D ● FEB

Donde:

la biomasa sobre el suelo se expresa en toneladas de materia seca/há$^{-1}$

el volumen comercial del árbol se expresa en m^3/ha^{-1}

D = promedio de densidad de la madera ponderado en base al volumen, expresado en toneladas de materia secada en horno por m^3 de volumen verde

FEB = factor de expansión de la biomasa (relación entre la biomasa sobre el suelo secada en horno de los árboles y el volumen comercial de la biomasa secada en horno), sin dimensión.

Por lo general se dispone de los valores de densidad de la madera de las especies de mayor importancia comercial (véanse, por ejemplo, Brown, 1997; Fearnside, 1997, y el Cuadro 3A.1.9 del Anexo 3A.1) o se los puede medir con relativa facilidad. La mayoría de los valores de densidad publicados corresponden a ejemplares maduros; si no se dispone de valores de densidad de la madera de los ejemplares jóvenes, se recomienda efectuar las mediciones correspondientes. El FEB guarda gran relación con la biomasa comercial de la mayoría de los tipos de bosques (en estos ejemplos el volumen se estima incluyendo la corteza en todos los árboles con un dap de 10 cm o más), y en general comienza con valores altos (>4,0) en volúmenes bajos, para luego declinar a una tasa exponencial hasta llegar a un valor bajo constante (aproximadamente entre 1,3 y 1,8) en volúmenes altos. Por lo tanto es incorrecto usar un solo valor FEB para todos los valores del volumen en pie. Se recomienda desarrollar para esta relación una ecuación de regresión local o usar las que figuran en el Cuadro 3A.1.10 del Anexo 3A.1 o en fuentes bibliográficas (como Brown, 1997; Brown y Schroeder, 1999; Fang *et al.*, 2001). En la Sección 3.2.1.1 se dan más detalles acerca de la conversión del volumen comercial en biomasa.

Si para obtener FEB locales hay que realizar un esfuerzo considerable como, por ejemplo, cosechar árboles, se recomienda no utilizar este método sino los recursos que permiten desarrollar ecuaciones alométricas con arreglo al método directo descrito anteriormente. Por lo general, el método directo permite obtener estimaciones de la biomasa más precisas que el método indirecto, dado que los cálculos del primero implican una sola etapa (dap a biomasa), mientras que el segundo requiere varias (diámetro y altura a volumen, volumen a biomasa basada en el volumen, estimación del FEB sobre la base del volumen, producto de tres variables a biomasa).

Vegetación no arbórea

La vegetación no arbórea, como las plantas herbáceas, las gramíneas y los arbustos, puede aparecer como componente de un proyecto forestal o de proyectos de gestión de tierras agrícolas y pastizales. Las plantas herbáceas del sotobosque pueden medirse con técnicas sencillas de cosecha en hasta cuatro pequeñas subparcelas por cada parcela de muestreo permanente o temporal. Para facilitar esta tarea se utiliza un pequeño marco (circular o cuadrado) que habitualmente abarca alrededor de 0,5 m^2 o menos. El material que queda dentro del marco se corta a nivel del suelo, se junta por parcelas y se pesa. Se recogen submuestras bien mezcladas de cada parcela y se secan en horno para determinar la relación entre materia seca y húmeda. Esta relación se usa luego para convertir la totalidad de la muestra en materia secada en horno. Se puede aplicar el mismo método en parcelas temporales de proyectos de gestión de tierras agrícolas y pastizales porque, como ya se ha dicho, el uso de parcelas permanentes no presenta una ventaja estadística (Sección 4.3.3.4.1).

Para los arbustos y otra vegetación no arbórea de gran tamaño, una *buena práctica* consiste en medir la biomasa con técnicas de cosecha destructiva. Dependiendo del tamaño de la vegetación, se establece una pequeña subparcela y se extraen y pesan todos los arbustos. Si los arbustos son grandes, otro método que puede utilizarse consiste en desarrollar ecuaciones alométricas locales para arbustos basadas en variables como la superficie de la copa y la altura o el diámetro en la base de la planta o alguna otra variable de interés (p. ej., el número de tallos en los arbustos de tallos múltiples). Las ecuaciones se basarían entonces en regresiones de la biomasa del arbusto relacionadas con alguna combinación lógica de las variables independientes. La variable o las variables independientes se medirían luego en las parcelas de muestreo.

4.3.3.5.2 BIOMASA BAJO EL SUELO

Árboles

Los métodos de medición y estimación de la biomasa sobre el suelo gozan de una aceptación relativamente amplia. Sin embargo, en la mayoría de los ecosistemas la medición y estimación de la biomasa bajo el suelo (raíces) es una tarea difícil y lleva mucho tiempo, y en general no se dispone de métodos uniformes (Körner, 1994; Kurz *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2003). Si se examina la bibliografía disponible se observa que los métodos habituales utilizan hoyos o pozos distribuidos espacialmente en el suelo para las raíces delgadas y medianas, y excavaciones completas o parciales y/o alometría para las raíces gruesas. En general no se distinguen las raíces vivas de las muertas y en consecuencia su biomasa se notifica en general como el total de ambas.

Cairns *et al.*, (1997) realizaron un examen amplio de la bibliografía que abarcó más de 160 estudios relativos a bosques autóctonos de climas tropicales, templados y boreales en los que se daban datos de la biomasa bajo el suelo y sobre el suelo. En dichos estudios la relación media entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa seca sobre el suelo era de 0,26, con una variación de 0,18 (cuartil inferior de 25%) a 0,30 (cuartil superior de 75%). Estos coeficientes no variaban significativamente de acuerdo con la latitud (zonas tropicales, templadas o boreales), la textura del suelo (fina, mediana, gruesa) o el tipo de árbol (angiosperma, gimnosperma). En análisis posteriores de los datos, con todos los datos reunidos, se obtuvo una importante ecuación de regresión de la densidad de la biomasa bajo el suelo comparada con la densidad de la biomasa sobre el suelo. El modelo mejoró considerablemente al incluirse la edad y la franja latitudinal (Cairns *et al.*, 1997). En vista de la falta de métodos uniformes y del tiempo que requiere la vigilancia de la biomasa bajo el suelo en los bosques, una *buena práctica* consiste en estimarla a partir de las estimaciones de la biomasa sobre el suelo basadas en las ecuaciones que figuran en el Cuadro 4.A.4 del Anexo 4A.2, o a partir de datos o modelos elaborados a nivel local.

Los datos empleados en el cuadro 4.A.4 para desarrollar las ecuaciones de biomasa bajo el suelo se basaron en bosques autóctonos y pueden no resultar aplicables a plantaciones forestales. Según Ritson y Sochacki (2003), la relación entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa sobre el suelo en plantaciones de *Pinus pinaster* oscilaba entre 1,5 y 0,25, y disminuía a medida que aumentaba el tamaño y/o la edad de los árboles. Para las especies de plantación comercial es probable que exista alguna investigación sobre la biomasa bajo el suelo que pueda utilizarse. De no ser así, es una *buena práctica* utilizar valores de la biomasa bajo el suelo estimados mediante la aplicación de la relación media entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa sobre el suelo, como puede verse en el Cuadro 3A.1.8 del Anexo 3A.1.

Vegetación no arbórea

En los proyectos no forestales (como la gestión de tierras agrícolas y pastizales), en los que se espera que ocurran grandes cambios en la biomasa bajo el suelo correspondiente a la vegetación no arbórea, es necesario estimar el carbono almacenado en los depósitos de biomasa bajo el suelo (Cuadro 4.3.1). En el caso de la vegetación no arbórea, no es posible estimar la biomasa bajo el suelo a partir de los datos de la biomasa sobre el suelo y, por lo tanto, puede ser necesario realizar mediciones *in situ*.

La medición directa de la biomasa bajo el suelo requiere la recolección de muestras de suelo, que se extraen generalmente en forma de cilindros de diámetro y profundidad conocidos, separando las raíces del suelo, las que luego se secan en horno y se pesan. Para hacer una medición directa de la biomasa bajo el suelo se recomienda proceder de la siguiente manera:

- El diseño muestral debe ajustarse a los procedimientos detallados anteriormente en la Sección 4.3.3.4.
- Debido a que en las capas superiores del suelo existe normalmente una alta proporción de biomasa de raíces no arbóreas, en la mayoría de las situaciones debería bastar con muestras obtenidas a una profundidad de 0,3 a 0,4 m. En los casos en que las muestras se recojan a mayor profundidad, se recomienda dividirlas en dos o más capas, registrando claramente la profundidad correspondiente a cada capa.
- Las raíces pueden separarse del suelo mediante el uso de dispositivos de lavado (Cahoon y Morton, 1961; Smucker *et al.*, 1982) que permitan recuperar la mayor cantidad de raíces. Si no se dispone de esos dispositivos, existen procedimientos más sencillos (como pasar las muestras de suelo por un tamiz y lavar las raíces con agua a alta presión) que permiten recuperar una proporción relativamente grande de la biomasa de las raíces.
- La biomasa bajo el suelo no compuesta por raíces (como estolones, rizomas y tubérculos) debe considerarse parte del depósito de biomasa bajo el suelo.
- Las raíces deben secarse en horno a 70° C y luego pesarse. El peso resultante debe dividirse entre la superficie transversal del testigo para determinar la biomasa bajo el suelo por unidad de superficie.

Se ha observado que el método de extracción de testigos constituye una forma rápida de evaluar la distribución de las raíces en el suelo (Böhm, 1979; Bennie *et al.*, 1987). Mediante esta técnica se extraen muestras de suelo a distintas profundidades, se dividen a la mitad, se cuentan los ejes visibles de las raíces en cada superficie transversal y se calcula el promedio. Para convertir la cantidad de raíces contabilizadas en estimaciones de su densidad, longitud o biomasa es necesario usar ecuaciones de calibración para cada especie de cultivo, tipo de suelo y práctica de gestión. Las ecuaciones de calibración deben desarrollarse a nivel local y pueden variar según el desarrollo del cultivo o la profundidad del suelo (Drew y Saker, 1980; Bennie *et al.*, 1987; Bland, 1989).

4.3.3.5.3 MATERIA ORGÁNICA MUERTA

Mantillo

Se pueden obtener muestras directas de mantillo utilizando un pequeño marco (circular o cuadrado) que normalmente abarca una superficie de alrededor de 0,5 m^2, de manera similar a la descrita anteriormente para la vegetación herbácea (cuatro subparcelas dentro de una parcela de muestreo). El marco se coloca en la parcela de muestreo y se recoge y pesa todo el mantillo existente dentro del mismo. Se recoge una submuestra bien mezclada para determinar la relación entre su peso seco en horno y su peso húmedo para la conversión de la masa húmeda total en masa seca en horno.

Otro método que puede utilizarse para los sistemas que tienen una capa de mantillo bien definida y profunda (más de 5 cm) consiste en desarrollar una ecuación local de regresión que relacione la profundidad del mantillo con la masa por unidad de superficie. Esto puede hacerse recogiendo muestras de mantillo en los marcos antes mencionados y al mismo tiempo midiendo la profundidad del mantillo. Se deben obtener datos de este tipo en por lo menos 10 a 15 puntos de referencia, y verificar que se recojan muestras de todo el rango de profundidad prevista del mantillo.

Madera muerta

La madera muerta, tanto en pie como caída, en general no guarda una relación clara con ningún indicador de estructura en pie (Harmon *et al.*, 1993). Se han ideado métodos para medir la biomasa de la madera muerta que han sido probados en distintos tipos de bosques, y en general no exigen un esfuerzo mayor que la medición de árboles vivos (Brown, 1974; Harmon y Sexton, 1996; Delaney *et al.*, 1998). En el caso de la madera muerta caída en el suelo, el método general consiste en estimar el volumen de los troncos por categoría de densidad (que a menudo, aunque no siempre, está relacionada con su estado de descomposición) y convertirlo luego en masa como producto del volumen y la densidad, para cada categoría de densidad. Se pueden usar dos métodos para estimar el volumen de madera muerta, dependiendo de la cantidad prevista.

Método 1 – cuando se prevé que la cantidad representará una proporción relativamente pequeña de la biomasa sobre el suelo (es decir, entre 10% y 15% aproximadamente, según el dictamen de expertos): Un método eficiente en términos de tiempo es el de intersección de líneas, y una *buena práctica* consiste en usar por lo menos 100 m de cuerda, generalmente dividida en dos segmentos de 50 m cada uno, colocados en ángulo recto y cruzándose en el punto central de la parcela. Se miden los diámetros de todas las trozas de madera atravesadas por la línea y también se clasifica cada troza de madera muerta en alguna de las categorías de densidad. Si el tronco atravesado por la línea tiene forma elíptica deberán medirse sus diámetros mínimo y máximo. Para cada categoría de densidad se estima el volumen por hectárea de la siguiente manera (para más detalles sobre el resultado de esta ecuación, véase Brown (1974)):

ECUACIÓN 4.3.2
VOLUMEN DE MADERA MUERTA CAÍDA

$$\text{Volumen } (m^3/ha) = \pi^2 \bullet (D_1^2 + D_2^2 + \ldots + D_n^2) / (8 \bullet L)$$

Donde:

$D_1, D_2, \ldots, D_n$ = diámetro de cada una de las n trozas ubicadas en la trayectoria de la línea, en centímetros (cm). El equivalente circular de un tronco de forma elíptica se calcula como la raíz cuadrada de ($D_{mínimo} \bullet D_{máximo}$) para ese tronco en particular.

L = longitud de la línea, en metros (m).

A menudo se introduce en la Ecuación 4.3.2 un multiplicador adicional para corregir la desviación causada por la orientación no horizontal de las trozas (Brown y Roussopolos, 1974). Sin embargo, esta corrección no es necesaria para la madera muerta gruesa, pues dicha desviación se reduce junto con el diámetro de la troza. Para más detalles, véase Harmon y Sexton (1996).

Método 2 – cuando se prevé que la cantidad representará una proporción relativamente grande de la biomasa sobre el suelo (es decir, más de un 15%, según el dictamen de expertos): Cuando se prevé que la cantidad de madera muerta caída en el suelo del bosque será alta y tendrá una distribución variable, como en el caso de los restos de corta abandonados después de la tala, una *buena práctica* es hacer un inventario completo de la madera en las parcelas de muestreo. Se recomienda medir toda la madera muerta encontrada en una subparcela de las parcelas de muestreo (véanse también detalles sobre los métodos en Harmon y Sexton, 1996). Para realizar un censo completo, se calcula el volumen de cada troza de madera muerta caída dentro del círculo sobre la base de las mediciones de su diámetro tomadas a intervalos de 1 m a lo largo de cada troza de madera muerta que se encuentre en la parcela. Luego se estima el volumen de cada troza como el volumen de un cilindro truncado, sobre la base del promedio de los dos diámetros medidos y la distancia entre ellos (generalmente 1 m). Al igual que en el Método 1, cada troza de madera muerta se clasifica también en una categoría de densidad. Se suman los volúmenes de cada categoría de densidad usando el factor apropiado (sobre la base de la superficie de la parcela) expresándolo en m^3/ha para cada categoría.

Mediciones de densidad: La experiencia muestra que son suficientes tres categorías de densidad: sólida, intermedia y podrida. Es necesario establecer una forma objetiva y coherente de diferenciarlas. Una práctica común sobre el terreno es golpear la madera con un machete: si la hoja rebota es sólida, si penetra ligeramente es de densidad intermedia y si la madera se desintegra está podrida (prueba del machete). Luego se recogen muestras de madera muerta de cada categoría para determinar su densidad. La masa de la madera muerta será entonces el resultado de multiplicar el volumen por categoría de densidad (según la ecuación anterior) por la densidad de la madera correspondiente a esa categoría. Por ello, una etapa clave de este método consiste en clasificar la madera muerta en la categoría de densidad correcta y luego realizar un muestreo adecuado de un número suficiente de trozas de cada categoría para representar las densidades de madera existentes. Una *buena práctica* consiste en tomar como muestras por lo menos 10 trozas de cada categoría de densidad diferente. En los bosques de palmeras o primeras especies colonizadoras o trozas huecas, también es una *buena práctica* considerarlas grupos separados y tomar muestras separadas de ellas.

Para los proyectos que se basan en unas pocas especies y en los que se conoce bien la tasa de descomposición de la madera para determinadas especies o tipos de bosques, se pueden elaborar modelos locales para estimar la densidad de la madera muerta en distintas etapas de descomposición (Beets *et al.*, 1999). Aun así, será necesario estimar el volumen de la madera sobre la base de los Métodos 1 o 2 mencionados anteriormente, pero la densidad podría estimarse de acuerdo con el modelo de descomposición.

La madera muerta en pie se mide como parte del inventario forestal. Los árboles muertos en pie deben medirse de acuerdo con los mismos criterios que los árboles vivos. Sin embargo, las mediciones que se hacen y los datos que se registran varían ligeramente con respecto a las mediciones y datos de los árboles vivos. Por ejemplo, si el árbol muerto en pie contiene ramas y brotes y parece un árbol vivo (con excepción de las hojas), esa circunstancia debería consignarse en los datos recogidos sobre el terreno. Se puede estimar su biomasa a partir de la medición de su dap, usando la ecuación alométrica correspondiente a los árboles vivos y restando la biomasa de las hojas (que oscila aproximadamente entre 2% y 3% de la biomasa sobre el suelo). No obstante, un árbol muerto puede contener solamente ramas pequeñas y grandes, o solamente ramas grandes, o no tener rama alguna; estas condiciones deben registrarse en las mediciones sobre el terreno y reducirse la biomasa total en consecuencia; en particular, si solamente quedan ramas grandes, la biomasa estimada mediante la ecuación alométrica apropiada se reduce alrededor del 20% para reflejar la ausencia de ramas más pequeñas y brotes. Cuando un árbol carece de ramas y es solamente un tronco desnudo, su volumen puede estimarse midiendo su diámetro basal y su altura y estimando su diámetro superior, y su biomasa puede calcularse de acuerdo con su categoría de densidad.

4.3.3.5.4 CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

El depósito de carbono orgánico del suelo se estima a partir de muestras de suelo tomadas en las parcelas de muestreo. En general las muestras de suelo se extraen con un cilindro metálico a distintas profundidades o por el método de excavación. Una *buena práctica* consiste en recoger una muestra de compuestos (se recomienda recoger alrededor de dos a cuatro muestras de este tipo por cada compuesto) en cada parcela y en cada nivel de profundidad. Luego se mezclan y homogeneizan para obtener una muestra de compuestos de cada nivel de profundidad y parcela. Para estimar el carbono almacenado en el suelo es necesario recoger una muestra adicional de compuestos a fin de medir la densidad bruta de cada nivel de profundidad y parcela (en las Secciones 3.2.1.3.1.1 y 3.2.1.3.1.2 figura un análisis más amplio del carbono orgánico del suelo).

En los suelos pedregosos, de textura gruesa, medir la densidad bruta de las distintas muestras de suelo no es acertado y probablemente lleve a sobreestimar la densidad bruta del suelo de textura fina en el horizonte (Blake y Hartage, 1986; Page-Dumroese *et al.*, 1999). Se recomienda aplicar, en lugar de ello, el método de excavación complementado con una estimación del volumen porcentual ocupado por las piedras. Si en el sitio del proyecto existen grandes extensiones sin suelo (como grandes afloramientos rocosos), se deben eliminar al comienzo del

proyecto, durante la estratificación; las estimaciones del carbono del suelo sólo deben llevarse a la escala de la superficie en la que existe suelo.

La profundidad a la que debe medirse y vigilarse el depósito de carbono del suelo puede variar según el tipo de proyecto, las condiciones del lugar, las especies y la profundidad a la que se prevé que se producirá el cambio (véanse más detalles en el Capítulo 3 y en otras secciones del Capítulo 4). En la mayoría de los casos, las concentraciones de carbono orgánico del suelo son más altas en la capa superior del suelo y disminuyen exponencialmente a medida que aumenta la profundidad. Sin embargo, la relación entre las concentraciones de carbono orgánico del suelo y la profundidad del suelo puede variar como consecuencia de factores tales como la distribución de la profundidad de las raíces, el transporte del carbono orgánico del suelo dentro del perfil del suelo y la erosión/deposición. Es una *buena práctica* medir el depósito de carbono del suelo a una profundidad de por lo menos 30 cm. Esta es la profundidad a la que probablemente se producirán las variaciones en el depósito de carbono del suelo con suficiente rapidez para ser detectados durante el período del proyecto. En los casos en que un proyecto utiliza plantas de raíces profundas, puede ser útil medir y vigilar el depósito de carbono en el suelo a profundidades mayores de 40 cm. Sin embargo, esto aumenta los costos de medición y vigilancia.

Si los suelos tienen una profundidad de menos de 30 cm, es importante medir y registrar la profundidad correspondiente a cada muestra de suelo. Los cálculos para estimar el carbono almacenado en el suelo deben reflejar las distintas profundidades del suelo en toda la zona del proyecto, y la profundidad debe tenerse en cuenta en la estratificación.

Los dos métodos utilizados con mayor frecuencia para el análisis del carbono del suelo son: el método de combustión seca y el método de Walkley Black (método de oxidación húmeda). MacDicken (1997) analiza las ventajas y desventajas de estos métodos para el análisis del suelo. El método de Walkley Black se usa habitualmente en laboratorios que cuentan con escasos recursos, ya que no requiere equipos sofisticados. Sin embargo, en muchos países hay laboratorios profesionales que usan el método de combustión seca, que a menudo no resulta costoso. Una *buena práctica*, especialmente cuando el carbono del suelo constituye un aspecto importante del proyecto, es utilizar el método de combustión seca. Dado que ese método incluye carbonatos, es importante hacer un análisis previo de los suelos que los contengan y extraer el carbono inorgánico mediante acidificación.

Existen dos formas de expresar el carbono del suelo: sobre la base de una masa igual o de un volumen igual. Ambos métodos tienen ventajas y desventajas. Para expresar los cambios en el carbono del suelo sobre la base de una masa igual es necesario conocer antes del muestreo la densidad bruta para poder introducir ajustes que permitan recoger una masa igual de suelo. También se pueden introducir estos ajustes como parte de los cálculos. Es probable que los proyectos destinados a aumentar el contenido de carbono orgánico del suelo también causen una reducción de su densidad bruta. Si se prevé un cambio considerable en la densidad bruta del suelo durante el proyecto, se recomienda evaluar los efectos que la expresión de las variaciones en el carbono del suelo sobre la base de una masa igual o un volumen igual puede causar en la variación total proyectado del carbono almacenado en el suelo. De lo contrario se recomienda que las variaciones del carbono almacenado en el suelo se comuniquen sobre la base de un volumen igual, como se hace habitualmente.

El carbono almacenado en el suelo por unidad de superficie sobre la base de un volumen igual se calcula de la siguiente manera:

ECUACIÓN 4.3.3
CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

$$COS = [COS] = \text{Densidad aparente} - \text{Profundidad} \bullet \text{Partículas gruesas} \bullet 10$$

Donde:

COS	= carbono orgánico almacenado en el suelo, por cada suelo de interés, Mg C ha^{-1}
[COS]	= concentración de carbono orgánico del suelo en determinada masa de suelo, g C $(kg\ suelo)^{-1}$ (a partir de análisis de laboratorio)
Densidad aparente	= masa del suelo por volumen de la muestra, Mg m^{-3}
Profundidad	= profundidad del muestreo o espesor de la capa de suelo, m
Partículas gruesas	= 1 – (% volumen de partículas gruesas / 100)[72]

Se introduce el multiplicador final de 10 para convertir las unidades en Mg C ha^{-1}.

[72] En los suelos con partículas gruesas (p. ej., suelos desarrollados sobre depósitos no estratificados o de aluvión grueso o con alta concentración de raíces), se ajusta el valor COS para la proporción de la muestra volumétrica ocupada por la fracción gruesa (fracción >2 mm).

4.3.3.6 ESTIMACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Si bien el propósito fundamental de los proyectos de UTCUTS es incrementar el carbono almacenado en relación con una base de referencia determinada, las prácticas que forman parte de esos proyectos también pueden provocar cambios en las emisiones y la absorción de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. Algunas de las prácticas asociadas al sector de UTCUTS son, por ejemplo, la quema de biomasa (como durante la preparación del lugar); cambios en la producción ganadera (causados, por ejemplo, por cambios en las especies forrajeras utilizadas en la gestión de pastizales); la aplicación a los suelos de fertilizantes sintéticos y orgánicos; la plantación de árboles, cultivos y forrajes fijadores de nitrógeno; y la inundación y el drenaje de los suelos. Además, las prácticas de uso de la tierra que alteran los suelos, como la labranza para cultivos o para preparar las tierras para forestación o reforestación, pueden afectar a las emisiones y absorciones de gases distintos del CO_2. En el Cuadro 4.3.2 se enumeran las posibles prácticas de los proyectos de UTCUTS que pueden afectar a las emisiones y absorciones de gases distintos del CO_2. Sin embargo, las definiciones y modalidades aplicables a los proyectos comprendidos en el artículo 12, que se están negociando en el momento de redactar esta sección, pueden determinar cuáles de esas prácticas deben incluirse en la medición y la vigilancia de dichos proyectos y en los informes que se presenten al respecto.

CUADRO 4.3.2
PRÁCTICAS DE PROYECTOS DE UTCUTS QUE PUEDEN TENER COMO RESULTADO EMISIONES O ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Práctica	Efecto sobre gases distintos del CO_2	Proceso de emisión o absorción
Quema de biomasa	Fuente de CH_4 y N_2O[a]	Combustión[b]
Aplicación de fertilizantes sintéticos y orgánicos	Fuente de N_2O	Nitrificación/desnitrificación de fertilizantes y complementos orgánicos aplicados a los suelos
	Reducción de la absorción de CH_4	Supresión de la oxidación microbiana del CH_4 en el suelo
Plantación de árboles, cultivos y forrajes fijadores de nitrógeno	Fuente de N_2O	Nitrificación/desnitrificación del N del suelo mediante su fijación biológica mejorada
Reinundación del suelo	Fuente de CH_4	Descomposición anaeróbica de la materia orgánica de los suelos
	Reducción/eliminación de fuente de N_2O	Disminución de la mineralización de la materia orgánica del suelo
Drenaje del suelo	Reducción/eliminación de fuente de CH_4	Reducción de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica
	Fuente de N_2O	Mineralización de la materia orgánica del suelo y posterior nitrificación/desnitrificación de nitrógeno mineralizado
Alteraciones del suelo	Fuente de N_2O	Mineralización de la materia orgánica del suelo y posterior nitrificación/desnitrificación de nitrógeno mineralizado
	Reducción de la absorción de CH_4	Supresión de la oxidación microbiana del CH_4 del suelo
Cambios en la gestión de pastizales[c]	Aumento o reducción de la fuente de CH_4 y N_2O debido a los efectos causados en la producción ganadera	Digestión animal (CH_4)
		Descomposición anaeróbica del estiércol almacenado en sistemas de manejo del estiércol y aplicado/depositado en los suelos (CH_4)
		Nitrificación/desnitrificación del N en el estiércol almacenado en sistemas de manejo del estiércol y aplicado/depositado en los suelos (N_2O)

[a] La quema de biomasa también es una fuente de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano. No se hace aquí referencia a estas emisiones por tratarse de gases no previstos en el Protocolo de Kyoto.

[b] Algunos experimentos indican que la quema abierta de biomasa (es decir, la quema de vegetación a campo abierto) produce elevadas emisiones de N_2O de los suelos hasta seis meses después de realizada (véase el Capítulo 5 del Volumen 3 de las *Directrices del IPCC*). Sin embargo, hay otros experimentos que no han detectado un efecto de larga duración sobre las emisiones de N_2O del suelo, por lo que no se hace referencia aquí a ese proceso.

[c] Por ejemplo, los cambios en la combinación de especies de plantas de pastizales utilizada para aumentar el carbono del suelo podrían afectar a la producción ganadera y, por ende, a los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 que produce.

En general se recomienda estimar las emisiones y absorciones netas de gases de efecto invernadero causadas por estas prácticas con datos sobre la actividad del proyecto de que se trate y factores de emisión específicos del lugar en cuestión. También se recomienda derivar los factores de emisión de mediciones sobre el terreno bien diseñadas y realizadas, ya sea en el lugar o los lugares del proyecto o en lugares cuyas condiciones se considere que reproducen las condiciones del lugar del proyecto, o a partir de modelos de simulación validados, calibrados y bien documentados aplicados con datos provenientes específicamente del lugar del proyecto. En las *Directrices del IPCC* modificadas por *OBP2000* y en el Capítulo 3 se indican los métodos y factores de emisión por defecto de Nivel 1 para estimar las emisiones causadas por varias de estas prácticas a nivel nacional (véase el Cuadro 4.3.3). Sin embargo, estos documentos ofrecen escasa *orientación sobre las buenas prácticas* aplicables a la medición o a la creación de modelos de simulación de las emisiones y absorciones derivadas de dichas prácticas. Como estas prácticas, en los inventarios nacionales del IPCC, corresponden a sectores distintos del Cambio del uso de la tierra y la silvicultura (p. ej. el sector Energía o Agricultura), una detallada *orientación sobre las buenas prácticas* de medición, vigilancia y estimación de las emisiones y la absorción causadas por ellas excede del alcance de esta publicación.

Los cambios en las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 causados por estas prácticas pueden ser relativamente pequeños en comparación con las variaciones netas en el carbono almacenado durante el período abarcado por el proyecto de UTCUTS. Por lo tanto, cuando alguna de estas prácticas forma parte de un proyecto de UTCUTS, se recomienda estimar en primer lugar los cambios anuales netos probables en las emisiones o absorciones de gases distintos del CO_2 durante el período del proyecto sobre la base de los datos relativos a sus actividades y los métodos y factores de emisión por defecto del IPCC establecidos en las *Directrices del IPCC* modificadas por *OBP2000* y en el Capítulo 3 de esta publicación. Si, en términos netos, el cambio medio anual previsto de las emisiones o absorciones de gases distintos del CO_2 es relativamente pequeño, por ejemplo, de menos de alrededor del 10% del valor neto de la variación total anual prevista en el carbono almacenado sobre una base equivalente al CO_2, puede ser acertado emplear los factores de emisión por defecto del IPCC. En cambio, si el valor neto del cambio medio anual previsto de las emisiones o absorciones de gases distintos del CO_2 causadas por una actividad es relativamente importante, por ejemplo, superior a alrededor del 10% del valor neto de la variación media anual prevista del carbono almacenado sobre una base equivalente al CO_2, se recomienda elaborar factores de emisión específicos para el proyecto de que se trate, ya sea con mediciones o con modelos de simulación.

CUADRO 4.3.3
UBICACIÓN DE LOS MÉTODOS Y DATOS POR DEFECTO DEL IPCC PARA ESTIMAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

Práctica	Ubicación de métodos y datos por defecto del IPCC
Quema de biomasa	• Metodologías sobre coeficientes de emisión y coeficientes de emisión correspondientes a la quema en recinto cerrado para producción de energía en el capítulo Energía de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000.* • Metodologías sobre coeficientes de emisión y coeficientes de emisión correspondientes a la quema en campo abierto en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000.* • Coeficiente de emisión y metodología sobre factores de emisión, eficiencia de combustión, coeficientes de emisión y factores de emisión para la quema en campo abierto en ecosistemas de bosques, pastizales y sabanas en el Capítulo 3 de esta publicación (véanse las Secciones 3.2.1.4 y 3.4.1.3 y el Anexo 3A.1).
Aplicación de fertilizantes sintéticos y orgánicos[a]	• Método sobre factores de emisión, contenido de nitrógeno de fertilizantes, tasas de volatilización y lixiviación/escorrentía y factores de emisión por defecto correspondientes a las emisiones de N_2O en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. Nota: deben estimarse tanto las emisiones directas como indirectas de N_2O, si bien algunas emisiones indirectas pueden producirse fuera del ámbito geográfico de un proyecto. • Las emisiones de N_2O de los suelos fertilizados pueden resultar afectadas por el aporte de cal (véase la Sección 3.2.1.4). Sin embargo, como se ha detectado que ese aporte incrementa y reduce a la vez las emisiones de N_2O procedentes de la fertilización, no se han proporcionado los factores de emisión por defecto para la aplicación de fertilizantes a los suelos con aporte de cal.
Plantación de árboles, cultivos y forrajes fijadores de N	• Método sobre factores de emisión, contenido de nitrógeno de la biomasa y factor de emisión de los cultivos y forrajes en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. El método se basa en la cantidad de nitrógeno existente en la biomasa aérea producida anualmente, que se usa como valor representativo de la cantidad adicional de nitrógeno disponible para la nitrificación y desnitrificación. No se han elaborado métodos por defecto para árboles leguminosos (véase la Sección 3.2.1.4 del Capítulo 3 de esta publicación).
Reinundación y drenaje del suelo	• Los métodos y los factores de emisión de N_2O calculados sobre la base de la superficie para el drenaje de suelos forestales y humedales en los apéndices 3a.2 y 3a.3, respectivamente, de esta publicación. • No se proporcionan métodos ni factores de emisión para el CH_4.
Alteraciones del suelo	• Método y factores de emisión de N_2O correspondientes al cultivo de suelos orgánicos (como histosoles) en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. • Para las alteraciones de suelos minerales, métodos y factores de emisión para estimar los aumentos de las emisiones de N_2O en tierras convertidas en tierras agrícolas en la Sección 3.3.2.3 de esta publicación. • No se proporcionan métodos ni factores de emisión para el CH_4.
Cambios en la gestión de pastizales	• Metodologías sobre factores de emisión para la digestión animal y la aplicación/deposición de estiércol en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. También se proporcionan los factores de emisión y los datos para calcularlos, así como los modelos para estimar las emisiones en algunas especies animales. Los factores de emisión específicos de cada proyecto correspondientes a determinadas especies animales pueden obtenerse aplicando datos específicos del proyecto (p. ej., el peso del animal y la digestibilidad de la alimentación) a los modelos de estimación de las emisiones del IPCC.

[a] El término "fertilizante" abarca en este caso los fertilizantes tanto sintéticos como orgánicos, tales como la urea y el abono compuesto, y complementos orgánicos para el suelo como los residuos de cultivos sin abono compuesto.

4.3.3.7 VIGILANCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO CAUSADAS POR LAS PRÁCTICAS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del uso directo de energía en las actividades del proyecto pueden ser considerables. Esta energía directa incluye los combustibles y la electricidad que se consume en los equipos móviles y fijos. Son ejemplos de fuentes móviles los tractores utilizados para la

preparación del lugar, la aplicación de fertilizantes, la labranza o la plantación; los medios de transporte por carretera hacia los lugares de vigilancia y desde ellos; las unidades livianas de transporte ferroviario para el traslado de troncos fuera del bosque; medios de transporte aéreo como los helicópteros utilizados para el traslado de troncos, y el transporte fluvial de troncos fuera del bosque. Los equipos fijos, que en la mayoría de los proyectos de UTCUTS representan normalmente una fuente menos importante de emisiones de gases de efecto invernadero, pueden ser máquinas tales como las mezcladoras de suelos y equipos de jardinería usados en viveros, bombas de riego e iluminación. Los operadores de los proyectos deben determinar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del uso directo de combustibles fósiles y electricidad en equipos móviles y fijos e informar al respecto.

El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero que se emite como consecuencia del consumo de combustible fósil en equipos fijos y móviles. Como las emisiones de N_2O y CH_4 probablemente representen una proporción relativamente pequeña del uso total de energía en los proyectos, la estimación de esas emisiones queda al criterio del usuario.

Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de fuentes fijas pueden estimarse aplicando los factores de emisión apropiados a la cantidad de combustible o electricidad consumida (véase el capítulo Energía de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*). Las emisiones procedentes de fuentes móviles pueden estimarse mediante un criterio basado en el combustible o en la distancia (véase el Recuadro 4.3.5 y el capítulo Energía de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*).

RECUADRO 4.3.5
ORIENTACIÓN SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE FUENTES MÓVILES

Las emisiones directas de gases de efecto invernadero procedentes del uso de vehículos pueden estimarse mediante una de las dos metodologías siguientes:

Método basado en el combustible

Método basado en la distancia

La elección de la metodología depende de la disponibilidad de datos. Sin embargo, el método basado en el combustible es el preferido para todos los medios de transporte, pues se asocia a una menor incertidumbre. En este caso es necesario vigilar y registrar la cantidad de combustible fósil, habitualmente gasolina y/o combustible diésel, que se somete a combustión durante las actividades del proyecto. En las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* puede verse una descripción detallada de estas metodologías.

4.3.3.8 CONSIDERACIONES PARA EL PLAN DE VIGILANCIA

El plan de vigilancia tiene un significado específico en el contexto de los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto. El plan prevé, aunque no en forma excluyente, la planificación de las mediciones que demostrarán cómo repercute el proyecto en el carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 a lo largo del tiempo. En esta subsección se brinda orientación general solamente sobre los aspectos de medición del plan.

4.3.3.8.1 PROYECTOS DE VIGILANCIA CON PEQUEÑOS PROPIETARIOS DE TIERRAS

Se debe prestar atención a los proyectos de vigilancia en que puedan intervenir muchos pequeños propietarios de tierras que explotan parcelas de tierra reducidas pero bien diferenciadas diseminadas en una determinada región. Como ya se ha descrito (Sección 4.3.3.2), la extensión de tierra que abarca el proyecto puede deslindarse y estratificarse con técnicas estándar, tanto si está formada por una parcela contigua perteneciente a uno o dos grandes propietarios, como si se trata de muchas parcelas pequeñas diseminadas en una gran superficie y pertenecientes a muchos pequeños propietarios No se pretende que cada parcela sea vigilada como si constituyera un proyecto independiente, pero se puede tratar como si fuera un proyecto separado en lo que se refiere a la vigilancia del carbono a nivel del proyecto, según se ha descrito anteriormente. Sin embargo, al estar el proyecto dividido entre varios pequeños propietarios, es una *buena práctica* preparar protocolos de vigilancia a nivel de todo el proyecto total y luego elaborar indicadores que puedan vigilarse a nivel de la parcela para garantizar una buena ejecución de todo el proyecto (véase el Recuadro 4.3.6).

RECUADRO 4.3.6
PROYECTOS DE VIGILANCIA CON LA PARTICIPACIÓN DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS DE TIERRAS

Cuando en los proyectos participan varios pequeños propietarios de tierras, a los efectos de vigilar las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y la absorción de gases de efecto invernadero distintos del CO_2, será necesario dividir el sistema de vigilancia en dos niveles: 1) el nivel del proyecto y 2) el nivel de la parcela, como se indica a continuación:

Nivel 1: nivel del proyecto

Para cada actividad realizada en la zona del proyecto, es una *buena práctica* elaborar una descripción técnica en la que se establezcan los objetivos de la gestión, las especies, el suelo, las condiciones climáticas y de vegetación apropiadas para la actividad, los aportes previstos en términos de materiales y mano de obra y los resultados esperados en términos de crecimiento y rendimiento de la producción. Las descripciones técnicas deben también incluir cuadros en los que se relacionen determinados indicadores de fácil medición a nivel de la parcela (p. ej., el *diámetro a la altura del pecho* o *la altura máxima)* con las estimaciones del carbono almacenado. Estos cuadros pueden elaborarse haciendo referencia a la Sección 4.3.3.5, mediante el uso de métodos directos o indirectos. La *buena práctica* también aconseja establecer cierto número de parcelas de muestreo dentro de la zona del proyecto para mantener y mejorar la calibración de los cuadros mencionados (de acuerdo con la Sección 4.3.3.4). Cada descripción técnica debe asimismo incluir una serie de parámetros que se usarán para determinar el valor de referencia del carbono almacenado, en comparación con el cual se medirá la absorción de carbono. Se presentará también en forma de cuadro una serie similar de indicadores de fácil medición a nivel de la parcela para compararlos con el valor de referencia del carbono almacenado.

Nivel 2: nivel de la parcela

Dentro de cada parcela se pueden realizar las siguientes mediciones: 1) una verificación para determinar si la actividad ejecutada en la parcela se ajusta a los parámetros establecidos en la descripción técnica (p. ej., las especies, la densidad de plantación y el clima correctos), 2) medición de los indicadores de referencia, y 3) medición de los indicadores de la actividad.

Luego se estiman las variaciones en el carbono almacenado con referencia a los cuadros incluidos en las correspondientes descripciones técnicas. Deben usarse procedimientos de garantía de la calidad para examinar los métodos de recopilación de datos en ambos niveles dentro de esos proyectos.

4.3.3.8.2 FRECUENCIA DE VIGILANCIA DEL CONTENIDO DE CARBONO

A efectos de determinar la frecuencia de la vigilancia es preciso tener en cuenta la dinámica del carbono y los costos del proyecto. En los trópicos, las variaciones del carbono almacenado en los árboles y en el suelo en un proyecto de forestación o reforestación pueden detectarse mediante mediciones realizadas a intervalos de unos tres años o menos (Shepherd y Montagnini, 2001). En las zonas templadas, habida cuenta de la dinámica de los procesos forestales, generalmente se miden cada cinco años (como en muchos inventarios forestales nacionales). En el caso de los depósitos de carbono que reaccionan con mayor lentitud, como el suelo, podrían usarse períodos aún más prolongados. Por ello, se recomienda que para el carbono acumulado en los árboles la frecuencia de la vigilancia se defina de acuerdo con la tasa de variación del carbono almacenado y se ajuste a la duración de la rotación (en el caso de las plantaciones) y al ciclo de cultivo (en el caso de las tierras agrícolas y pastizales).

4.3.3.8.3 ACTUACIÓN GENERAL EN EL LUGAR DEL PROYECTO

La vigilancia de las variaciones en el carbono almacenado y en los gases de efecto invernadero distintos del CO_2 en las parcelas de muestreo permanentes no proporciona necesariamente por sí sola la información que se requiere para evaluar si se están produciendo las mismas variaciones en el carbono almacenado a nivel de todo el proyecto, y si el proyecto está cumpliendo sus objetivos; p. ej., plantar varios miles de hectáreas de bosques. Las visitas periódicas a las parcelas de vigilancia del carbono solamente mostrarán que en esas parcelas (cuya ubicación se eligió al azar y que deben ser representativas de la población) el carbono se está acumulando con una exactitud y una precisión conocidas a determinado nivel de confianza. Como quienes diseñen el proyecto conocerán la ubicación de las parcelas, también es importante que se hagan verificaciones amplias a lo largo del tiempo para garantizar que el resultado del proyecto en su conjunto sea el mismo que el de las parcelas individuales. Esto puede lograrse mediante la verificación de la situación sobre el terreno por parte de terceros, usando indicadores de los cambios producidos en el carbono almacenado, como la altura de los árboles en proyectos de forestación o reforestación y la productividad de los cultivos en proyectos de gestión de tierras

agrícolas. Una *buena práctica* para quienes diseñen los proyectos es elaborar indicadores que puedan ser fácilmente verificados sobre el terreno en toda la zona del proyecto. Para vigilar la actuación general en el lugar del proyecto (es decir, las actividades del proyecto que se llevan a cabo en la totalidad de su zona) puede aplicarse uno de los métodos siguientes, dependiendo del nivel de la tecnología y los recursos disponibles:

- Visitas de observación al lugar del proyecto con documentación fotográfica. Se recomienda inspeccionar cuidadosamente toda la zona plantada en cada región y tomar y registrar por fechas diversas fotografías. Los informes y las fotos sobre el terreno deberán incorporarse al registro permanente.
- Imágenes digitales aéreas obtenidas con espectrómetros múltiples (particularmente infrarrojos) de sectores localizados con el sistema mundial de determinación de la posición en cada superficie plantada. Al igual que en el caso anterior, toda la documentación y las fotografías digitales fechadas deben formar parte de los registros del proyecto.
- Teledetección con el uso de datos satelitales de muy alta resolución (como Ikonos, QuickBird) o de alta resolución (como Spot, Landsat, RadarSat, Envisat ASAR). La decisión sobre el tipo de imagen satelital que se usará dependerá de la magnitud del proyecto (cientos a miles de hectáreas), su ubicación (mayormente cubierto por nubes altas o a menudo libre de ellas) y de los recursos del proyecto.

4.3.4 Plan de garantía de la calidad y control de la calidad

La vigilancia requiere la aplicación de disposiciones sobre garantía de la calidad (GC) y control de la calidad (CC) en el marco de un plan de GC/CC. Este plan debe formar parte de la documentación del proyecto y abarcar los procedimientos descritos anteriormente para: 1) recopilar mediciones sobre el terreno que sean fiables, 2) verificar los métodos utilizados para reunir datos sobre el terreno, 3) verificar las técnicas de introducción y análisis de datos y 4) mantenimiento y archivo de datos. Si después de ejecutar el plan de GC/CC se observa que no se ha conseguido el grado de precisión deseado, será necesario realizar mediciones adicionales sobre el terreno hasta lograrlo.

4.3.4.1 PROCEDIMIENTOS PARA GARANTIZAR QUE LAS MEDICIONES SOBRE EL TERRENO SEAN FIABLES

La obtención de datos fiables con las mediciones realizadas sobre el terreno constituye un aspecto importante del plan de garantía de la calidad. Los encargados de las tareas de medición deben ser verdaderos especialistas en todos los aspectos de la recopilación de datos sobre el terreno y su análisis. Es una *buena práctica* elaborar procedimientos operacionales estándar (POE) para cada etapa de las mediciones sobre el terreno y cumplirlos en todo momento. Estos POE deben describir en detalle todas las etapas de las mediciones sobre el terreno y prever disposiciones con respecto a la documentación necesaria para la verificación, de manera que el futuro personal sobre el terreno pueda comprobar los resultados anteriores y repetir las mediciones de manera coherente.

A fin de garantizar que los datos recopilados sobre el terreno sean fiables, es una *buena práctica* velar por que:

- Los miembros del equipo que va a trabajar sobre el terreno tengan pleno conocimiento de todos los procedimientos y de la importancia de recopilar datos con la mayor precisión;
- Los equipos instalen, si es necesario, parcelas de prueba sobre el terreno y midan todos los componentes pertinentes utilizando los POE;
- Todas las mediciones sobre el terreno sean verificadas por una persona calificada en cooperación con el equipo sobre el terreno y se corrija cualquier error que se detecte en las técnicas utilizadas;
- Se archive, junto con los documentos del proyecto, un documento en el que conste que se han seguido estos pasos. En ese documento figurarán los nombres de todos los miembros del equipo sobre el terreno, y el jefe del proyecto certificará que el equipo está calificado.
- Se forme debidamente al personal nuevo.

4.3.4.2 PROCEDIMIENTOS PARA VERIFICAR LA RECOPILACIÓN DE DATOS SOBRE EL TERRENO

Una *buena práctica* para verificar que se han establecido las parcelas y que las mediciones se han realizado correctamente consiste en:

- Volver a medir en forma independiente cada 8 a 10 parcelas y comparar las medidas para detectar errores, que deberán solucionarse, corregirse y registrarse. La nueva medición de las parcelas permanentes tiene por objeto verificar que los procedimientos de medición se han llevado a cabo correctamente.
- Al finalizar el trabajo sobre el terreno, verificar de manera independiente una proporción de entre 10% y 20% de las parcelas. Los datos recopilados sobre el terreno en esta etapa se compararán con los datos originales. Todo error detectado será corregido y registrado. Los errores observados se expresarán como porcentaje de todas las parcelas que hayan sido nuevamente verificadas para obtener una estimación del error en la medición.

4.3.4.3 PROCEDIMIENTOS PARA VERIFICAR LA ENTRADA Y EL ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para obtener estimaciones fiables del carbono es necesario introducir correctamente los datos en las hojas electrónicas que permiten analizarlos. Los errores que se hayan podido cometer en este proceso podrán minimizarse si los datos introducidos sobre el terreno y en el laboratorio se someten al dictamen de expertos y, cuando sea necesario, se comparan con datos independientes para garantizar que sean realistas. La comunicación entre todo el personal que participe en la medición y el análisis de los datos permitirá solucionar cualquier anomalía aparente antes de que quede terminado el análisis final de los datos de vigilancia. Si se plantea algún problema que no pueda resolverse con respecto a los datos de vigilancia de determinada parcela, esa parcela no se utilizará en el análisis.

4.3.4.4 MANTENIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

Como el período de ejecución de estos proyectos es relativamente largo, el archivo de datos (mantenimiento y almacenamiento) será un componente importante de la tarea (véase también la Sección 5.5.6). El archivo de los datos puede revestir diferentes formas, y todos los participantes en el proyecto deben recibir copia de todos los datos.

Las copias (en formato electrónico y/o impresas) de todos los datos sobre el terreno, sus análisis y los modelos, las estimaciones de las variaciones en el carbono almacenado y en los gases de efecto invernadero distintos del CO_2, así como los correspondientes cálculos y modelos utilizados, todos los productos del SIG y las copias de los informes de medición y vigilancia deben ser almacenados en un lugar seguro y destinado únicamente a ese fin, preferentemente fuera del lugar del proyecto.

Habida cuenta de la duración del proyecto, así como del ritmo de producción de nuevos equipos y versiones actualizadas de programas informáticos para el almacenamiento de datos, se recomienda que las copias electrónicas de los datos e informes se actualicen periódicamente o se conviertan en un formato al que pueda accederse con cualquier programa informático futuro.

Anexo 4A.1 Instrumento para estimar las variaciones del carbono almacenado en el suelo asociados a cambios en la ordenación de tierras agrícolas y pastizales sobre la base de datos por defecto del IPCC

(Véase el CD-ROM adjunto)

Anexo 4A.2 Ejemplos de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa de los árboles sobre el suelo y bajo el suelo

CUADRO 4.A.1
ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (KG DE MATERIA SECA POR ÁRBOL) DE ESPECIES DE MADERA DURA Y ESPECIES DE PINOS DE ZONAS TROPICALES Y TEMPLADAS

Euación	Tipo de bosque[a]	R^2/tamaño de la muestra	Gama de DAP (cm.)
$Y = \exp[-2{,}289 + 2{,}649 \cdot \ln(DAP) - 0{,}021 \cdot (\ln(DAP))^2]$	Maderas duras de zonas tropicales húmedas	0,98/226	5 - 148
$Y = 21{,}297 - 6{,}953 \cdot (DAP) + 0{,}740 \cdot (DAP)^2$	Maderas duras de zonas tropicales muy húmedas	0,92/176	4 - 112
$Y = 0{,}887 + [(10486 \cdot (DAP)^{2,84}) / ((DAP^{2.84}) + 376907)]$	Pinos de zonas templadas/tropicales	0,98/137	0,6 - 56
$Y = 0{,}5 + [(25000 \cdot (DAP)^{2,5}) / ((DAP^{2,5}) + 246872)]$	Maderas duras de la zona templada del este de los Estados Unidos	0,99/454	1,3 - 83,2

Donde:

Y= materia seca sobre el suelo, Kg $(árbol)^{-1}$
DAP = diámetro a la altura del pecho, cm.
ln = logaritmo natural
exp = "e elevada a la potencia de"

[a] Las zonas tropicales húmedas se caracterizan en general por tener precipitaciones de 2.000 a 4.000 mm/año en las tierras bajas; la denominación de "zona tropical muy húmeda" se refiere a zonas con precipitaciones de más de 4.000 mm/año en las tierras bajas (para más detalles véase Brown, 1997).

Fuentes: Datos actualizados de Brown, 1997; Brown y Schroeder, 1999; Schroeder *et al.*, 1997

CUADRO 4.A.2
ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (KG DE MATERIA SECA POR ÁRBOL) DE PALMERAS COMUNES EN LOS BOSQUES TROPICALES HÚMEDOS DE AMERICA LATINA. SE COSECHARON 15 ÁRBOLES DE CADA ESPECIE

Ecuación	Especies de palmeras	R^2	Gama de altura (AT en m)
$Y = 0{,}182 + 0{,}498 \cdot AT + 0{,}049 \cdot (AT)^2$	*Chrysophylla* sp	0,94	0,5-10,0
$Y = 10{,}856 + 176{,}76 \cdot (AT) - 6{,}898 \cdot (AT)^2$	*Attalea cohune*	0,94	0,5-15,7
$Y = 24{,}559 + 4{,}921 \cdot AT + 1{,}017 \cdot (AT)^2$	*Sabal* sp	0,82	0,2-14,5
$Y = 23{,}487 + 41{,}851 \cdot (\ln(AT))^2$	*Attalea phalerata*	0,62	1-11
$Y= 6{,}666 + 12{,}826 \cdot (AT^{0.5}) \cdot \ln(AT)$	*Euterpe precatoria & Phenakospermun guianensis*	0,75	1-33

Donde :

Y = materia seca sobre el suelo, kg $(árbol)^{-1}$
AT = altura del tronco, metros (en las palmeras este es el tallo principal, excluidas las hojas)
ln = logaritmo natural

Fuente: Delaney *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 2001

CUADRO 4.A.3
EJEMPLOS DE ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (KG DE MATERIA SECA POR ÁRBOL) DE ALGUNAS ESPECIES INDIVIDUALES USADAS COMUNMENTE EN LOS TRÓPICOS

Ecuación	Especies	R^2	Altura de DAP/SB (cm)[a]	Gama de diámetros (cm)	Fuente
$Y = 0{,}153 \cdot DAP^{2{,}382}$	*Tectona grandis* [b]	0,98	130	10-59	1
$Y = 0{,}0908 \cdot DAP^{2{,}575}$	*Tectona grandis* [c]	0,98	130	17-45	2
$Y = 0{,}0103 \cdot DAP^{2{,}993}$	*Bombacopsis quinatum* [d]	0,97	130	14-46	3
$Y = 1{,}22 \cdot DAP^2 \cdot AT \cdot 0{,}01$	*Eucalyptus sp.* [e]	0,97	130	1-31	4
$Y = 0{,}08859 \cdot DAP^{2{,}235}$	*Pinus pinaster* [f]	0,98	10	0-47	5
$Y = 0{,}97 + 0{,}078 \cdot SB - 0{,}00094 \cdot SB^2 + 0{,}0000064 \cdot SB^3$	*Bactris gasipaes* [g]	0,98	100	2-12	6
$Y = -3{,}9 + 0{,}23 \cdot SB + 0{,}0015 \cdot SB^2$	*Theobroma grandiflora* [g]	0,93	30	6-18	6
$Y = -3{,}84 + 0{,}528 \cdot SB + 0{,}001 \cdot SB^2$	*Hevea brasiliensis* [g]	0,99	150	6-20	6
$Y = -6{,}64 + 0{,}279 \cdot SB + 0{,}000514 \cdot SB^2$	*Citrus sinensis* [g]	0,94	30	8-17	6
$Y = -18{,}1 + 0{,}663 \cdot SB + 0{,}000384 \cdot SB^2$	*Bertholletia excelsa* [g]	0,99	130	8-26	6

Donde:

Y = materia seca sobre el suelo, kg $(árbol)^{-1}$
DAP = diámetro, cm
AT = altura total del árbol, metros
SB = superficie basimétrica, cm^2

[a] La altura DAP/SB es la altura sobre el suelo a la que se midió el diámetro o la superficie basimétrica, cm

[b] 87 ejemplares de 5 a 47 años de edad.

[c] 9 ejemplares de 20 años de edad.

[d] 17 ejemplares de 10 a 26 años de edad.

[e] Valores agrupados para 458 ejemplares de *Eucalyptus ovata*, *E. saligna*, *E. globulus* y *E. nites* de 2 a 5 años de edad.

[f] 148 ejemplares de 1 a 47 años de edad.

[g] 7 a 10 ejemplares de 7 años de edad.

Fuentes: 1) Pérez y Kanninen, 2003; 2) Kraenzel *et al.*, 2003; 3) Pérez y Kanninen, 2002; 4) Senelwa y Sims, 1998; 5) Ritson y Sochacki, 2003; 6) Schroth et al., 2002.

CUADRO 4.A.4
ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR LA BIOMASA BAJO EL SUELO O LA BIOMASA DE LAS RAÍCES DE LOS BOSQUES AUNQUE EL R^2 NO AUMENTÓ MUCHO CON LA EDAD Y LA LATITUD, LOS COEFICIENTES FUERON MUY SIGNIFICATIVOS

Condiciones y variables independientes	Ecuación	Tamaño de la muestra	R^2
Todos los bosques, BSS	Y=exp[–1,085 + 0,9256 • ln(BSS)]	151	0,83
Todos los bosques, BSS y EDAD	Y=exp[–1,3267+0,8877•ln(BSS)+0,1045•ln(EDAD)	109	0,84
Bosques tropicales, BSS	Y=exp[–1,0587 + 0,8836 • ln(BSS)]	151	0,84
Bosques templados, BSS	Y=exp[–1,0587 + 0,8836 • ln(BSS) + 0,2840]	151	0,84
Bosques boreales, BSS	Y=exp[–1,0587 + 0,8836 • ln(BSS) + 0,1874]	151	0,84

Donde:

Y= biomasa de la raíz en Mg ha^{-1} de materia seca
ln = logaritmo natural
exp = "e elevado a la potencia de"
BSS = biomasa sobre el suelo en Mg ha^{-1} de materia seca
EDAD = edad del bosque, años

Fuente: Cairns *et al.*, 1997

Referencias

MÉTODOS DE ESTIMACIÓN, MEDICIÓN, VIGILANCIA Y COMUNICACIÓN DE ACTIVIDADES DE PROYECTOS DE UTCUTS CON ARREGLO AL PÁRRAFO 3 DEL ARTÍCULO 3 Y AL PÁRRAFO 4 DEL ARTÍCULO 3

Coleman K. y Jenkinson D.S. (1996). RothC-26.3- A Model for the turnover of carbon in soil. En: Powlson D.S., Smith P. y Smith J.U. (eds.). Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing, Long-Term Datasets, NATO ASI Series I, Vol.38, Springer-Verlag, Heidelberg, págs. 237 a 246. 34

Flanagan L.B., Wever L.A., y Carlson P.J. (2002). Seasonal and interannual variation in carbon dioxide exchange and carbon balance in a northern temperate grassland. *Global Change Biology,* 8: págs. 599 a 615.

Follett R.F., Kimble R.F., y Lal R. (2000). The potential of U.S. grazing lands to sequester carbon. En: Follett R.F., Kimble J.M. y Lal R. (eds).The potential of U.S. grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Lewis Publishers, Boca Ratón: págs. 401 a 430.

Griffis T.J., Rouse W.R., y Waddington J.M. (2000). Interannual variability of net ecosystem CO_2 exchange at a subarctic fen. *Global Biogeochemical Cycles,* 14: págs. 1109 a 1121.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996.* IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación sobre las buenas prácticas y gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Guo, L.B. y Gifford R.M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology,* 8: págs. 345 a 360.

Kurz W.A. y Apps M.J. (1999). A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector. *Ecological Applications,* 9(2): págs. 526 a 547.

Kurz W.A., Apps M.J., Webb T.M. y McNamee P.J. (1992). The carbon budget of the Canadian forest sector: phase I. Forestry Canada, Northwest Region. Information Report NOR-X-326, 93 págs.

Lal R., Kimble J.M., Follet R.F., Cole C.V. (1998). The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Ann Arbor Press, Chelsea, MI. 128 págs.

Linn D.M., Doran J.W. (1984). Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. *Soil Science Society of America Journal,* 48: págs. 1267 a 1272.

MacKenzie A.F., Fan M.X. y Cadrin F. (1998). Nitrous oxide emission in three years as affected by tillage, corn-soybean-alfalfa rotations, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality* 27: págs. 698 a 703.

Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V. y Ojima D.S. (1987). Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal* 51, 1173 a 1179.

Paustian K., Andrén O., Janzen H.H., Lal R., Smith P., Tian G., Tiessen H., van Noordwijk M. y Woomer P.L. (1997). Agricultural soils as a sink to mitigate CO_2 emissions. *Soil Use and Management,* 13: págs. 229 a 244.

Robertson G.P., Paul E.A., Harwood R.R. (2000). Greenhouse gases in intensive agriculture: Contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science,* 289 (5486): págs. 1922 a 1925.

Smith P., Goulding K.W., Smith K.A., Powlson D.S., Smith J.U., Falloon P.D., Coleman K. (2001). Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: Including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential. *Nutrient Cycling in Agroecosystems,* 60: págs. 237 a 252.

Smith P., Powlson D.S., Glendining M.J. y Smith J.U. (1997). Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. *Global Change Biology,* 3: págs. 67 a 79.

Smith P., Powlson D.S., Glendining M.J., Smith J.U. (1998). Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology,* 4: págs. 679 a 685.

Smith P., Powlson D.S., Smith J.U., Falloon P.D. y Coleman K. (2000). Meeting Europe's Climate Change Commitments: Quantitative Estimates of the Potential for Carbon Mitigation by agriculture. *Global Change Biology,* 6: págs. 525 a 539.

Tian H., Melillo J.M., Kicklighter D.W., McGuire A.D., Helfrich J.V.K. III, Moore B.I. y Vorosmarty C.J. (1998). Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian ecosystems. *Nature,* 396: págs. 664 a 667.

Tate K.R., Scott N.A., Saggar S., Giltrap D.J., Baisden W.T., Newsome P.F., Trotter C.M., Wilde R.H. (2003). Land-use change alters New Zealand's terrestrial carbon budget: uncertainties associated with estimates of soil carbon change between 1990-2000. *Tellus,* 55B: págs. 364 a 377.

Vinten A.J.A., Ball B.C., O'Sullivan M.F., y Henshall J.K. (2002). The effects of cultivation method, fertilizer input and previous sward type on organic C and N storage and gaseous losses under spring and winter barley following long-term leys. *J. Agric. Sci. Camb.*, 139 (3), págs. 231 a 243.

Weier K.L., McEwan C.W., Vallis I., Catchpoole V.R., y Myers R.J. (1996). Potential for biological denitrification of fertilizer nitrogen in sugarcane soils. *Aust. J. Agric. Res.*, 47: págs. 67 a 79.

PROYECTOS DE UTCUTS

Araújo T.M., Higuchi N. y de Carvalho Junior J.A. (1999). Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *For. Ecol. Manage,* 117: págs. 43 a 52.

Avery T.E. y Burkhart H.E. (eds.). (1983). *Forest Measurements*. 3a. edición. McGraw-Hill, Nueva York.

Beets P.N., Robertson K.A., Ford-Robertson J.B., Gordon J., y Maclaren J.P. (1999). Description and validation of C change: a model for simulating carbon content in managed *Pinus radiata* stands. *New Zealand Journal of Forestry Science* 29(3): págs. 409 a 427.

Bennie A.T.P., Taylor H.M., y Georgen P.G. (1987). An assessment of the core-break method for estimating root density of different crops in the field. *Soil Till. Res.* 9: págs. 347 a 353.

Blake, G.R. y Hartage K.H. (1986). Bulk density. In Klute A. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. *Agronomy No. 9.* ASA, Madison, WI. págs. 363 a 375.

Bland W.L. (1989). Estimating root length density by the core-break method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: págs. 1595 a 1597.

Böhm W. (1979). Methods of Studying Root Systems. Springer-Verlag, Nueva York.

Boscolo M., Powell M., Delaney M., Brown S., y Faris R. (2000). The cost of inventorying and monitoring carbon. Lessons from the Noel Kempff Climate Action Project. *Journal of Forestry*, septiembre, págs. 24 a 27 y 29 a 31.

Brown J.K y Roussopoulos J.K. (1974). Eliminating biases in the planar intercept method for estimating volumes of small fuels. *Forest Science* 20: págs. 350 a 356.

Brown S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper No.134. Roma (Italia), 55 págs.

Brown S. (2002). Measuring, monitoring, and verification of carbon benefits for forest-based projects. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A 360: págs. 1669 a 1684.

Brown S., Burnham M., Delaney M., Vaca R., Powell M. y Moreno A. (2000a). Issues and challenges for forest-based carbon-offset projects: a case study of the Noel Kempff Climate Action Project in Bolivia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Climate Change* 5: págs. 99 a 121.

Brown S., Delaney M. y Shoch D. (2001). Carbon monitoring, analysis, and status report for the Rio Bravo Carbon Sequestration Pilot Project. Report to the Programme for Belize, Winrock International, Arlington, VA, EE.UU.

Brown S., Masera O. y Sathaye J. (2000b). Project-based activities. En: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial.* Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. Capítulo 5, págs. 283 a 338.

Brown S. y Schroeder P. (1999). Spatial patterns of aboveground production and mortality of woody biomass for eastern US forests. *Ecological Applications,* 9: págs. 968 a 980.

Cahoon G. A. y Morton E.S. (1961). An apparatus for the quantitative separation of plant roots from soil. *Am. Soc. Hort. Sci*. 78: págs. 593 a 596.

Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H. y Baumgardner G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia,* 111: págs. 1 a 11.

Clark D. A., Brown S., Kicklighter D.W., Chambers J.Q., Thomlinson J.R. y Jian Ni (2000). Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications,* 11: págs. 356 a 370.

Dawkins H.C. (1957). Some results of stratified random sampling of tropical high forest. *Seventh British Commonwealth Forestry Conference,* 7 (iii): págs. 1 a 12.

Delaney M., Brown S. y Powell M. (1999). 1999 Carbon-Offset Report for the Noel Kempff Climate Action Project, Bolivia. Report to The Nature Conservancy, Winrock International, Arlington, VA, EE.UU..

Delaney M., Brown S., Lugo A.E., Torres-Lezama A. y Bello Quintero N. (1998). The quantity and turnover of dead wood in permanent forest plots in six life zones of Venezuela. *Biotropica,* 30: págs. 2 a 11.

Drew M.C. y Saker L.R. (1980). Assessment of a rapid method, using soil cores, for estimating the amount and distribution of crop roots in the field. *Plant Soil,* 55: págs. 297 a 305.

Fang J., Chen A., Peng C., Zhao S. y Ci L. (2001). Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. *Science,* 292: págs. 2320 a 2322.

Fearnside P.M.(1997). Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management,* 90(1): págs. 59 a 89.

Freese F.(1962). Elementary forest sampling. USDA Forest Service Handbook 232, Imprenta del Gobierno de los EE.UU., Washington, DC.

Harmon M.E., Brown S., Gower S.T. (1993). Consequences of tree mortality to the global carbon cycle. En Vinson T.S. y Kolchugina T.P. (eds.). Carbon cycling in boreal and subarctic ecosystems, biospheric response and feedbacks to global climate change. Actas del simposio, USEPA, Corvallis, OR, págs. 167 a 176.

Harmon M. E. y Sexton J. (1996). Guidelines for Measurements of Woody Detritus in Forest Ecosystems. US LTER Publication No. 20. US LTER Network Office, University of Washington, Seattle, WA, EE.UU. Disponible en http://www.lternet.edu/documents/Publications/woodydetritus/

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Körner C. (1994). Biomass fractionation in plants: a reconsideration of definitions based on plant functions. En: Roy J y Garnier E. (eds.). A Whole Plant Perspective on Carbon-Nitrogen Interactions. SPB Academic Publishing, La Haya, págs. 173 a 185.

Kraenzel M., Castillo A., Moore T. y Potvin C. (2003). Carbon storage of harvest-age teak (Tectona grandis) plantations, Panamá. *Forest Ecology and Management,* 173: págs. 213 a 225.

Kurz W. A., Beukema S.J., y Apps M.J. (1996). Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector. *Canadian Journal of Forest Research,* 26: págs. 1973 a 1979.

Li Z., Kurz W.A., Apps M.J. y Beukama S. (2003). Belowground biomass dynamics in a carbon budget model of the Canadian forest sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP. *Canadian Journal of Forest Research,* 33: págs. 126 a 136.

Lund G.H. (ed.). (1998). IUFRO Guidelines for designing multipurpose resource inventories. IUFRO World Service Volume 8, Viena (Austria).

MacDicken K.G. (1997). *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International,* Arlington, VA, EE.UU., 87 págs., disponible en: http://www.winrock.org/REEP/PDF_Pubs/carbon.pdf; también en español, de la Fundación Solar, Guatemala, http://www.winrock.org/REEP/PDF_Pubs/fundacionsolar.pdf

Masera O.R., Garza-Caligaris J.F., Kanninen M., Karjalainen T., Nabuurs G.J., Pussinen A., de Jong B.J. y Mohren F. (2003). Modeling Carbon Sequestration in Afforestation and Forest Management Projects: The CO2fix V.2 Approach. *Ecological Modelling* 3237, págs. 1 a 23.

Page-Dumroese D.S., Jurgensen M.F., Brown R.E. y Mroz G.D. (1999). Comparison of methods for determining bulk densities of rocky forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 63: págs. 379 a 383.

Paivinen R., Lund G.H., Poso S. y Zawila-Niedzwiecki T. (eds.). (1994). IUFRO international guidelines for forest monitoring. IUFRO World Series Report 5. Viena (Austria). 102 págs.

Parresol B.R. (1999). Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science*, 45(4): págs. 573 a 593.

Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V. y Ojima D.S. (1987). Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal* 51: págs. 1173 a 1179.

Pérez L.D. y Kanninen M. (2002). Wood specific gravity and aboveground biomass of *Bombacopsis quinata* plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 165 (1 a 3): págs. 1 a 9.

Pérez L.D. y Kanninen M. (2003). Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1): págs. 199 a 213.

Pinard M. y Putz F. (1997): Monitoring carbon sequestration benefits associated with a reduced impact logging project in Malaysia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2: págs. 203 a 215.

Phillips D.L., Brown S.L., Schroeder P.E. y Birdsey R.A. (2000). Toward error analysis of large-scale forest carbon budgets. *Global Ecology and Biogeography*, 9(4): págs. 305 a 313.

Post W.M., Izaurralde R.C., Mann L.K. y Bliss N. (1999): Monitoring and verifying soil carbon sequestration. En: Rosenberg N., Izaurralde R.C. y Malone E.L. (eds.). Carbon Sequestration in Soils. Batelle Press, págs. 41 a 82.

Ritson P. y Sochacki S. (2003). Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *Forest Ecology and Management* 175: págs. 103 a 117.

Sampson, R.N. y Scholes R.J. (2000). Additional human-induced activities—Article 3.4. En: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. Capítulo 4, págs. 181 a 281.

Schlegel B., Gayoso J. y Guerra J. (2001). Manual de procedimiento para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Universidad Austral de Chile. 14 págs.

Schroeder P., Brown S., Mo J., Birdsey R. y Cieszewski C. (1997). Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the Unites States using inventory data. *Forest Science* 43 (3):págs. 424 a 434.

Schroth G., D'Angelo S.A., Teixeira W.G., Haag D. y Lieberei R. (2002). Conversion of secondary forest to agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter, and soil carbon stock after 7 years. *Forest Ecology and Management*, 163: págs. 131 a 150.

Segura M. y Kanninen M. (2002). Inventario para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. En: Orozco L. y Brumér C. (eds). Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, págs. 202 a 216.

Senelwa, K y Sims R.E.H. (1998). Tree biomass equations for short rotation eucalypts grown in New Zealand. *Biomass and Energy* 13(3): págs. 133 a 140.

Shepherd D. y Montagnini F. (2001). Carbon Sequestration Potential in Mixed and Pure Tree Plantations in the Humid Tropics. *Journal of Tropical Forest Science* 13(3): págs. 450 a 459.

Smucker A.J.M., McBurney S.L. y Srivastava A.K. (1982). Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system Root and soil separation, root response to adverse soil environment. *Agron. J.*, 74: págs. 499 a 503.

Sokal R.R. y Rohlf F.J. (1995). Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3a. edición. W. H. Freeman and Co., Nueva York.

Zar J.H. (1996). Biostatistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.

5

CUESTIONES MULTISECTORIALES

AUTORES Y EDITORES REVISORES

Autores principales coordinadores

Newton Paciornik (Brasil) y Kristin Rypdal (Noruega)

Autores principales

Rainer Baritz (Alemania), Simon Barry (Australia), Albertus Johannes Dolman (Países Bajos), Marlen Eve (Estados Unidos), Michael Gillenwater (Estados Unidos), Michael Kohl (Alemania), Dina Kruger (Estados Unidos), Bo Lim (Reino Unido/PNUD), Raisa Makipaa (Finlandia), Giorgio Matteucci (Comisión Europea), Toshinori Okuda (Japón), Keith Porter (Jamaica), María José Sanz-Sánchez (España), T.P. Singh (India), Göran Ståhl (Suecia), Riccardo Valentini (Italia), y Martina Van Der Merwe (Sudáfrica)

Autores colaboradores

Sandra Brown (Estados Unidos), Ketil Flugsrud (Noruega), Gen Inoue (Japón), Gerald Kaendler (Alemania), Anders Lindroth (Suecia), Kenlo Nishida (Japón), Steve Ogle (Estados Unidos), Mats Olsson (Suecia), Gareth Philips (Estados Unidos), Fran Sussman (Estados Unidos), Yoshiki Yamagata (Japón), Ed Vine (Estados Unidos), y Christian Wirth (Alemania)

Editores revisores

Jamidu Katima (Tanzania) y Tom Wirth (Estados Unidos)

Índice

5.1 INTRODUCCIÓN 5.7

5.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES 5.8

5.2.1 Introducción ... 5.8

5.2.2 Métodos para combinar las incertidumbres ... 5.10

5.2.2.1 Nivel 1 – Propagación simple de errores ... 5.11

5.2.2.2 Estimación de las incertidumbres por categorías utilizando el análisis de Monte Carlo (Nivel 2) ... 5.12

5.2.3 Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales ... 5.16

5.2.4 Ejemplo de análisis de la incertidumbre ... 5.19

5.2.5 Presentación de informes y documentación ... 5.23

5.3 MUESTREO 5.24

5.3.1 Introducción ... 5.24

5.3.2 Panorama general sobre los principios de muestreo ... 5.24

5.3.3 Diseño de muestreo ... 5.25

5.3.3.1 Uso de datos complementarios y de la estratificación ... 5.25

5.3.3.2 Muestreo sistemático ... 5.26

5.3.3.3 Parcelas permanentes de muestreo y datos de las series temporales ... 5.27

5.3.4 Métodos de muestreo para la estimación de la superficie ... 5.28

5.3.4.1 Estimación de superficies mediante proporciones ... 5.28

5.3.4.2 Estimación directa de la superficie ... 5.29

5.3.5 Métodos de muestreo para estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero ... 5.29

5.3.6 Incertidumbres en los estudios basados en muestras ... 5.30

5.3.6.1 Tipos de errores ... 5.30

5.3.6.2 Tamaño de las muestras y errores de muestreo ... 5.31

5.3.6.3 Cuantificación de los errores en los estudios basados en muestras ... 5.32

5.4 ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA – IDENTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES 5.33

5.4.1 Introducción ... 5.33

5.4.2 Métodos cuantitativos para determinar las categorías esenciales ... 5.34

5.4.2.1 Método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros ... 5.38

5.4.2.2 Método de Nivel 2 para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros ... 5.42

5.4.3 Consideraciones cualitativas ... 5.43

5.4.4 Identificación de las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto ... 5.44

5.4.5 Aplicación de los resultados ... 5.46

5.4.6 Presentación de informes y documentación ... 5.48

5.4.7 Determinación del umbral para el análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1 ... 5.48

5.4.7.1 Supuestos sobre las incertidumbres 5.49
5.4.7.2 Nivel de las emisiones 5.49
5.4.7.3 Tendencia 5.50
5.4.8 Ejemplo de análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1 ..... 5.51
5.5 GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD 5.55
5.5.1 Introducción 5.55
5.5.2 Plan de GC/CC 5.57
5.5.3 Procedimientos generales de CC (Nivel 1) 5.57
5.5.4 Procedimientos específicos de CC para cada categoría de fuentes o sumideros (Nivel 2) 5.59
5.5.5 Procedimientos de revisión de la GC 5.60
5.5.6 Documentación, archivado y presentación de informes 5.61
5.5.7 Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto 5.62
5.6 COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES Y REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS 5.63
5.6.1 Introducción 5.63
5.6.2 Coherencia de las series temporales y cambio metodológico 5.63
5.6.3 Nuevos cálculos y datos periódicos 5.66
5.6.4 Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto 5.67
5.6.5 Presentación de informes y documentación 5.68
5.7 VERIFICACIÓN 5.69
5.7.1 Introducción 5.69
5.7.2 Procedimientos de verificación 5.70
5.7.3 Orientación para la verificación de los inventarios de UTCUTS 5.79
5.7.4 Cuestiones específicas relacionadas con el Protocolo de Kyoto 5.81
5.7.5 Presentación de informes y documentación 5.83
5.7.6 Algunos detalles referentes a los procedimientos de verificación 5.83
Referencias 5.88

Ecuaciones

Ecuación 5.2.1 Estimación de las incertidumbres de las categorías (Nivel 1) 5.11
Ecuación 5.2.2 Incertidumbre general de las emisiones nacionales (Nivel 1) 5.12
Ecuación 5.4.1 Evaluación del nivel (Nivel 1) 5.38
Ecuación 5.4.2 Evaluación de la tendencia (Nivel 1) 5.39
Ecuación 5.4.3 Evaluación de la tendencia con emisiones iguales a cero en el año en curso 5.40
Ecuación 5.4.4 Evaluación del nivel (Nivel 2) 5.42
Ecuación 5.4.5 Evaluación de la tendencia (Nivel 2) 5.43

Figuras

Figura 5.3.1 Principio de muestreo 5.24
Figura 5.3.2 Disposición aleatoria simple de las parcelas (izquierda) y disposición sistemática (derecha) 5.26
Figura 5.3.3 Uso de las distintas configuraciones de las unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios 5.27
Figura 5.3.4 Relación entre el error estándar de las estimaciones de la superficie (S), la proporción de la clase de uso de la tierra *p* y el tamaño de la muestra *n* 5.31
Figura 5.4.1 Árbol de decisiones para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros 5.35
Figura 5.4.2 Árbol de decisiones para elegir un método basado en las *buenas prácticas* 5.47
Figura 5.4.3 Incertidumbre acumulada determinada en función de las emisiones acumuladas 5.49
Figura 5.4.4 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de las incertidumbres en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS 5.50
Figura 5.4.5 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de la incertidumbre relativa a la tendencia en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS 5.51
Figura 5.6.1 Estimación recalculada para 2003 basada en una extrapolación lineal 5.66

Cuadros

Cuadro 5.3.1 Ejemplo de la estimación de una superficie mediante proporciones 5.29

Cuadro 5.4.1 Categorías de fuentes/sumideros del IPCC propuestas para el sector de UTCUTS y sectores distintos de UTCUTS 5.36

Cuadro 5.4.2 Hoja de cálculo para el análisis de Nivel 1 – Evaluación del nivel incluidas las categorías de UTCUTS 5.39

Cuadro 5.4.3 Hoja de cálculo para el análisis de Nivel 1 – Evaluación de la tendencia incluidas las categorías de UTCUTS 5.41

Cuadro 5.4.4 Relaciones entre las actividades identificadas en el Capítulo 3 y en el Capítulo 4 y las categorías de fuentes o de sumideros del IPCC para UTCUTS 5.45

Cuadro 5.4.5 Síntesis del análisis de las categorías esenciales 5.48

Cuadro 5.4.6 Incertidumbres supuestas para determinar un umbral de las categorías esenciales incluido UTCUTS 5.49

Cuadro 5.4.7 Ejemplo de una evaluación del nivel 5.51

Cuadro 5.4.8 Análisis de la tendencia incluido el sector de UTCUTS 5.53

Cuadro 5.5.1 Procedimientos generales de CC de Nivel 1 para los inventarios 5.57

Cuadro 5.6.1 Resumen de los métodos para obtener coherencia en las series temporales 5.65

Cuadro 5.7.1 Aplicabilidad de los procedimientos de verificación para la identificación de áreas de tierra, depósitos de carbono y gases de efecto invernadero distintos del CO_2 ..... 5.71

Cuadro 5.7.2 Características de algunas de las principales plataformas de teledetección 5.87

Recuadros

Recuadro 5.2.1 Ejemplo de representación de la incertidumbre 5.10

Recuadro 5.2.2 Nivel de agregación del análisis con el método de Nivel 1 ..... 5.12

Recuadro 5.2.3 Evaluación de la incertidumbre en las variaciones de C en suelo agrícola en Estados Unidos con el método de Nivel 2 ..... 5.16

Recuadro 5.2.4 Incertidumbres de las estimaciones basadas en modelos 5.18

Recuadro 5.5.1 Definiciones de control de la calidad y garantía de la calidad 5.55

Recuadro 5.5.2 Examen especializado 5.61

Recuadro 5.6.1 Caso en que el inventario forestal nacional se realiza cada 5 años 5.66

Recuadro 5.6.2 Ejemplo de modelización de las emisiones de un lugar en el tiempo 5.67

Recuadro 5.7.1 Definición de verificación para los inventarios 5.69

Recuadro 5.7.2 Orientación para seleccionar componentes del inventario para la verificación y procedimientos de verificación 5.79

Recuadro 5.7.3 Verificación de un inventario del sector de UTCUTS en un inventario nacional 5.80

Recuadro 5.7.4 Orientación para la verificación de depósitos de carbono y actividades 5.81

Recuadro 5.7.5 Verificación de UTCUTS conforme al Protocolo de Kyoto 5.82

Recuadro 5.7.6 Programas y redes de interés para UTCUTS 5.84

5.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se preparan los inventarios nacionales de las emisiones y de las absorciones de gases de efecto invernadero deben tenerse en cuenta varias cuestiones generales o multisectoriales. En el presente capítulo se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* relacionadas con seis de dichas cuestiones, que son abordados en la *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios de gases de efecto invernadero* (*OPB2000*, IPCC: 2000), en adelante denominada *OBP2000*, sobre la base de estudios anteriores para determinar las características específicas de las actividades relativas al uso de la tierra y al cambio en el uso de la tierra y la silvicultura (sector de UTCUTS). Estas cuestiones son las siguientes:

- Evaluación de la incertidumbre: Las estimaciones de la incertidumbre deben realizarse para todas las categorías de un inventario y para el inventario en su conjunto. En *OBP2000* se proporciona orientación práctica para estimar y combinar las incertidumbres, y se desarrollan los aspectos conceptuales de la incertidumbre del inventario. En la Sección 5.2, *Identificación y cuantificación de las incertidumbres*, del presente capítulo, se abordan los principales tipos de incertidumbre propios del sector de UTCUTS y se ofrece información específica para aplicar la *orientación sobre las buenas prácticas* de *OBP2000* en este sector de actividad.

- Muestreo: Los datos relativos al sector de UTCUTS se obtienen de los estudios realizados a partir de muestras. Por ejemplo, la información sobre las superficies de tierra, la acumulación de biomasa y el carbono del suelo u otros datos se utiliza generalmente para estimar los cambios que se producen en el uso de la tierra o en el carbono almacenado. En la Sección 5.3, *Muestreo*, se proporciona orientación *sobre las buenas prácticas* relativa a la planificación y al uso de los estudios disponibles para presentar la información sobre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en el ámbito nacional. En la misma sección se presenta también una visión general de la relación entre el diseño de las muestras y las estimaciones de la incertidumbre.

- Análisis de las categorías esenciales: En el Capítulo 7 de *OBP2000*, *Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos*, se introduce el concepto de análisis de las categorías esenciales. Originalmente, este concepto se elaboró par referirse solamente a las categorías de fuentes. En la Sección 5.4, *Elección de la metodología − Identificación de las categorías esenciales*, del presente capítulo, el concepto se amplía para permitir la identificación de las categorías esenciales relativas a las fuentes o a los sumideros. Se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* que permiten determinar las categorías esenciales relativas al sector de UTCUTS para uso del inventario de acuerdo con la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC), y se proporcionan indicaciones para determinar las categorías esenciales asociadas a la información adicional proporcionada en virtud de los párrafos 3 y 4 del Artículo 3 del Protocolo de Kyoto.

- Garantía de la Calidad (GC) y control de la Calidad (CC): Un sistema de GC y de CC es un elemento importante para la realización del inventario, como se indica en el Capítulo 8 de *OBP2000*. En la Sección 5.5 del presente capítulo se desarrollan los aspectos del sistema de GC y de CC necesarios para examinar el sector de UTCUTS y se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* para llevar a cabo las verificaciones del control de la calidad de Nivel 2 relativas al sector, basándose en los datos del Capítulo 2, *Base para la representación coherente de áreas de tierra*, y del Capítulo 3, *Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS.* Asimismo, se abordan las consideraciones sobre GC y CC específicas del Protocolo de Kyoto.

- Coherencia de las series temporales: Es primordial asegurar la coherencia de las series temporales si se pretende obtener resultados fiables sobre las tendencias del inventario. En el Capítulo 7 de *OBP2000* se presentan varios métodos para garantizar series temporales coherentes en los casos en que no es posible utilizar los mismos métodos y/o datos durante todo el período considerado. En la Sección 5.6, *Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos*, del presente capítulo, estos métodos se abordan teniendo en cuenta situaciones particulares que pueden producirse al elaborar las estimaciones de las emisiones y de las absorciones relativas al sector de UTCUTS.

- Verificación: Las actividades de verificación pueden ayudar a mejorar la calidad del inventario y a lograr un mayor entendimiento científico. En la Sección 5.7 del presente capítulo se presentan distintos métodos de verificación y se proporciona orientación práctica para comprobar las estimaciones en el sector de UTCUTS.

En este capítulo se indican las pautas para aplicar la *orientación sobre las buenas prácticas* al sector de UTCUTS. Sin embargo, no se reproduce de nuevo toda la información contenida en *OBP2000*. Por tanto, se recomienda al lector remitirse a *OBP2000* para obtener información general. En las siguientes subsecciones se hace referencia a determinadas circunstancias en las que puede ser útil consultar *OBP2000*.

5.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

5.2.1 Introducción

En el presente apartado se describen las *buenas prácticas* para estimar y presentar las incertidumbres asociadas a las estimaciones de las emisiones y de las absorciones en el sector de UTCUTS y se aborda la manera de incorporar las actividades del sector de UTCUTS en el procedimiento de análisis presentado en el Capítulo 6, *La cuantificación de las incertidumbres en la práctica*, de *OBP2000*, con el fin de evaluar las incertidumbres combinadas que se producen al realizar el inventario.

La definición del término *buena práctica* exige que los inventarios sean precisos, es decir, no han de sobreestimar ni subestimar los resultados, ni reducir las incertidumbres en la medida de lo posible. No existe un nivel de precisión predeterminado. La incertidumbre se evalúa para ayudar a priorizar los esfuerzos que se dedican a aumentar la precisión de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología. Las incertidumbres son también importantes para examinar el grado de coincidencia entre los inventarios nacionales y las estimaciones que han elaborado distintos organismos sobre las emisiones y las absorciones o que se han calculado aplicando un método determinado.

Las estimaciones del inventario pueden utilizarse para varios propósitos. En algunos casos, solamente sirven los valores totales nacionales, mientras que, en otros, interesa disponer de los detalles por gases de efecto invernadero y por categorías de fuentes o de sumideros. Para recopilar los datos necesarios para el objetivo pretendido, debe tenerse en cuenta la fiabilidad real, tanto de las estimaciones totales como de sus componentes. De ahí que los métodos que se utilicen para comunicar los datos sobre la incertidumbre deban ser prácticos, científicamente justificables, suficientemente amplios para poder aplicarlos a un conjunto de categorías de fuentes o de sumideros, de métodos y de circunstancias específicas de un país determinado, y claros para quienes consulten el inventario.

El valor real de las emisiones y de las absorciones difiere del valor calculado en un inventario nacional por muchas razones. Algunas fuentes de incertidumbre (por ejemplo, los errores de muestreo o las limitaciones en la precisión de los instrumentos) pueden llevar a realizar estimaciones bien definidas y fáciles de caracterizar sobre el alcance del error potencial. Otras fuentes de incertidumbre, como los errores sistemáticos, son mucho más difíciles de identificar y de cuantificar (Rypdal y Winiwarter : 2001). En la presente sección se indica cómo representar las incertidumbres estadísticas bien definidas e información menos específica que caracteriza a otras formas de incertidumbre en el sector de UTCUTS y se abordan las consecuencias de las incertidumbres en el inventario total y en sus componentes.

En teoría, las estimaciones de las emisiones y de las absorciones y los rangos de incertidumbre deberían obtenerse de los datos calculados sobre la base de una fuente concreta. Como es complejo medir de esta manera las emisiones procedentes de cada categoría de fuente o de sumidero, algunas de las estimaciones se basan en las características conocidas de los lugares que se consideran más típicos y representativos de la población de todos los tipos de suelo. Este método introduce incertidumbres adicionales, pues se parte de la base de que toda la población se comporta, en general, como los lugares que se han estudiado. Al realizar un muestreo aleatorio de una población determinada, es posible obtener una estimación cuantitativa de las incertidumbres. Los mayores errores sistemáticos (que implican estimaciones sesgadas) pueden producirse cuando se realizan estimaciones con una precisión determinada basadas en una población que difiere de la población a la que vayan a aplicarse las estimaciones. En la práctica, será necesario el dictamen de los expertos para definir los tipos de incertidumbre.

El enfoque pragmático que permite obtener estimaciones cuantitativas de la incertidumbre consiste en utilizar las mejores estimaciones de que se dispone, como la combinación de los datos disponibles ya calculados, los resultados de los modelos y el dictamen de los expertos. Por tanto, los métodos que se proponen en la presente sección pueden combinarse con los rangos de incertidumbre aplicados por defecto a una categoría determinada que se presentan en los Capítulos 2 y 4. Asimismo, permite la incorporación de nuevos datos empíricos cuando se disponga de ellos.

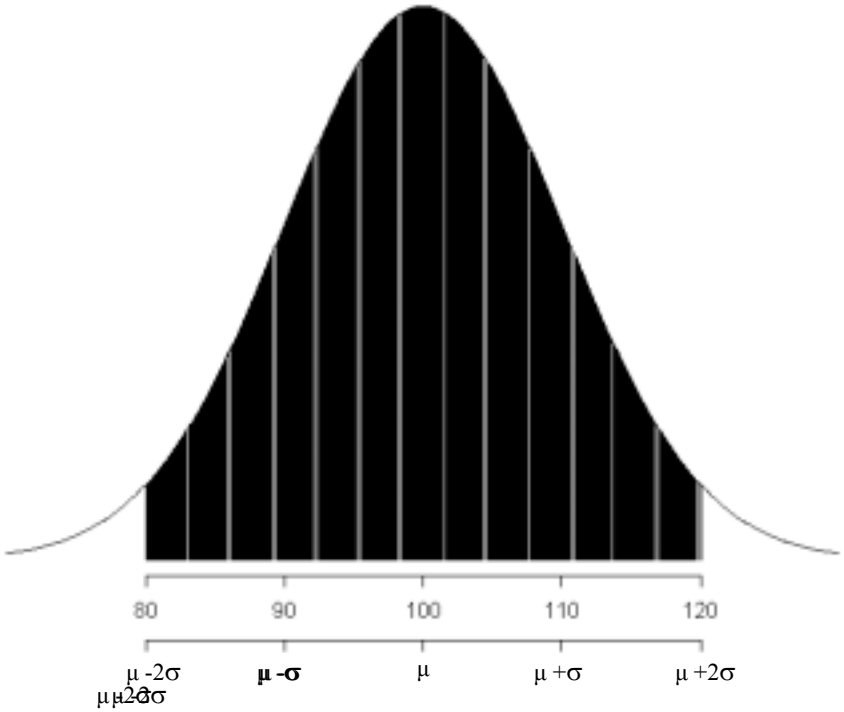
De acuerdo con el Capítulo 6 de *OBP2000. La cuantificación de las incertidumbres en la práctica*, las incertidumbres deberían presentarse como un intervalo de confianza teniendo en cuenta el rango en el que se considera que el valor real de una cantidad incierta representa una probabilidad determinada. En las *Directrices del IPCC* se recomienda utilizar un intervalo de confianza del 95%, ya que así existe un 95% de probabilidades de que se obtenga el valor real que se desconoce. Asimismo, puede expresarse en porcentaje de incertidumbre, que equivale a la mitad de la magnitud del intervalo de confianza dividido por el valor de la cantidad estimada

(véase el Recuadro 5.2.1). El porcentaje de incertidumbre se utiliza cuando se conoce la función de densidad de probabilidad subyacente o cuando se recurre a un esquema de muestreo o al dictamen de expertos. Además este concepto puede utilizarse para identificar las categorías respecto de las cuales se deberían concentrar todos los esfuerzos para reducir la incertidumbre.

La presente sección es coherente con el Capítulo 6 y con el Anexo 1, *Base conceptual del análisis de incertidumbre*, de *OBP2000,* ya que ofrece información complementaria sobre la manera de evaluar las incertidumbres relativas al sector de UTCUTS. En la mayor parte del presente documento se abordan cuestiones relacionadas con las emisiones y las absorciones de CO_2 que no se trataron en la Orientación anterior. Las estimaciones de la incertidumbre calculadas para las emisiones de los gases distintos de CO_2 pueden también realizarse siguiendo la orientación que se ofrece en el Capítulo 6 de *OBP2000*. En la Sección 5.2.2 se describen los métodos que permiten combinar las incertidumbres. En la Sección 5.2.3 se indican las consideraciones prácticas que deben tenerse en cuenta al cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales. En la Sección 5.2.4 se propone un ejemplo sobre el análisis de la incertidumbre en el sector de UTCUTS. En la Sección 5.2.5 se abordan cuestiones relativas a la presentación de la información y a la documentación. Dada la importancia que tiene para muchos países realizar un buen diseño de los sistemas de muestreo para reducir las incertidumbres al preparar los inventarios del sector de UTCUTS, en la Sección 5.3 se ofrece orientación específica para la elaboración de los programas de muestreo en el contexto de las superficies de tierra y de las reservas de biomasa, y se proporcionan igualmente indicaciones sobre la evaluación de las incertidumbres asociadas.

RECUADRO 5.2.1
EJEMPLO DE REPRESENTACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

INTERVALO DE CONFIANZA DE 95%



En *OBP2000* el porcentaje de incertidumbre se expresa como sigue:

$$\text{\% de incertidumbre} = \frac{\frac{1}{2}\,(\text{Magnitud del intervalo de confianza } 95\,\%)}{\mu} \times 100$$

En este ejemplo:

$$\text{\% de incertidumbre} = \frac{\frac{1}{2}(4\sigma)}{\mu} \times 100 = \frac{2\sigma}{\mu} \times 100 = \frac{20}{100} \times 100 = 20\%$$

Donde:

σ = desviación estándar

$\sigma = \sqrt{\text{varianza}} = 10$

μ = media de la distribución

Obsérvese que en este caso el valor de la incertidumbre es el doble del valor del error estándar relativo (en %) y generalmente se utiliza esta estimación estadística de la incertidumbre relativa.

5.2.2 Métodos para combinar las incertidumbres

Las estimaciones sobre las variaciones en el carbono almacenado y sobre las emisiones y las absorciones procedentes de las actividades del sector de UTCUTS presentan incertidumbres asociadas a los datos del área o de otra actividad, a los niveles de crecimiento de la biomasa, a los factores de expansión y a otros coeficientes. En la presente sección, se indica cómo combinar dichas incertidumbres relativas a las categorías y cómo estimar al mismo tiempo la incertidumbre del nivel y de la tendencia en el inventario. Se considera que se dispone de las incertidumbres de las estimaciones de los distintos datos, ya se trate de los valores aplicados por defecto, como se indica en los Capítulos 2, 3 y 4, del dictamen de expertos o de las estimaciones basadas en los resultados reales del muestreo estadístico (Sección 5.3).

En *OBP2000* se presentan dos métodos para estimar las incertidumbres combinadas: en primer lugar, un método de Nivel 1 que requiere ecuaciones simples de propagación del error y, en segundo, un método de Nivel 2 basado en el análisis de Monte Carlo o en técnicas similares. Ambos métodos se adoptan cuando se examina el sector de UTCUTS. No obstante, cabe destacar algunas consideraciones específicas, ya que las emisiones netas pueden resultar negativas si se tienen en cuenta las emisiones y las absorciones. Los organismos encargados de los inventarios pueden también recurrir a métodos de un país determinado para estimar la incertidumbre general, como los métodos de propagación del error con los que se evitan las aproximaciones simplificadas generadas por el método de Nivel 1. Por tanto, es una *buena práctica* documentar claramente este tipo de métodos.

El uso de los Niveles 1 y 2 ayudará a entender mejor cómo cada categoría y cada uno de los gases de efecto invernadero contribuyen a la incertidumbre de las emisiones totales durante un año determinado y a la tendencia de las emisiones totales en el tiempo. El método de Nivel 1 es fácil utilizarlo, ya que se basa en hojas de cálculo, y es una *buena práctica* que todos los países lleven a cabo un análisis de la incertidumbre según el Nivel 1. Los organismos encargados de los inventarios también pueden realizar el análisis de la incertidumbre basándose en el Nivel 2 o en otros métodos propios de cada país. Las estimaciones de la incertidumbre relativa al sector de UTCUTS pueden combinarse con las estimaciones de la incertidumbre de las actividades que no corresponden al sector de UTCUTS (obtenidas con los métodos basados en *buenas prácticas* que figuran en *OBP2000*) para calcular la incertidumbre total de un inventario.

5.2.2.1 NIVEL 1 – PROPAGACIÓN SIMPLE DE ERRORES

El método de Nivel 1 que permite combinar las incertidumbres se basa en la ecuación de la propagación de errores que se muestra en la Sección A1.4.3.1 (*Ecuación de la propagación de errores*) del Anexo 1, *Base conceptual del análisis de incertidumbre*, de *OBP2000*. En la Sección 6.3.2, *Nivel 1 – Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificadores*, de *OBP2000* se ofrece orientación práctica sobre la aplicación del método de Nivel 1 para el análisis de la incertidumbre de las estimaciones de las emisiones.

En la Sección 6.3.2 de *OBP2000* se presenta un método para estimar las incertidumbres de la tendencia que puede aplicarse igualmente cuando se suman las emisiones y las absorciones. El Cuadro 6.1, *Cálculo y presentación de la incertidumbre en el Nivel 1*, de *OBP2000* puede utilizarse para calcular la incertidumbre con el método de Nivel 1 en que se incluye el sector de UTCUTS.

La Ecuación 5.2.1 permite estimar la incertidumbre de un producto de varias cantidades; por ejemplo, puede aplicarse cuando una estimación de las emisiones se presenta como el producto de un factor de emisión y de datos de actividad. Se utiliza cuando no existe una correlación significativa entre los datos y cuando las incertidumbres son relativamente reducidas (la desviación estándar es menor al 30% de la media). Asimismo, la ecuación permite obtener resultados aproximados cuando se dispone de incertidumbres más elevadas. Si existe una correlación significativa, la Ecuación 5.2.1 pueden modificarse a partir de la ecuación que figura en la Sección A1.4.3.1 de *OBP2000*, o los datos pueden incorporarse siguiendo la orientación que se ofrece en el Cuadro 5.2.2 de esta sección y en los párrafos que tratan de la dependencia y de la correlación de la Sección 5.2.2.2.

ECUACIÓN 5.2.1
ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES DE LAS CATEGORÍAS (NIVEL 1)

$$I_{total} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \ldots + I_n^2}$$

Donde:

I_{total} = porcentaje de la incertidumbre con respecto al producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza de 95% dividido por el total y expresado en porcentaje)

I_i = porcentaje de las incertidumbres asociadas a cada una de las cantidades, $i = 1, \ldots, n$

RECUADRO 5.2.2
NIVEL DE AGREGACIÓN DEL ANÁLISIS CON EL MÉTODO DE NIVEL 1

Con frecuencia, existe una correlación entre los datos iniciales y el análisis de la incertidumbre. Esto ocurre cuando se utilizan los mismos datos de actividad o los mismos factores de emisión para varias estimaciones que deben agregarse en una etapa posterior del proceso. Las correlaciones no suelen identificarse estadísticamente, especialmente si se aplican valores por defecto o estadísticas del área aproximada. No obstante, puede realizarse una evaluación cualitativa de la posible correlación examinando, por ejemplo, si las estimaciones provienen o no de la misma fuente o si existen otras dependencias lógicas que pudieran desviar los errores de unas estimaciones en la misma dirección (cuando el valor de la correlación es positivo). Para evitar la correlación originada por estas dependencias cabe agregar las categorías de fuentes o de sumideros hasta alcanzar un nivel en el que desaparecen. Por ejemplo, los factores de emisión relativos a todos los depósitos de carbono de un tipo determinado de uso de la tierra pueden sumarse antes de multiplicarse con los datos de actividad. Esta agregación permite obtener resultados generalmente más fiables, si bien genera la pérdida de algunos detalles para la presentación de la información sobre las incertidumbres. En el Cuadro 5.4.2 de la Sección 5.4 se ofrece orientación sobre el nivel de agregación recomendado para el análisis de las categorías esenciales y que puede utilizarse igualmente para el análisis de la incertidumbre de Nivel 1.

Cuando las cantidades inciertas deben combinarse sumándolas o restándolas, por ejemplo cuando se calcula la incertidumbre general en las estimaciones de un país determinado, puede aplicarse la Ecuación 5.2.2. Dicha ecuación se basa en la Ecuación 6.3 de *OBP2000*. No obstante, cuando se incluye el sector de UTCUTS en el análisis, el resultado puede ser la suma de las emisiones y las absorciones; si es así, estas últimas se consideran con signo negativo y, por ello, el valor absoluto de la suma de todas las estimaciones de las categorías deberá utilizarse como denominador.

ECUACIÓN 5.2.2
INCERTIDUMBRE GENERAL DE LAS EMISIONES NACIONALES (NIVEL 1)

$$I_E = \frac{\sqrt{(I_1 \bullet E_1)^2 + (I_2 \bullet E_2)^2 + \cdots + (I_n \bullet E_n)^2}}{|E_1 + E_2 + \cdots + E_n|}$$

Donde:

I_E = incertidumbre porcentual de la suma

I_i = incertidumbre porcentual asociada a la fuente/al sumidero *i*

E_i = estimación de la emisión/la absorción relativa a la fuente/al sumidero *i*

Al igual que en la Ecuación 5.2.1, en la Ecuación 5.2.2 se supone que no existe ninguna correlación significativa entre las estimaciones de las emisiones y de las absorciones y que las incertidumbres son relativamente reducidas. No obstante, puede utilizarse para obtener resultados aproximados cuando las incertidumbres son grandes. Si existe una correlación significativa y si se dispone del nivel de correlación, la Ecuación 5.2.1 puede modificarse a partir de la ecuación que figura en la Sección A1.4.3.1 del Anexo 1 de *OBP2000*. En cambio, cuando sea posible, las categorías deberían agregarse (véase el Cuadro 5.2.2), o podrá utilizarse el análisis de Monte Carlo (Nivel 2).

5.2.2.2 ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES POR CATEGORÍAS UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE MONTE CARLO (NIVEL 2)

El análisis de Monte Carlo permite evaluar detalladamente la incertidumbre categoría por categoría, basándose en el método de Nivel 2. En esta sección se desarrolla la orientación sobre el análisis de Monte Carlo que se ofrece en el Capítulo 6 de *OBP2000* y se proporcionan indicaciones específicas al sector de UTCUTS. Si bien parte del material del Capítulo 6 se reproduce en la presente publicación, es conveniente remitirse a *OBP2000* como material de información general.

El análisis de Monte Carlo es especialmente útil cuando se dispone de una gran cantidad de datos sobre el uso de la tierra específicos de un país determinado. Con este método pueden tratarse grados de correlación variables

(en el tiempo y entre las categorías) y puede evaluarse la incertidumbre de los modelos complejos y del simple cálculo del "factor de gestión (o del factor de las emisiones) por los datos de actividad". La descripción general del método de Monte Carlo puede encontrarse en Fishman (1996) y los programas informáticos estadísticos pueden adquirirse fácilmente – algunos de ellos incluyen algoritmos del análisis de Monte Carlo cuya utilización es sencilla. En Winiwarter y Rypdal (2000) y Eggleston *et al*. (1998), se ofrecen ejemplos de la aplicación del análisis de Monte Carlo en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para estimar las incertidumbres relativas a las emisiones generales y a las tendencias de las emisiones generales. Ogle *et al*. (2003) recogen un ejemplo del análisis de Monte Carlo de la incertidumbre aplicado a una porción de suelo agrícola del inventario sobre el carbono del sector de UTCUTS realizado por los Estados Unidos. En el Recuadro 5.2.3, que se inspira en Ogle *et al*. (2003), se describe brevemente la aplicación del análisis de Monte Carlo.

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ANÁLISIS DE MONTE CARLO

El análisis de Monte Carlo permite seleccionar valores aleatorios de los parámetros de las estimaciones y de los datos de actividad a partir de las funciones de distribución de probabilidad (FDP) y calcular la variación correspondiente en el carbono almacenado (o equivalente de carbono). El procedimiento debe repetirse muchas veces para lograr obtener el valor medio y el rango de incertidumbre (por ejemplo, las FDP para las emisiones y las absorciones) resultante de la varianza de las variables del modelo inicial que representan las FDP. El análisis de Monte Carlo puede realizarse para cada categoría, para la agregación de categorías o para el inventario en general.

La varianza de las variables iniciales se cuantifica mediante las funciones de distribución de probabilidad que indican los valores que pueden adquirir las variables. Puede que las FDP deban truncarse si se sabe que algunos umbrales intervienen en las variables iniciales. Por ejemplo, las estimaciones relativas al carbono del suelo de base podrían ser reducidas pero nunca llegar a tener un valor negativo (los suelos no pueden tener menos del 0% de carbono). Por tanto, una distribución en que se utilizan valores negativos debe ser truncada a 0, si bien los valores positivos y negativos son muy representativos cuando un procedimiento puede llevar a un término de fuente o de sumidero.

Las FDP pueden basarse en datos de actividad, en el dictamen de expertos o en una combinación de ambos y relacionarse para indicar las interdependencias, especialmente las correlaciones que se producen en el tiempo o entre los gases respecto de los datos de actividad y las correlaciones entre los factores de gestión. Si no se tienen en cuenta esas interdependencias, la incertidumbre estimada puede ser demasiado grande o demasiado pequeña, dependiendo de las correlaciones, y los resultados pueden ser poco indicativos.

Una vez elaboradas las FDP, el análisis de Monte Carlo se realiza mediante un proceso iterativo. Se selecciona de manera aleatoria un conjunto de valores de cada FDP, y luego se aplica el modelo utilizando los valores con que se obtiene una estimación para el resultado que interesa. Por último, el proceso se repite una y otra vez y se logra una FDP para la estimación del inventario en su conjunto.

ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES EN LOS NIVELES Y LAS TENDENCIAS

Como cualquier método, el análisis de Monte Carlo proporciona únicamente resultados óptimos si se aplica adecuadamente, y los resultados sólo serán válidos si los datos iniciales, incluidas las FDP, las correlaciones y los dictámenes de expertos, son representativos. El enfoque de Monte Carlo consta de cinco etapas bien diferenciadas. Solamente las dos primeras etapas requieren un esfuerzo del analista, puesto que para el resto se utilizan programas informáticos.

Etapa 1: Evaluar las incertidumbres específicas de las variables iniciales. Esto comprende la estimación de parámetros y de los datos de actividad de UTCUTS, las medias correspondientes, las funciones de distribución de probabilidad (FDP) y cualquier correlación. Las incertidumbres pueden evaluarse siguiendo la orientación que se ofrece en la Sección 5.2.3, *Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales*, y en la Sección 5.2.4, *Ejemplo de análisis de la incertidumbre*, del presente capítulo. Para obtener indicaciones sobre la evaluación de las correlaciones véase a continuación.

Etapa 2: Configurar el programa informático. La fórmula para calcular el inventario de las emisiones, las FDP y los valores de correlación deberían configurarse en el programa de Monte Carlo. El programa informático ejecuta las etapas siguientes. En algunos casos el organismo encargado del inventario puede decidir crear sus propios sistemas para simular el método de Monte Carlo, basándose en programas estadísticos.

Etapa 3: Seleccionar los valores iniciales. Normalmente, los valores iniciales equivalen a las estimaciones que, siguiendo las *buenas prácticas,* se utilizan para los cálculos. Aquí empiezan las iteraciones. Para cada dato inicial se selecciona, de manera aleatoria, un número de la FDP de la variable considerada.

Etapa 4: Estimar el carbono almacenado. Las variables que se seleccionaron en la Etapa 3 sirven para estimar el carbono almacenado para el año de base y para el año en curso (por ejemplo, el principio y el final del período que se haya elegido para el inventario; año $t-20$ y año t) basándose en los valores iniciales.

Etapa 5: Repetir y comprobar los resultados. El total calculado en la Etapa 4 se almacena, y luego se repite el proceso desde la Etapa 3. La media de los totales almacenados da una estimación del carbono almacenado, y la variabilidad equivale a la incertidumbre. En este tipo de análisis son necesarias varias repeticiones. El número de iteraciones puede fijarse de dos maneras: se determina a priori el número de veces que se va a aplicar el modelo, por ejemplo 10.000, y se activa la simulación hasta alcanzar el número de iteraciones establecido, o se espera a que el promedio se sitúe en un valor relativamente estable antes de finalizar la simulación.

El método de Monte Carlo permite además estimar las incertidumbres en la tendencia (a saber, los cambios que se producen cada dos años) originadas por las actividades de UTCUTS. El procedimiento es sencillamente una extensión del que se acaba de exponer. Debe preparase el análisis de Monte Carlo para estimar el carbono almacenado para los dos años al mismo tiempo. Las etapas son las mismas que las descritas previamente, salvo algunas modificaciones en las Etapas 1 y 2:

Etapa 1: El procedimiento es el mismo que el descrito anteriormente, salvo que se realiza para el año de base y para el año en curso. Por tanto, han de tenerse en cuenta otras interdependencias. Para muchas categorías del sector de UTCUTS se utilizará el mismo factor de emisión para cada año considerado (es decir, que los factores de emisión para ambos años presentan una correlación del 100%). Los datos de actividad relativos al uso de la tierra y las emisiones están correlacionados en el tiempo, lo que deberá representarse igualmente en el modelo.

Etapa 2: El programa informático deberá prepararse como se ha descrito anteriormente, excepto que las FDP deberán tener en cuenta la relación entre el carbono almacenado durante el año de base y el año en curso. Si se considera que los datos iniciales presentan una correlación del 100% entre los años considerados (como ocurre con muchos de los parámetros para las estimaciones relativas al sector de UTCUTS), se utilizará el mismo valor aleatorio para obtener los valores de los factores de emisión a partir de las FDP de ambos años.

ESPECIFICACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PARA LAS ENTRADAS DEL INVENTARIO

Los datos utilizados para realizar un análisis de la incertidumbre pueden obtenerse de ensayos prácticos o de dictámenes de expertos. Deben sintetizarse para que sea posible producir las funciones de distribución de probabilidad. Cabe plantearse algunas cuestiones esenciales sobre los datos de que se dispone, a saber:

- ¿Son los datos representativos de las prácticas de gestión y otras circunstancias nacionales?
- ¿Qué promedio de tiempo se ha dedicado a la recopilación de los datos? ¿Se corresponde con el promedio de tiempo dedicado a la evaluación?

Con frecuencia, los datos de que se dispone representan un promedio anual para los parámetros de las estimaciones o un total anual para los datos de actividad.

La simulación del modelo de Monte Carlo requiere que el analista especifique las distribuciones de probabilidad (véase Fishman, 1996) que representan mejor cada modelo inicial cuya incertidumbre ha de cuantificarse. Las distribuciones de probabilidad pueden basarse en las indicaciones que figuran en el Capítulo 3, o pueden obtenerse aplicando distintos métodos, como el análisis estadístico de los datos o la solicitud de dictámenes de expertos, como se describe en el Capítulo 6 de *OBP2000*. Una consideración importante es determinar las distribuciones de las variables iniciales en el modelo que permite calcular las emisiones/absorciones para que se basen en los mismos supuestos fundamentales con respecto al tiempo de promediación, la ubicación y otros factores condicionantes y pertinentes para una evaluación determinada (p. ej., las condiciones climáticas que influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura). En la Sección 5.2.3 (Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales) figura más información al respecto.

EVALUACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE CADA UNO DE LOS DATOS DEL INVENTARIO A LA INCERTIDUMBRE GENERAL

Lo ideal es que los esfuerzos para caracterizar la incertidumbre de los datos de un inventario deberían ser proporcionales a su importancia en la evaluación de la incertidumbre general. Se desperdiciarían los escasos recursos si se dedicara mucho tiempo a recopilar datos y dictámenes de expertos sobre una categoría de fuentes o de sumideros que contribuye muy poco a la incertidumbre general. Por ello, se insta a los países a que identifiquen para una categoría determinada qué tipo de información inicial influye especialmente en la incertidumbre general del inventario a fin de priorizar las mejoras. Asimismo, se limitaría la evaluación si no se destinaran los recursos necesarios para cuantificar las incertidumbres asociadas a los datos iniciales especialmente sensibles respecto de la incertidumbre general del inventario. Muchos analistas abogan por un enfoque en el que la primera iteración del análisis de la incertidumbre consiste en evaluar las principales fuentes de incertidumbre. La información que se obtenga contribuirá a mejorar la evaluación de la incertidumbre general y será de gran utilidad para la documentación. Los métodos que permiten evaluar la importancia de los datos iniciales se describen en manuales de referencia como Morgan y Henrion (1990), Cullen y Frey (1999), y otros. Véase también la Sección 5.4 (Elección de la metodología – Identificación de las categorías esenciales).

ESPECIFICACIÓN DE LAS DEPENDENCIAS Y DE LAS CORRELACIONES ENTRE LOS DATOS INICIALES DE UN INVENTARIO

Una cuestión esencial que los analistas deben tener en cuenta al elaborar un análisis probabilístico es determinar si existen dependencias o correlaciones entre los datos iniciales del modelo. Teóricamente es preferible definir el modelo para que los datos iniciales sean lo más independientes posibles desde el punto de vista estadístico. Por tanto, en lugar de estimar las incertidumbres por separado para cada subcategoría de las actividades de UTCUTS, parece más adecuado estimar la incertidumbre de las categorías agregadas para las que pueda disponerse de buenas estimaciones y verificaciones. Las dependencias, si existen, tal vez no sean siempre pertinentes para la evaluación de las incertidumbres. Las dependencias entre los datos iniciales solamente deberán considerarse cuando se producen entre dos datos iniciales sobre los que repercute especialmente la incertidumbre y cuando las dependencias son suficientemente grandes. Por el contrario, las dependencias poco significativas entre los datos iniciales, o las dependencias relevantes entre datos iniciales que no resulten afectados por la incertidumbre del inventario, serán relativamente irrelevantes para el análisis. Ahora bien, algunas interdependencias son importantes, y si no se tienen en cuenta estas relaciones pueden obtenerse resultados inciertos.

Las dependencias pueden evaluarse analizando la correlación entre las variables de los datos iniciales a partir de análisis estadísticos. Por ejemplo, en Ogle *et al*. (2003) se describen las dependencias entre los factores de gestión de las tierras de cultivo, que se estimaron a partir de una simple serie de datos de un solo modelo de regresión, determinando la covarianza entre los factores relativos a la gestión de la reducción de cultivo y de la ausencia de cultivo y, a su vez, utilizando la información para obtener los valores de los factores de las tierras de cultivo con una correlación adecuada durante la simulación del modelo de Monte Carlo. En el Recuadro 5.2.3 se presenta este análisis con más detalle. Debería considerarse la probabilidad de que existan correlaciones entre las variables de los datos iniciales y concentrarse en las correlaciones que pudieran presentar las mayores dependencias (p. ej., la aplicación de los factores de gestión a una misma actividad durante varios años de un inventario, o las correlaciones entre las actividades de gestión de un año para otro). Se tratan otras cuestiones y se describen otros ejemplos en Cullen y Frey (1999) y en Morgan y Henrion (1990). Dichos documentos contienen además listas de referencias en las que se citan obras pertinentes.

RECUADRO 5.2.3
EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS VARIACIONES DE C EN SUELO AGRÍCOLA EN ESTADOS UNIDOS CON EL MÉTODO DE NIVEL 2

Ogle *et al*. (2003) han realizado el análisis de Monte Carlo para evaluar las variaciones de carbono en el suelo agrícola en Estados Unidos. El método que se describe en las *Directrices del IPCC* requiere que se disponga de datos iniciales relativos a los factores de gestión (por ejemplo, los coeficientes cuantitativos que representan la variación de carbono orgánico del suelo teniendo en cuenta el uso de la tierra o el cambio de gestión), al carbono almacenado de referencia (es decir, la cantidad de carbono orgánico en los suelos que cumplen las condiciones básicas), y los datos de actividad relativos al uso de la tierra y a la gestión. Los factores de gestión se estimaron a partir de unos 75 estudios publicados basados en modelos lineales de efectos mixtos. Las FDP se utilizaron para conocer el efecto de la gestión a una profundidad de 30cm, 20 años después de su aplicación. Las reservas de referencia se evaluaron utilizando la National Soil Survey Characterization Database del Departamento de Agricultura de Estados Unidos – el servicio de conservación de los recursos nacionales (USDA-NRCS) cuyas estimaciones relativas al carbono almacenado se calcularon a partir de unas 3.700 muestras de suelo nacional. Las FDP se basaban en el promedio y en la varianza de las muestras, teniendo en cuenta la autocorrelación espacial causada por los modelos de distribución del bosque. Los datos de actividad referentes al uso de la tierra y a la gestión se registraron en el Inventario de los recursos nacionales; USDA-NRCS, donde se recopila información relativa a la gestión de las tierras agrícolas en más de 400.000 puntos de Estados Unidos, y se sumaron los datos de las actividades del Centro de Información de la Tecnología de Conservación (CTIC). El análisis de Monte Carlo fue aplicado mediante un código y un paquete de programas informáticos sobre estadística disponibles en el mercado y que fueron elaborados por analistas estadounidenses. En dichos análisis se representaban las interdependencias entre la estimación de los parámetros que se habían obtenido de conjuntos de datos comunes. Por ejemplo, los factores para las tierras abandonadas o el cambio en el uso de la tierra entre las condiciones de cultivo y de no cultivo se obtuvieron mediante un único análisis de regresión con un indicador variable para las tierras abandonadas y, por tanto, eran interdependientes. El análisis también reveló la existencia de interdependencias entre los datos de actividad sobre el uso de la tierra y las prácticas de gestión. Cuando se simularon los valores de los datos iniciales, se partió de la base de que los factores eran completamente interdependientes del año de base y del año en que se realizaba el inventario, porque se suponía que el efecto de la gestión no iba a cambiar durante el período considerado para el inventario. Así, los factores se simularon aplicando los mismos valores aleatorios. En cambio, el carbono almacenado de referencia para los distintos tipos de clima en las superficies que se aplicó en el análisis del IPCC se simularon de manera independiente, utilizando distintas semillas seleccionadas al azar ya que las reservas para cada zona considerada provenían de conjuntos de datos independientes. Los analistas estadounidenses decidieron utilizar 50.000 iteraciones del análisis de Monte Carlo. Ogle *et al*. (2003) observaron que los suelos minerales experimentaron un aumento medio de 10,7 Tg C/ año $^{-1}$ entre 1982 y 1997, con un intervalo de confianza del 95% que oscilaba entre 6,5 y 15,2 Tg C/ año $^{-1}$. En cambio, los suelos orgánicos registraron una disminución media de 9,4 Tg C/ año $^{-1}$, cantidad que se situaba entre 6,4 y 13,3 Tg C/ año $^{-1}$. Además, Ogle *et al*. (2003) concluyeron que la variabilidad de los factores de gestión contribuía en un 90% a la incertidumbre general de las estimaciones relativas a las variaciones de carbono en el suelo analizado para el inventario final.

5.2.3 Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales

Antes de evaluar las incertidumbres de las categorías de un inventario se requiere información sobre las incertidumbres de los datos iniciales. En el Capítulo 3 se ofrece orientación sobre las incertidumbres relacionadas con la elección de los métodos (niveles) y sobre las incertidumbres relativas a los parámetros por defecto. En cuanto a las categorías esenciales, es una *buena práctica* realizar una evaluación independiente de la incertidumbre asociada a los datos iniciales utilizados con el fin de preparar las estimaciones de un país. En las siguientes secciones se dan indicaciones sobre algunos de los aspectos que deberían tenerse en cuenta cuando se aplican los tres niveles metodológicos descritos en el Capítulo 3 y otras cuestiones relacionadas con el Protocolo de Kyoto, que se abordan en el Capítulo 4.

En el Capítulo 2 se indican las fuentes de incertidumbre que pueden intervenir cuando se determinan las superficies de tierra asociadas al uso de la tierra y a las actividades de cambio de uso de la tierra. Dichas fuentes dependen de las circunstancias nacionales y de cómo los países aplican concretamente los tres enfoques o cómo

los combinan para caracterizar la superficie de tierra. Dadas las diferencias en la aplicación de la metodología en cada país, es difícil hacer recomendaciones cuantitativas generales. No obstante, en el Cuadro 2.3.6 del Capítulo 2 se proporcionan rangos orientativos y recomendaciones sobre la manera de reducir las incertidumbres en la clasificación de la tierra. Las indicaciones del Capítulo 2 revisten interés para todos los niveles que se presentan en las tres subsecciones siguientes.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES Y DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN MÉTODOS DE NIVEL 1

Los métodos de Nivel 1 para estimar las emisiones y las absorciones del sector de UTCUTS se basan en las estimaciones de las áreas específicas de un país (superficie de tierra y cambios en la superficie de tierra por categorías) y en los valores por defecto de las estimaciones de los parámetros que se requieren para calcular la magnitud de la fuente o del sumidero de una categoría determinada. La incertidumbre asociada a los métodos de Nivel 1 será probablemente grande, ya que se desconoce si los parámetros por defecto disponibles se adecuan a las circunstancias del país considerado. Si se aplican los datos por defecto a un país o a una región con unas características muy distintas de las que presentan los datos de las fuentes disponibles, pueden cometerse errores sistemáticos considerables (a saber, estimaciones de las emisiones o de las absorciones con un alto grado de sesgo). Una estimación de la incertidumbre cualitativa de los valores por defecto utilizados en el análisis de Nivel 1 o los métodos de verificación que se describen en la Sección 5.7 puede ayudar a identificar el sesgo de las estimaciones.

En el Capítulo 3 se indican las estimaciones de los niveles de incertidumbre relativas a los parámetros de estimación por defecto. Las estimaciones de la incertidumbre relativa a otros parámetros (p. ej., los datos referentes a las cosechas) deben basarse en las fuentes nacionales o en el dictamen de expertos que reflejen las circunstancias nacionales. Las incertidumbres en las estimaciones de las áreas en que se llevan a cabo actividades asociadas al uso de la tierra y a los cambios en el uso de la tierra se obtienen como se ha descrito anteriormente. Las estimaciones sobre la incertidumbre general para el sector de UTCUTS se calculan combinando las incertidumbres, como se indica en la Sección 5.2.2, Métodos para combinar las incertidumbres.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES Y DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN MÉTODOS DE NIVEL 2

Los métodos de Nivel 2 que se muestran en el Capítulo 3 se basan en los datos específicos de un país que se han determinado en el Nivel 1. En este caso, es una *buena práctica* evaluar la incertidumbre de los datos dadas las circunstancias nacionales. Los datos se definen a menudo de manera general, y probablemente no estén muy estratificados según las categorías del clima, de la gestión y de las alteraciones. La mayoría de las veces se evaluarán utilizando enfoques descendentes y basándose en valores iniciales tomados de referencias cruzadas o en estimaciones combinadas obtenidas a partir de fuentes de información no representativas, incluido el dictamen de expertos. Es una *buena práctica* evaluar las estimaciones de la incertidumbre para dichos valores por defecto remitiéndose a la documentación existente sobre la evaluación, al dictamen de expertos o a las comparaciones con países en que las condiciones sean similares. Si se examinan los datos iniciales, es posible mejorar la evaluación sobre la incertidumbre. En la introducción de la Sección 5.2.3 se indica cómo se obtienen las incertidumbres en las estimaciones de las áreas asociadas con actividades de uso de la tierra o cambios en el uso de la tierra. En cuanto a los factores de emisión (por ejemplo, relativos a los humedales o a oligogases distintos de CO_2 procedentes de la quema de biomasa), los países pueden disponer de mediciones directas a partir de algunas muestras para ciertas categorías de información. Por tanto, las estimaciones de la incertidumbre general se obtienen mediante la combinación de las incertidumbres, como se indica en la Sección 5.2.2.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES O DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN MÉTODOS DE NIVEL 3

Para estimar las emisiones y las absorciones en el Nivel 3 se utiliza información amplia y representativa de cada país sobre las variaciones del carbono almacenado (por ejemplo, en la silvicultura se producen aumentos originados por el crecimiento y pérdidas provocadas por las cosechas, por la mortalidad natural o por alteraciones). Por tanto, debería examinarse la incertidumbre de todos los parámetros de estimación que intervienen en las mediciones, incluidos los posibles errores sistemáticos. Las incertidumbres en las estimaciones de las áreas asociadas a las actividades relativas al uso de la tierra y a los cambios en el uso de la tierra se obtienen como ya se ha indicado. Mientras que el componente de error aleatorio puede cuantificarse utilizando enfoques ascendentes que se basan en información sobre el terreno relativa al inventario (véase la Sección 5.3 sobre muestreo), el error sistemático requiere otro tipo de datos. Hay que tomar en consideración los

errores específicos que resultan, por ejemplo, del muestreo y de las conversiones de los modelos (Lehtonen *et al.*: 2004). Es una *buena práctica* combinar todos los componentes del error (tanto aleatorio como sistemático) para cada parámetro (incluidos los factores de expansión y de conversión) y combinar las estimaciones de la incertidumbre correspondientes con el fin de calcular las estimaciones de las emisiones y de las absorciones para cada categoría (véase también la Sección 5.3 en la que se hacen recomendaciones específicas sobre la evaluación de la incertidumbre de estimaciones de los estudios basados en muestras).

Según el enfoque de Nivel 3 que adopte cada país, los factores determinantes en el ciclo del carbono pueden identificarse y parametrizarse como se muestra en las subsecciones de la Sección 3.2.1. Esto permite aplicar modelos dinámicos para la extrapolación y la verificación (véase la Sección 5.7 sobre verificación). Por tanto, debe prestarse especial atención a las incertidumbres de las estimaciones que se basan en modelos (véase el Recuadro 5.2.4).

RECUADRO 5.2.4
INCERTIDUMBRES DE LAS ESTIMACIONES BASADAS EN MODELOS

Los modelos que se utilizan para la elaboración de inventarios pueden abarcar desde relaciones estrictamente empíricas/estadísticas hasta modelos minuciosos basados en muestras. En la práctica, muchos modelos incluyen elementos de ambos enfoques. Cuando se cuantifican las incertidumbres de las estimaciones resultantes de esos enfoques deben considerarse varias cuestiones. Si bien en el presente documento no se pretende tratar exhaustivamente todos los modelos pertinentes, pueden comentarse algunos aspectos generales. La incertidumbre en los modelos puede extraerse de dos elementos principales: la incertidumbre relativa a la estructura del modelo y la incertidumbre de los valores de los parámetros. Es difícil cuantificar la primera fuente de incertidumbre. Si se contrastan dichos elementos con los datos basados en observaciones sobre el terreno, puede ocurrir que la estructura del modelo o los valores de los parámetros, o ambos, sean incorrectos (Oreskes *et al.*: 1984). Por tanto, es importante comprobar la validez de los modelos y utilizar únicamente los modelos que se consideren válidos para el objetivo perseguido. Si se juzga que un modelo no es del todo adecuado, debe complementarse con un programa de validación. La incertidumbre asociada a los valores de los parámetros puede cuantificarse más fácilmente combinando las estimaciones estadísticas o el dictamen de expertos de la incertidumbre de los parámetros mediante el análisis de sensibilidad o el método de Monte Carlo. El análisis de sensibilidad deberá realizarse antes de utilizar el modelo, con el fin de determinar su utilidad para las predicciones. Para realizar el inventario no conviene elegir un modelo con un alto grado de sensibilidad respecto de un parámetro con un nivel de incertidumbre elevado. Si la estructura del modelo es adecuada, el último aspecto que cabe considerar es la incertidumbre de las estimaciones que producen los modelos. Para ello, deben tenerse en cuenta generalmente dos componentes del error: a saber, la incertidumbre que procede de la incertidumbre de los parámetros y la incertidumbre debida a la variación inherente a la población no representada en el modelo. Cuando se realizan las estimaciones, deben considerarse ambas fuentes de incertidumbre para cualquier cálculo.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES Y DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN OTROS REQUISITOS DEL PROTOCOLO DE KYOTO

Los métodos generales para combinar las incertidumbres, como se indica en la Sección 5.2.2 (Métodos para combinar las incertidumbres) pueden también aplicarse para informar sobre las estimaciones con arreglo al Protocolo de Kyoto. No obstante, algunos de los principales factores que repercuten en las incertidumbres pueden variar. Por ejemplo, la incertidumbre general del inventario del sector de UTCUTS puede presentar un grado mayor de sensibilidad a las incertidumbres cuando se identifican las categorías relacionadas con el uso del suelo y los cambios que se producen entre ellas para las categorías de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Además, la contabilización neto-neto que se requiere para la información de las actividades relacionadas con la agricultura plantea algunas cuestiones específicas que se abordan de manera más detallada en las Secciones 4.2.4.2 y 4.2.8.1. Por ejemplo, la incertidumbre que se obtiene de las estimaciones durante el año de base puede diferir de la incertidumbre a lo largo del período de compromiso. Por otra parte, existen requisitos especiales para elegir la metodología elegida para presentar la información con arreglo al Protocolo de Kyoto (como se indica en el Capítulo 4). A efectos de la información, es necesario hacer evaluaciones de la incertidumbre asociada a las actividades recogidas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. En la Sección 4.2.4.3 del Capítulo 4 figuran los requisitos y el nivel de detalle de los análisis.

5.2.4 Ejemplo de análisis de la incertidumbre

En el Apéndice 6A.2 del Capítulo 6, Cuantificación de las incertidumbres en la práctica, se da un ejemplo general que ilustra la manera en que pueden combinarse las incertidumbres. Este enfoque puede aplicarse también al sector de UTCUTS, siempre y cuando los cálculos se expresen en productos de superficie (u otros datos de actividad) y en factores de emisión y de absorción. Dado que las estimaciones de las actividades de UTCUTS son, por lo general, más o menos proporcionales a la superficie considerada, pueden aplicarse otros procedimientos más complejos que la multiplicación de los datos de actividad relativos a un solo factor de emisión a las estimaciones y expresarse de la misma manera, sobre la base de las incertidumbres asociadas a las emisiones equivalentes, del factor que se haya estimado a partir del dictamen de expertos o de las relaciones estándar que intervienen en la propagación del error.

En esta sección se ofrece un ejemplo en el que se indican las etapas que deben seguirse para la evaluación de Nivel 1 de la incertidumbre basándose en el enfoque de Nivel 1, utilizando dos actividades típicas del sector de UTCUTS. Se parte de una situación simple en la que se estiman las variaciones del carbono almacenado, las emisiones y las absorciones para dos subcategorías de la categoría tierras forestales: i) tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y ii) tierras forestales que se convierten en praderas. Los gases y las emisiones de gases distintos de CO_2 que provienen de los suelos no se toman en consideración en este caso concreto. En el ejemplo se presta especial atención a simples estimaciones numéricas de la incertidumbre y no se consideran las correlaciones entre los parámetros iniciales.

La evaluación de las estimaciones se divide en cuatro etapas.

Etapa 1: Estimación de las emisiones o las absorciones relativas a cada actividad: tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y tierras forestales convertidas en praderas.

Etapa 2: Evaluación de las incertidumbres relativas a las dos actividades.

Etapa 3: Evaluación de las incertidumbres totales originadas por el sector de UTCUTS.

Etapa 4: Combinación de las incertidumbres del sector de UTCUTS con otras categorías de fuentes.

Etapa 1: Estimación de las emisiones o de las absorciones para cada actividad

Antes de realizar la evaluación de la incertidumbre, las estimaciones de las variaciones del carbono almacenado deben prepararse para ambas subcategorías: tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y tierras forestales convertidas en praderas. Dichas estimaciones deberían elaborarse siguiendo la orientación detallada que se ofrece en el Capítulo 3.

Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

En la Sección 3.2.1.1.1.1 del Capítulo 3 se presentan dos métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado en la biomasa. En el siguiente ejemplo se aplica únicamente el Método 1 para el que la disminución del nivel de carbono en la biomasa se debe al incremento de la biomasa (véase la Ecuación 3.2.2):

$$\Delta C_{TFTF\ BV} = (\Delta C_{TFTF_C} - \Delta C_{TFTF\ P})$$

donde:

$\Delta C_{TFTF\ BV}$ = variación anual del carbono almacenado en la biomasa viva (incluida la biomasa sobre el suelo y la biomasa bajo tierra) en las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C al año^{-1}

ΔC_{TFTFC} = incremento anual medio del carbono debido al aumento de la biomasa (también denominado incremento de la biomasa), en toneladas de C al año^{-1}

$\Delta C_{TFTF\ P}$ = disminución anual media del carbono debida a la pérdida de biomasa, en toneladas de C al año^{-1}

Para simplificar el ejemplo, se considera que no hay pérdida de biomasa, por lo tanto $\Delta C_{TFTF\ P} = 0$. De ahí que en este ejemplo se utilice $\Delta C_{TFTF\ BV} = \Delta C_{TFTF_C}$. El incremento de la biomasa ΔC_{TFTF_C} se calcula mediante la Ecuación 3.2.4:

$$\Delta C_{TFTF_c} = \sum_{ij} (S_{ij} \bullet C_{TOTAL\,ij}) \bullet FC$$

donde:

ΔC_{TFTFC} = aumento anual medio del carbono debido al incremento de la biomasa en las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, por tipo de bosque y por zona climática, en toneladas de C al año^{-1}

S_{ij} = superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, por tipo de bosque (*i*= 1 a *n*) y por zona climática (*j*=1 to *m*), en ha

$C_{TOTALij}$ = nivel de incremento anual medio de la biomasa total en unidades de materia seca, por tipo de bosque (*i*= 1 to *n*) y por zona climática (*j*=1 a *m*),en toneladas de m.s./ ha^{-1} año $^{-1}$

FC = fracción de carbono, en toneladas de C (toneladas de m.s.)$^{-1}$ (valor aplicado por defecto igual a 0,5, con un 2% de incertidumbre)

En el ejemplo, la superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales equivale a 10 millones de hectáreas. Se considera que sólo existe un tipo de bosque y una única zona climática, de ahí que $n = m = 1$, y, por tanto, la fórmula anterior ΔC_{TFTF_C} se simplifica de la siguiente manera:

$$\Delta C_{TFTF_C} = S \bullet C_{TOTAL} \bullet FC$$

donde C_{TOTAL} corresponde ahora al nivel de incremento anual medio de la biomasa total, calculado en la totalidad de la superficie de tierra. Generalmente, el valor del C_{TOTAL} puede obtenerse mediante la Ecuación 3.2.5, que figura en la Sección 3.2.1.1.1.1, para cada tipo de bosque y para cada zona climática, teniendo en cuenta los valores de los parámetros que se indican en la Sección 3A.1.[1] En el ejemplo se aplican un valor por defecto de 3.1 toneladas de m.s.ha^{-1}año^{-1} y un porcentaje de incertidumbre por defecto del 50% para el C_{TOTAL}. Por tanto, el aumento anual medio de carbono almacenado debido al incremento de la biomasa relativa a las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales se calcula con la ecuación:

$$\Delta C_{TFTF\ BV} = \Delta C_{TFTF_C} = 10.000.000 \bullet 3{,}1 \bullet 0{,}5 \text{ toneladas C año}^{-1} = 15.500.000 \text{ toneladas C año}^{-1}$$

Tierras forestales convertidas en praderas

El método básico de Nivel 1 para estimar las variaciones del carbono almacenado en la biomasa debidas a la conversión de las tierras forestales en praderas se describe en la Sección 3.4.2.1.

La Ecuación 3.4.13 da la variación anual en el carbono almacenado debido a la conversión de las tierras forestales en praderas, cuando se conoce el año de la conversión, de la siguiente manera:

$$\Delta C_{TP_{BV}} = S_{Conversión} \bullet (C_{Conversión} + C_{Crecimiento})$$
$$C_{Conversión} = C_{Después} - C_{Antes}$$

donde:

ΔC_{TPBV} = variación anual del carbono almacenado en la biomasa viva como resultado de la conversión del uso de la tierra, que de un uso inicial determinado se convierte en pradera, en toneladas de C año^{-1}

$S_{Conversión}$ = superficie de tierra convertida en pradera a partir de un uso inicial de la tierra, en ha/año^{-1}

$C_{Conversión}$ = carbono almacenado absorbido cuando se convierten las tierras de un uso inicial determinado en praderas, en toneladas de C ha^{-1}

$C_{Crecimiento}$= carbono almacenado en un año de crecimiento de la vegetación de las praderas tras la conversión, en toneladas de C ha^{-1}

$C_{Después}$ = carbono almacenado en la biomasa inmediatamente después de la conversión en pradera, en toneladas de C ha^{-1}

C_{Antes} = carbono almacenado en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en praderas, en toneladas de C ha^{-1}

Si los valores por defecto se expresan en términos de biomasa por hectárea, se deberá convertir en carbono utilizando el valor por defecto de 0,5 para la FC, y un 2% de incertidumbre para la FC.

En el ejemplo, la superficie de bosque convertido en pradera representa 500 hectáreas. Los factores de emisión y las incertidumbres asociadas figuran en el Capítulo 3.2.1.1.2 y en el Cuadro 3.4.9 de la Sección 3.4.2.1 del Capítulo 3. En el siguiente ejemplo se considera que:

$C_{B_{BV}} = C_{Antes}$ = 80 toneladas de C ha^{-1}, con un porcentaje de incertidumbre del 24%

$C_{Después}$ = 0 toneladas de C ha^{-1}, con un porcentaje de incertidumbre del 0%

$C_{P_{BV}} = C_{Crecimiento}$ = 3 toneladas de C ha^{-1}, con un porcentaje de incertidumbre del 60%

[1] Los valores aplicados por defecto a la biomasa sobre el suelo anual media C_H y la relación raíz/vástago R de la Ecuación 3.2.5 se encuentran en los Cuadros 3A.1.5, 3A.1.6 y 3A.1.8 (para R) del Anexo 3A.1.

Si se aplican estos valores en la siguiente ecuación se obtiene:

$$\Delta C_{TP_{BV}} = S_{RL} \bullet (-C_{F_{BV}} + C_{C_{BV}})$$

$$= 500 \text{ ha} \bullet (-80 + 3) \text{ toneladas C ha}^{-1} = -38.500 \text{ toneladas C}$$

Etapa 2: Evaluación de las incertidumbres para cada actividad

Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

La incertidumbre asociada a la superficie de tierra forestal estimada debe determinarse a partir del dictamen de expertos. Si para las estimaciones se utilizan los estudios nacionales que se basan en un diseño de muestreo estadístico (véanse la Sección 5.3, Muestreo y el Cuadro 2.3.6 del Capítulo 2) pueden adoptarse entonces métodos estadísticos para calcular la incertidumbre.

En el siguiente ejemplo se considera que la superficie de bosque gestionada se define mediante datos administrativos. El organismo encargado de recopilarlos aplicó métodos basados en las *buenas prácticas* y, a partir del dictamen de expertos, evaluó una incertidumbre de las estimaciones de la superficie en un 20%.

La incertidumbre del incremento anual de la biomasa depende de la incertidumbre de los parámetros iniciales. Si el país aplica parámetros por defecto, la incertidumbre será grande y solamente se podrá evaluar de manera aproximada a partir del dictamen de expertos (véase el Capítulo 3). Si el aumento anual de la biomasa se calcula mediante la Ecuación 3.2.4 y se convierte en carbono con una fracción determinada, entonces la estimación de la incertidumbre relativa al incremento del carbono en la biomasa ($I_{\Delta C_{TFTF_C}}$) se obtiene de la siguiente manera:

$$I_{\Delta C_{TFTF_C}} = \sqrt{I_{S_{TFTF}}^2 + I_{C_{TOTAL}}^2 + I_{FC}^2}$$

Si se define $I_{CC_{TOTAL}}$ como el porcentaje de incertidumbre del incremento anual de la biomasa en términos de carbono por unidad de superficie (por ejemplo, la incertidumbre combinada de $C_{TOTAL} \bullet FC$):

$$I_{CC_{TOTAL}} = \sqrt{I_{C_{TOTAL}}^2 + I_{FC}^2}$$

$$I_{CC_{TOTAL}} = \sqrt{50\%^2 + 2\%^2} = 50{,}04\%$$

Antes de que puedan calcularse las incertidumbres combinadas de los datos de actividad S_{TFTF} (superficie de tierras forestales que sigue siendo tierras forestales) y el factor de emisión correspondiente (incremento anual de la biomasa en términos de carbono, CC_{TOTAL}), debe determinarse si existe alguna correlación. En el siguiente ejemplo, los datos iniciales provienen de fuentes independientes, y debe considerarse que no están correlacionados. Por tanto, puede aplicarse la Ecuación 5.2.1 para obtener la $I_{\Delta_{TFTF_C}}$ de la siguiente manera:

$$I_{\Delta_{TFTF_C}} = \sqrt{I_{S_{TFTF}}^2 + I_{CC_{TOTAL}}^2}$$

$$= \sqrt{20\%^2 + 50{,}04\%^2} = 53{,}8\%$$

donde:

$I_{\Delta C_{TFTF_C}}$ = porcentaje de la incertidumbre de las variaciones del carbono almacenado

$I_{S_{TFTF}}$ = porcentaje de la incertidumbre de las estimaciones de la superficie de tierras forestales

Tierras forestales convertidas en praderas

Asimismo, es necesario estimar la incertidumbre asociada a las variaciones del carbono almacenado originadas por los cambios en el uso de la tierra. Según la fuente, el tipo y la magnitud de los datos de que se disponga, podría no ser posible realizar estimaciones sobre errores estadísticos, por lo que se utilizará el dictamen de expertos. En el siguiente ejemplo, dado que existe certeza de que el carbono almacenado inmediatamente después de la conversión $C_{Después}$ es igual a 0, la incertidumbre de las variaciones del carbono almacenado, calculada por medio de la Ecuación 3.4.13, presenta tres componentes: la incertidumbre del carbono almacenado inmediatamente antes de la conversión I_{C_B}, (B = Bosque), la incertidumbre en el carbono

almacenado de la vegetación de praderas existente después de las conversiones I_{C_P}, (P = Pradera) y la incertidumbre asociada a la estimación de la superficie que se ha convertido $I_{S_{BP}}$. Si se aplica la Ecuación 5.2.2 y los valores del ejemplo relativos al carbono almacenado y a las incertidumbres, como se ha indicado anteriormente en la Etapa 1, el porcentaje de la incertidumbre de la variación del carbono almacenado por hectárea se estima de la siguiente manera:

$$I_{\Phi} = \frac{\sqrt{(I_{C_B} \bullet C_B)^2 + (I_{C_P} \bullet C_P)^2}}{|C_B + C_P|}$$

$$= \frac{\sqrt{(24\% \bullet (-80))^2 + (60\% \bullet 3)^2}}{|-80+3|} = 25\%$$

En este ejemplo simplificado que ilustra el cambio en el uso de la tierra, la incertidumbre total relativa a la variación del carbono almacenado en la biomasa se calcula utilizando la Ecuación 5.2.1, en la que se combina la incertidumbre de los cambios en el carbono almacenado por hectárea con una incertidumbre de la estimación de la superficie convertida, que en el caso que nos ocupa equivale a un 30%. Así:

$$I_{\Delta C_{BP}} = \sqrt{I_{A_{BP}}{}^2 + I_{\Phi}{}^2}$$

$$= \sqrt{30\%^2 + 25\%^2} = 39\%$$

Etapa 3: Evaluación del total de las incertidumbres relativas al sector de UTCUTS

En el ejemplo simple que se presenta a continuación, la incertidumbre del sector de UTCUTS se calcula combinando la incertidumbre de las estimaciones de las dos actividades. Las incertidumbres que se producen en un contexto real con más categorías y sus estimaciones correspondientes pueden combinarse del mismo modo.

Incertidumbre total para este ejemplo		
Categoría de uso del suelo	Estimación de la variación del carbono almacenado asociado (toneladas de C año^{-1})	$I_{\Delta C}$
Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	15 500 000	53,8%
Tierras forestales convertidas en praderas	-38 500	39%
Total	15 461 500	54%

La incertidumbre general se obtiene mediante la Ecuación 5.2.2 de la siguiente manera:

$$I_{TOTAL} = \frac{\sqrt{(53{,}8\% \bullet 15500000)^2 + (39\% \bullet (-38500))^2}}{|15500000 + (-38500)|} = 54\%$$

Cuando se expresa en porcentaje, la incertidumbre general producida por las dos actividades de UTCUTS consideradas se sitúa en el 54%. La incertidumbre que se asocia al error estándar relativo de la estimación se calcula dividiendo por dos el porcentaje de incertidumbre. Cabe señalar que el cálculo implica la existencia de correlaciones entre las estimaciones como resultado de la dependencia de una conversión idéntica y de factores de expansión para ambas actividades. Sin embargo, en la práctica, esta correlación puede ser reducida. Si no es así, los cálculos deberán realizarse con muestras independientes; por ejemplo, durante el análisis de la incertidumbre con un método de Nivel 2 (como puede ser el método de Monte Carlo).

Etapa 4: Combinación de las incertidumbres relativas a UTCUTS con otras categorías de fuentes

Por último, la estimación de la incertidumbre correspondiente al sector de UTCUTS puede combinarse con otras estimaciones de la incertidumbre propia de otras categorías de fuentes utilizando métodos de Nivel 1 o de Nivel 2 indistintamente.

5.2.5 Presentación de informes y documentación

En *OBP2000* se ofrecen indicaciones generales sobre la información que puede aplicarse igualmente al sector de UTCUTS. En cuanto a la información relativa a los resultados del análisis de la incertidumbre para el sector de UTCUTS obtenidos con un método de Nivel 1, puede incorporarse añadiendo unas líneas para las categorías pertinentes de UTCUTS al Cuadro 6.1 de la Sección 6.3 de *OBP2000,* teniendo en cuenta la orientación que se proporciona en la Sección 6.3.2 de *OBP2000*.

De acuerdo con *OBP2000*, el análisis puede realizarse utilizando las emisiones de los equivalentes de CO_2 basadas en los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA) especificados en la Tercera Conferencia de las Partes, decisión 2/CP.3.[2]

[2] La metodología también puede aplicarse de manera general utilizando otros sistemas de ponderación.

5.3 MUESTREO

5.3.1 Introducción

Los datos relativos al sector de UTCUTS se obtienen a menudo de los estudios basados en muestras y, por lo general, se utilizan para estimar los cambios que se producen en el uso de la tierra o en el carbono almacenado. Los inventarios nacionales sobre los bosques constituyen ejemplos significativos del tipo de estudios que se lleva a cabo. En esta sección se ofrece orientación sobre las *buenas prácticas* relativas al uso de los datos recogidos en los estudios basados en muestras para informar sobre las emisiones y las absorciones de los gases de efecto invernadero y elaborar los estudios de muestreo para disponer de datos acordes con el objetivo perseguido. Igualmente, el muestreo es fundamental para ejecutar los proyectos relativos al Protocolo de Kyoto, y en el Capítulo 4 se proporcionan recomendaciones específicas de acuerdo con la presente sección, en las que ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* en relación con:

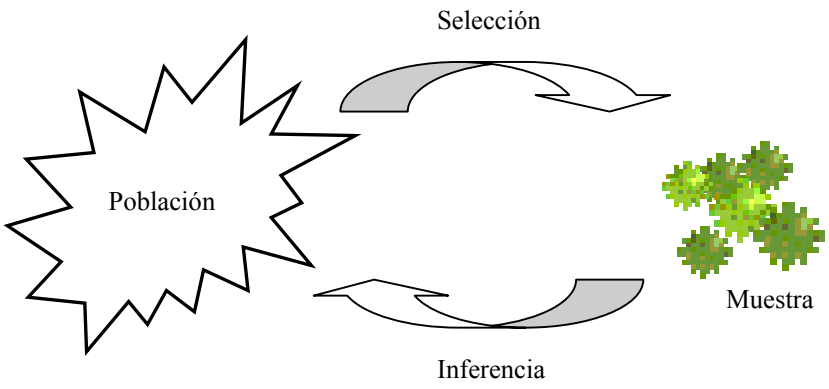
- El panorama general sobre los principios de muestreo (Sección 5.3.2);
- El diseño de muestreo (Sección 5.3.3);
- Los métodos de muestreo para las estimaciones de una superficie determinada (Sección 5.3.4);
- Los métodos de muestreo para las estimaciones de las emisiones y de las absorciones de los gases de efecto invernadero (Sección 5.3.5);
- Las incertidumbres en las estudios basados en muestras (Sección 5.3.6).

En cuanto a las referencias sobre muestreo se recomiendan las siguientes: Raj (1968), Cochran (1977), De Vries (1986), Thompson (1992), Särndal *et al.* (1992), Schreuder *et al.* (1993), Reed y Mroz (1997), y Lund (1998).

5.3.2 Panorama general sobre los principios de muestreo

El muestreo proporciona información sobre una población entera a través de la observación de una de sus partes, lo que se denomina una muestra (véase Figura 5.3.1). Por ejemplo, los cambios del carbono en la biomasa del árbol a escala regional o nacional puede estimarse basándose en el crecimiento, en la mortalidad y en la tala de árboles en un número limitado de parcelas utilizadas para el muestreo. Las teorías sobre el muestreo proponen, por lo tanto, instrumentos para ampliar la información obtenida de las parcelas de muestreo a la escala geográfica establecida. Si se prepara correctamente el muestreo, la eficacia del uso de los recursos del inventario aumenta considerablemente. Además, para el desarrollo de los inventarios relativos al sector de UTCUTS se requieren, normalmente, muestras sobre el terreno, porque si bien los datos de teledetección ofrecen una cobertura territorial completa, deberá disponerse de datos relativos al lugar observado a partir de muestras sobre el terreno para facilitar la interpretación y la verificación.

Figura 5.3.1 Principio de muestreo



La teoría estándar de muestreo parte de la selección aleatoria de una muestra de la población y cada unidad de la población presenta una probabilidad específica de que se la incluya en la muestra. Esto ocurre cuando todas las parcelas de muestreo se distribuyen de manera aleatoria en una superficie, o cuando las parcelas se reparten en un sistema de cuadrícula sistemático y la disposición de la cuadrícula es aleatoria. El muestreo aleatorio reduce el riesgo de sesgo y permite evaluar objetivamente la incertidumbre de las estimaciones. Por lo tanto, los datos que se extraen del muestreo aleatorio deberán utilizarse cuando se disponga de ellos o cuando se elaboren nuevos estudios.

Asimismo, las muestras pueden tomarse en lugares seleccionados subjetivamente, que se consideren representativas de la población. Se denomina muestreo subjetivo (o intencionado) y los datos obtenidos a partir de esos estudios suelen utilizarse en los inventarios de los gases de efecto invernadero (por ejemplo, cuando las observaciones de los lugares que no se han seleccionado de manera aleatoria se emplean para representar toda una categoría o subdivisión de tierra). Dadas estas condiciones, las observaciones sobre el tipo de bosque, por ejemplo, pueden extrapolarse a otras áreas para las que no son representativas. No obstante, debido a la escasez de los recursos de que se dispone, para los inventarios de los gases de efecto invernadero puede ser necesario examinar los datos relativos a lugares seleccionados subjetivamente o a las parcelas consideradas en el estudio. Si esto ocurre, es una *buena práctica* identificar, previa consulta de los organismos responsables de los lugares o las parcelas, las superficies de tierra para las que las muestras subjetivas se juzgan representativas.

5.3.3 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo determina la manera en que las unidades de muestreo (los lugares o las parcelas) de la población se seleccionan y cuáles son los procedimientos que se deben aplicar para las estimaciones estadísticas a fin de obtener resultados de las muestras. Los diseños de muestreo aleatorio pueden dividirse en dos grupos principales, dependiendo de que la población se *estratifique* (es decir, se subdivida antes del muestreo) o no sobre la base de información complementaria. Los estudios estratificados serán, generalmente, más eficaces según el nivel de exactitud que se alcance a partir de un coste determinado. En cambio, otros estudios tienden a ser ligeramente más complejos, lo cual aumenta el riesgo de obtener errores que no proceden del muestreo, sino que se deben al uso incorrecto de los datos recopilados. En los diseños de muestreo, debería alcanzarse un punto intermedio entre la simplicidad y la eficacia. Los tres aspectos relativos a las *buenas prácticas* que se mencionan a continuación pueden ayudar a conseguirlo:

- Uso de datos complementarios y de la estratificación;
- Muestreo sistemático;
- Uso de parcelas permanentes para las muestras y de datos relativos a las series temporales.

5.3.3.1 USO DE DATOS COMPLEMENTARIOS Y DE LA ESTRATIFICACIÓN

Uno de los diseños de muestreo más destacados que contienen información complementaria es la *estratificación* . En ella, la población se divide en subpoblaciones sobre la base de *datos complementarios*. Estos datos incluyen el conocimiento de los límites jurídicos y administrativos o de las limitaciones de la administración forestal que conviene muestrear por separado, y mapas o datos de teledetección que permitan distinguir las superficies de tierras altas y tierras bajas o los distintos tipos de ecosistema. Como con la estratificación se pretende aumentar la eficacia de las muestras, es una *buena práctica* utilizar datos complementarios cuando se dispone de ellos o cuando se pueden obtener a un coste adicional bajo.

La estratificación contribuye a aumentar la eficacia del análisis principalmente de dos maneras: i) mejorando la exactitud de las estimaciones para toda la población y ii) obteniendo resultados pertinentes para algunas subpoblaciones, por ejemplo, para ciertas regiones administrativas.

En cuanto a la primera cuestión, la estratificación permite aumentar la eficacia del muestreo si la subdivisión de la población favorece la reducción de la variación entre las unidades de un estrato determinado frente a la variación relativa a la población entera. Por ejemplo, un país puede dividirse en una región de tierras bajas (que presentan algunas de las características de las categorías del uso de la tierra consideradas) y en una región de tierras altas (con diferentes características de las categorías correspondientes). Si cada estrato es homogéneo, puede conseguirse una estimación general precisa utilizando una muestra limitada de cada estrato. La segunda cuestión es importante si se trata de proporcionar resultados con un grado determinado de exactitud para todas las regiones administrativas de interés para el análisis, como también es fundamental cuando los datos de las

muestras deben combinarse con otro tipo de datos disponibles que se han recopilado utilizando distintos protocolos con las mismas limitaciones legales o administrativas.

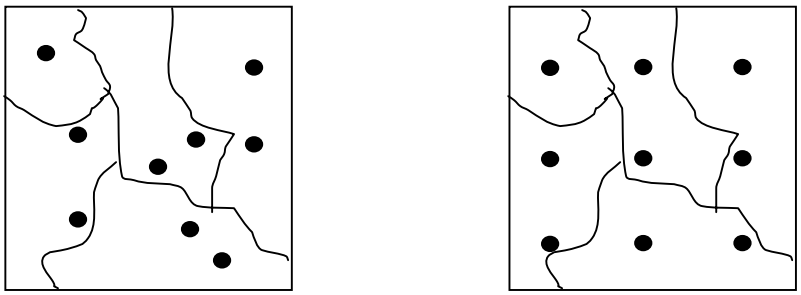
El uso de los datos de teledetección o mapas para identificar los límites de los estratos (las subdivisiones de los tipos de uso de la tierra que van a incluirse en el estudio de muestreo) puede introducir errores cuando algunas superficies se clasifican erróneamente en un estrato determinado, en tanto que otras superficies que pertenecen realmente a esa clase concreta no se han tomado en cuenta. Este tipo de error puede conllevar un sesgo considerable en las estimaciones finales ya que la superficie identificada para el muestreo no es representativa de la población analizada. Siempre que exista el riesgo de que se cometa un error de este tipo, es una *buena práctica* realizar una evaluación del posible impacto de tales errores a partir de datos verificados en tierra.

Cuando los datos para la presentación de la información acerca de las emisiones o de las absorciones de los gases de efecto invernadero se extraen de inventarios realizados a gran escala, como los inventarios forestales nacionales, conviene aplicar procedimientos estándar para las estimaciones del inventario siempre que se basen en principios estadísticos sólidos. Asimismo, la *post-estratificación* (es decir, cuando, una vez realizado el estudio *in situ*, se definen los estratos mediante datos de teledetección o datos complementarios relativos a los mapas) implica la posibilidad de utilizar nuevos datos adicionales para mejorar la eficacia sin necesidad de modificar el diseño inicial del terreno (Dees *et al.*: 1998). Si se adopta este principio para las estimaciones, puede evitarse el riesgo de sesgo mencionado en el párrafo anterior.

5.3.3.2 MUESTREO SISTEMÁTICO

Generalmente, para realizar estudios basados en muestras relativos al bosque o al uso de la tierra se utilizan puntos o parcelas de muestreo cuyas características de interés ya se han registrado. Un aspecto importante de las muestras es la disposición de los puntos o de las parcelas. Normalmente, conviene repartir las parcelas en pequeños grupos con el fin de minimizar los costes de desplazamiento cuando se cubre una superficie grande en los estudios basados en muestras. Con el muestreo por conglomerados, la distancia entre las parcelas deberá ser suficientemente grande para evitar mayores correlaciones entre parcelas, teniendo en cuenta el tamaño (para el muestreo de los bosques). Es esencial determinar si todas las parcelas (o los conglomerados de parcelas) deben disponerse de manera aleatoria o sistemática utilizando una cuadrícula normal que representa al azar la superficie considerada (véase la Figura 5.3.2). En general, procede aplicar el muestreo sistemático ya que, en la mayoría de los casos, contribuye a la precisión de las estimaciones. El muestreo sistemático simplifica también el trabajo sobre el terreno.

Figura 5.3.2 Disposición aleatoria simple de las parcelas (izquierda) y disposición sistemática (derecha)



Sencillamente, la razón de que el muestreo aleatorio sistemático sea, por lo general, superior al muestreo aleatorio simple radica en que las parcelas que sirven de muestra se reparten uniformemente en todas las partes de la superficie analizada.[3] Con el procedimiento de muestreo aleatorio simple, algunas partes de la superficie examinada pueden comprender muchas parcelas mientras que otras pueden no contener ninguna.

[3] En contados casos en que existe un modelo común sobre el terreno que puede coincidir con el diseño sistemático en cuadrícula, el muestreo sistemático puede producir estimaciones menos precisas que el muestreo aleatorio simple. No obstante, este tipo de problema puede resolverse elaborando la cuadrícula de otra manera.

5.3.3.3 PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO Y DATOS DE LAS SERIES TEMPORALES

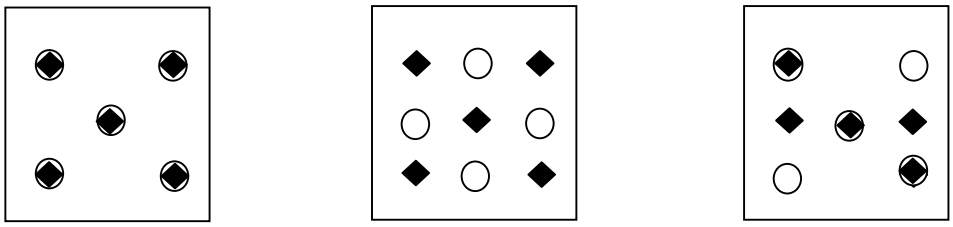
Para los inventarios de los gases de efecto invernadero deben evaluarse la situación actual y los cambios en el tiempo (p. ej., en las superficies relativas a distintos tipos de uso del suelo y en el carbono almacenado). La evaluación de los cambios es fundamental y requiere un muestreo frecuente en el tiempo. El intervalo de tiempo entre las mediciones deberá determinarse sobre la base de la frecuencia de los factores que originan los cambios y de los requisitos para presentar la información. En general, se recomienda usar intervalos de tiempo de 5 a 10 años para el análisis del sector de UTCUTS. En muchos países, se dispone de los datos obtenidos de los estudios concebidos correctamente para varias décadas**,** especialmente en el sector forestal. No obstante, dado que las estimaciones para la documentación deben ser anuales, se adoptarán métodos de interpolación y de extrapolación como los descritos en la Sección 5.6. Cuando se cuenta con series temporales suficientemente largas, tal vez haya que extrapolar datos anteriores en el tiempo para captar la dinámica de las variaciones del carbono almacenado, teniendo en cuenta la *orientación sobre las buenas prácticas* que ofrecen la Sección 5.6 y las indicaciones sobre las *buenas prácticas* que figuran en los Capítulos 3 y 4 sobre los períodos requeridos y las posibles hipótesis.

Cuando se realiza un muestreo repetido, los datos necesarios sobre el estado actual de las superficies o del carbono almacenado se evalúan en cada momento. Las variaciones se estiman entonces calculando la diferencia entre el estado en el momento $t + 1$ y el estado en el momento t. Para estimar las variaciones se pueden emplear tres diseños comunes de muestreo:

- Se utilizan las mismas unidades de muestreo en ambos casos (unidades de muestreo permanentes);
- Se utilizan conjuntos de unidades de muestreo diferentes e independientes en ambos casos (unidades de muestreo temporales);
- Pueden sustituirse algunas unidades de muestreo en un caso mientras que, en el otro, siguen siendo las mismas (muestreo con sustitución parcial).

En la Figura 5.3.3 se indican los tres enfoques mencionados.

Figura 5.3.3 Uso de las distintas configuraciones de las unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios



Conjunto idéntico (parcelas permanentes) | Conjuntos independientes (parcelas temporales) | Muestreo con sustitución parcial (parcelas permanentes y temporales)

○ Unidad de muestreo estimada en el momento 1

◆ Unidad de muestreo estimada en el momento 2

Generalmente, para estimar los cambios, las parcelas permanentes para las muestras son más eficientes que las parcelas temporales, ya que es más fácil distinguir las tendencias reales de las diferencias que se deben únicamente a los cambios en la selección de las parcelas. No obstante, también es arriesgado utilizar parcelas permanentes para las muestras. Si los administradores de la tierra conocen el lugar de las parcelas permanentes (por ejemplo, porque se han marcado visiblemente las parcelas) se corre el riesgo de que la gestión de las parcelas permanentes consideradas difiera de la gestión de otras superficies. Si esto ocurre, las parcelas dejarán de ser representativas y existe un riesgo evidente de que los resultados estén sesgados. Si se advierte la posibilidad de que esto suceda, es una *buena práctica* evaluar algunas parcelas temporales que servirán de muestra testigo para determinar si las condiciones en dichas parcelas son distintas de las que se dan en las parcelas permanentes.

Utilizando el muestreo con sustitución parcial se pueden abordar algunos de los problemas relativos al uso de parcelas permanentes, pues puede ocurrir que se sustituyan lugares que se considera se han tratado de distinta

manera. Si bien los procedimientos para realizar las estimaciones son complicados, puede recurrirse al muestreo con sustitución parcial. (Scott y Köhl: 1994; Köhl *et al.*: 1995).

Cuando se tienen en cuenta únicamente las parcelas temporales, los cambios generales todavía pueden estimarse, pero ya no se podrán analizar los cambios en el uso de la tierra entre distintas clases, a menos que se introduzca una dimensión temporal en la muestra. Esto es posible si se utilizan datos complementarios, como mapas, datos de teledetección o administrativos sobre el estado de la tierra en el pasado. Este método aportará más incertidumbre a la evaluación y será difícil cuantificarla si no se recurre al dictamen de expertos.

5.3.4 Métodos de muestreo para la estimación de la superficie

En el Capítulo 2 se muestran varios enfoques para evaluar las superficies o los cambios en las superficies relativas a las clases de uso de la tierra. Para muchos de estos enfoques, se recurre al muestreo. Las superficies y los cambios en ellas pueden estimarse de dos maneras distintas utilizando el muestreo:

- Estimación de las proporciones;
- Estimación directa de la superficie.

Para aplicar el primer enfoque es necesario conocer la superficie total de la región examinada y que las muestras para los estudios ofrezcan solamente las proporciones de los distintos tipos de uso de la tierra. Para el segundo método no hay que conocer la superficie total.

Ambos enfoques se basan en la evaluación de un número determinado de unidades de muestreo situadas en el área del inventario. Las unidades de muestreo pueden seleccionarse utilizando el muestreo aleatorio simple o el muestreo sistemático (véase la Figura 5.3.2). Por lo general, el muestreo sistemático permite mejorar la precisión de las estimaciones del área, sobre todo cuando las clases referentes a distintos usos de la tierra están representadas en parcelas grandes. La estratificación, que se ha abordado en la Sección 5.3.3.1, también puede utilizarse para mejorar la eficacia de las estimaciones de la superficie considerada. A este efecto, es una *buena práctica* llevar a cabo los procedimientos que se describen a continuación, de manera independiente para cada estrato.

Cuando se estiman la proporciones se considera que las unidades de muestreo son puntos sin dimensión, aunque la superficie pequeña que rodea cada punto debe tenerse en cuenta cuando se determina el tipo de uso de la tierra. Las parcelas para las muestras pueden utilizarse igualmente para estimar la superficie, si bien este principio no se desarrolla más aquí.

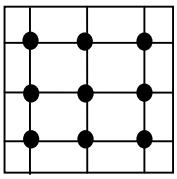
5.3.4.1 ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE PROPORCIONES

En general, se sabe cuál es la superficie total de la región del inventario. De esta forma, la estimación de las superficies que presentan distintos tipos de uso de la tierra puede obtenerse sobre la base de las evaluaciones de las proporciones de la superficie. Si se adopta este enfoque, la superficie del inventario está cubierta por un número determinado de puntos que sirven de muestra, y el uso de la tierra se determina para cada punto. Por tanto, la proporción de cada tipo de uso de la tierra se calcula dividiendo el número de puntos que pertenecen a una clase determinada entre el número total de puntos. Las estimaciones de la superficie relativas a cada tipo de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada clase por la superficie total.

En el Cuadro 5.3.1 se propone un ejemplo de este procedimiento. El error estándar en la estimación de una superficie determinada se obtiene con la fórmula $S\sqrt{(p_i \bullet (1-p_i))/(n-1)}$, en la que p_i representa la proporción de los puntos en un tipo concreto de uso de la tierra, S es la superficie total de que se dispone y *n* el número total de puntos de las muestras.[4] El intervalo de confianza equivalente al 95% para S_i , a saber, la superficie estimada referente al tipo de uso de la tierra *i*, se calcula de manera aproximada multiplicando por ±2 el error estándar.

[4] Téngase en cuenta que esta fórmula da sólo resultados aproximados cuando se aplica el muestreo sistemático.

CUADRO 5.3.1
EJEMPLO DE LA ESTIMACIÓN DE UNA SUPERFICIE MEDIANTE PROPORCIONES

Procedimiento de muestreo	Estimación de las proporciones	Superficies estimadas de clases de uso de la tierra	Error estándar
	$p_i = n_i / n$	$S_i = p_i \cdot S$	$s(S_i)$
	$p_1 = 3/9 \cong 0{,}333$	$S_1 = 300$ ha	$s(S_1) = 150{,}0$ ha
	$p_2 = 2/9 \cong 0{,}222$	$S_2 = 200$ ha	$s(S_2) = 132{,}2$ ha
	$p_3 = 4/9 \cong 0{,}444$	$S_3 = 400$ ha	$s(S_3) = 158{,}1$ ha
	Suma = 1,0	Total = 900 ha	

Donde:

S = superficie total (= 900 ha en el ejemplo)

S_i = superficie estimada de clase de uso de la tierra *i*

n_i = número de puntos en la clase de uso de la tierra *i*

n = número total de puntos

Las estimaciones de la superficie realizadas cuando se produce un cambio en el uso de la tierra pueden calcularse introduciendo clases de tipo S_{ij} en que el uso de la tierra cambia de una clase *i* a otra clase *j* entre las sucesivas mediciones.

5.3.4.2 ESTIMACIÓN DIRECTA DE LA SUPERFICIE

Siempre que se sepa cuál es la superficie total del inventario, conviene estimar las superficies y los cambios en ellas por medio de la evaluación de las proporciones puesto que es el procedimiento que permite obtener la mayor exactitud. Cuando la superficie total del inventario se desconoce o está sujeta a una incertidumbre desmesurada, puede aplicarse un procedimiento alternativo que implica la evaluación directa de las superficies con distintos tipos de uso de la tierra. Este procedimiento sólo puede utilizarse cuando se aplica el muestreo sistemático. En él cada punto de muestreo representa un área que equivale al tamaño de la celda de la cuadrícula para la disposición de las muestras.

Por ejemplo, cuando se seleccionan puntos de muestras sobre una cuadrícula sistemática con una distancia de 1.000 metros entre los puntos, cada punto de muestreo representará una superficie de 1km ● 1km = 100 ha. Por ello, si 15 parcelas pertenecen a un mismo tipo de uso de la tierra de interés**,** la estimación de la superficie alcanzará: 15 ● 100 ha = 1.500 ha.

5.3.5 Métodos de muestreo para estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero

El muestreo no sirve solamente para estimar la superficie considerada, sino también para estimar el carbono almacenado y las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero. Como base para ello se realiza en las parcelas la evaluación de las variables, como la biomasa del árbol y el contenido de carbono en el suelo. Las cantidades correspondientes a estos elementos pueden medirse directamente sobre el terreno mediante un análisis de laboratorio de las muestras o a partir de modelos basados en las variables correlacionadas (como las mediciones estándar de la altura y el diámetro del árbol) para obtener las reservas reales, o las emisiones y las absorciones, de gases de efecto invernadero a nivel de la parcela.

Solamente pueden ofrecerse directrices generales sobre el uso del muestreo destinado a realizar estimaciones directas de las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero. En comparación con los inventarios tradicionales de los bosques o del uso de la tierra, las evaluaciones en las parcelas suelen ser un poco más complejas, especialmente cuando se trata de evaluar el depósito de carbono en el suelo. Una cuestión importante en los estudios de muestreo aleatorio es la disposición de las parcelas; por ejemplo, la medición de los árboles o

el muestreo de suelo. Es fundamental que la disposición se base en procedimientos estrictos, en lugar de que sean los analistas quienes elijan las parcelas adecuadas para realizar las mediciones o la selección de las muestras.

Con frecuencia, los inventarios de los gases de efecto invernadero se incorporan a los programas de vigilancia nacionales que se efectúan sobre los bosques y el uso de la tierra. En general, es una *buena práctica* aplicar los procedimientos establecidos en estos inventarios a fin de estimar las cantidades que interesan para el análisis y las incertidumbres correspondientes. No obstante, deben considerarse los efectos de los errores de los modelos de conversión en las etapas finales de la conversión (p. ej., cuando se aplican los factores de expansión de la biomasa). En la siguiente sección se trata más a fondo esta cuestión.

5.3.6 Incertidumbres en los estudios basados en muestras

Los métodos que se describen en los Capítulos 3 y 4 están relacionados con los rangos de incertidumbre aplicados por defecto a los valores presentados por defecto. En la Sección 5.2 del presente capítulo se describe la forma de combinar las incertidumbres con el fin de estimar la incertidumbre general de un inventario. Si un organismo encargado del inventario emplea los valores por defecto puede remitirse a los rangos de incertidumbre que se consideran en los Capítulos 3 y 4. Sin embargo, cuando se adoptan métodos de un nivel más elevado, a menudo el organismo encargado del inventario utilizará los valores específicos de un país y los datos obtenidos de la investigación, de publicaciones científicas, de los estudios de muestreo sobre el terreno y mediante teledetección. Cuando se aplican datos específicos de un país, los organismos encargados del inventario deben elaborar sus propias estimaciones de la incertidumbre, valiéndose del dictamen de expertos o, si se ha utilizado el muestreo, de la evaluación directa sobre la precisión de los datos o estimaciones obtenidos.

La posibilidad de calcular las estimaciones de la incertidumbre a través de procedimientos estadísticos formales es una ventaja esencial en la aplicación de los métodos de muestreo frente a otros sistemas. La fiabilidad de la información puede evaluarse sobre la base de los datos de que se dispone.

Por tanto, cuando los datos procedentes del muestreo aleatorio se utilizan para informar sobre los inventarios de los gases de efecto invernadero, es una *buena práctica* basar la evaluación de las incertidumbres en los principios de muestreo en lugar de utilizar los valores por defecto o el dictamen de expertos. Por consiguiente, estas incertidumbres pueden combinarse con las incertidumbres de otros datos o modelos siguiendo la orientación que se ofrece en la Sección 5.2 del presente capítulo.

En la presente sección se indican las distintas fuentes de los errores que se producen en los estudios basados en muestras y sus efectos en la incertidumbre general de las estimaciones. Se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* para evaluar las incertidumbres relativas a los estudios basados en muestras. Las consideraciones sobre las causas de los errores son de carácter general, y se plantean también cuando los datos se obtienen de esquemas de muestreo no aleatorios (como los datos extraídos de las parcelas examinadas) y se aumenta la escala posteriormente utilizando las estimaciones de las superficies para obtener los resultados en el ámbito nacional. Al considerar las fuentes de error se describen primero los errores en las evaluaciones a nivel de la unidad de muestra, y luego las cuestiones aumentando la escala a las estimaciones para alguna superficie mayor.

5.3.6.1 TIPOS DE ERRORES

En el ámbito de los inventarios relativos al sector de UTCUTS, los datos de muestreo se toman de las parcelas de muestreo sobre el terreno. Para obtener estimaciones de una superficie mayor (p. ej., un país) debe aumentarse la escala de las mediciones que se efectúan en las parcelas. En estas etapas pueden surgir varios tipos de errores:

- En primer lugar, siempre que se realizan mediciones, suelen producirse errores de medición provocados por algunas imperfecciones derivadas de las técnicas o de los instrumentos utilizados. Los errores de medición suelen ser sistemáticos y siempre se desvían en una u otra dirección distinta a la del valor verdadero. Los errores de este tipo se propagarán cuando se aumente escala. Los errores de medición también pueden ser aleatorios. En este caso, el error medio es igual a 0 y las desviaciones pueden ser tanto negativas como positivas. Los errores de medición son menos graves que lo errores sistemáticos, aunque pueden provocar errores sistemáticos cuando las mediciones básicas se aplican a modelos para calcular la cantidad que interesa (p. ej., el volumen de un árbol).
- En segundo lugar, las cantidades de interés para el objetivo pretendido no siempre se miden directamente, si bien los modelos permiten extraerlas. Por ejemplo, la cantidad de carbono en un árbol se obtiene, por lo general, calculando primero el volumen a partir de modelos basados en parámetros, como las especies de árboles, el diámetro y la altura del árbol, considerados como variables iniciales, y utilizando después otros modelos o factores de expansión estáticos para convertir el volumen en biomasa y la biomasa en carbono. Cuando se aplican modelos, se producen errores ya que los modelos no pueden predecir exactamente las

cantidades que interesan. Los *errores de los modelos* pueden ser aleatorios y sistemáticos. Es posible que las dimensiones varíen en función de los valores de las variables iniciales. Como sostienen Gertner y Köhl (1992), los errores sistemáticos de los modelos contribuyen en gran medida a la incertidumbre general.

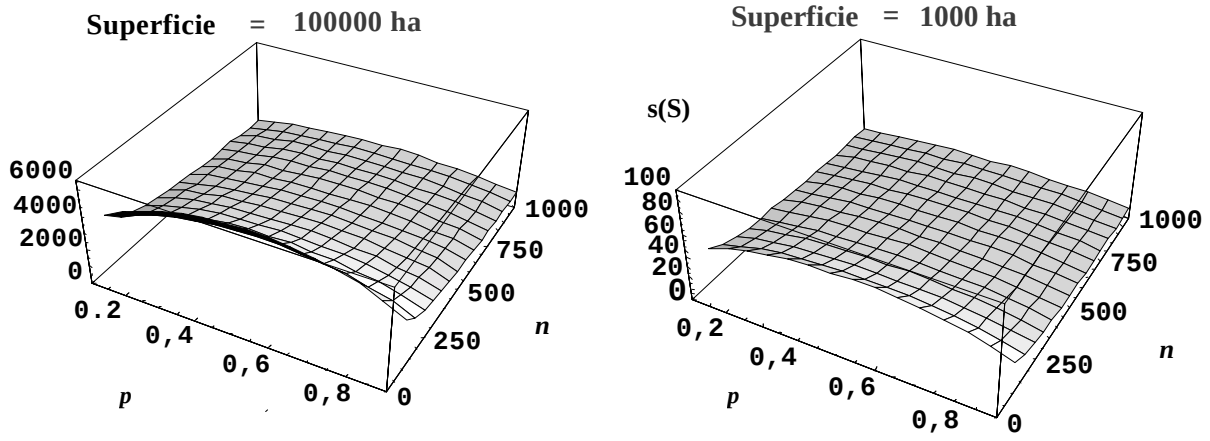
- Cuando las mediciones de las parcelas se efectúan a mayor escala, los *errores de muestreo* se deben a que las condiciones en la superficie mayor considerada varían y las mediciones representan solamente las zonas que han servido de muestra. Las condiciones medias en las parcelas seleccionadas para las muestras no suelen coincidir exactamente con las condiciones medias de la totalidad de la superficie de interés en el estudio. Los errores de muestreo (producidos por diseños de muestreo aleatorio y estimadores no sesgados) sólo son aleatorios, y sus efectos pueden limitarse si se aumenta el tamaño de las muestras, como se indica más adelante en la Figura 5.3.4.
- Si se aumenta la escala basándose en información que cubre toda la zona (p. ej., procedente de la teledetección) y no en estudios de muestreo, la incertidumbre resultará de las superficies de tierra que se hayan clasificado erróneamente. La clasificación de los errores puede determinarse y corregirse si se lleva a cabo un estudio a partir de muestras para analizar la magnitud de esos errores. En tal caso, las mediciones deberán realizarse a partir del muestreo aleatorio, para evitar los errores sistemáticos que puedan ocasionarse al seleccionar subjetivamente las muestras.
- El registro de datos y los errores de cálculo son los últimos tipos de errores que pueden producirse. Son errores menos técnicos, si bien podrían ser importantes fuentes de incertidumbre en relación con los estudios basados en muestras. Para evitar los errores de registro, los datos deberían registrarse directamente en los ordenadores de la zona considerada y deberían ser varias las personas que, independientemente, inscribieran los datos de los formularios sobre el terreno en algún tipo de soporte informático. Los cálculos deben comprobarse aplicando los principios básicos de la Garantía de la Calidad, que se exponen en la Sección 5.5. Es difícil evaluar las consecuencias de los errores de registro y de cálculo. Con frecuencia, se detectan y se corrigen antes de que causen mayores desviaciones originadas por determinados valores. Cuando causan pequeñas desviaciones, es posible que no puedan detectarse.

5.3.6.2 TAMAÑO DE LAS MUESTRAS Y ERRORES DE MUESTREO

En general, no existen dudas sobre la relación entre los errores de muestreo, la variación de la población y el tamaño de las muestras. El aumento del tamaño de las muestras permite obtener una mayor precisión, y una población heterogénea (como las poblaciones con mayor variación dentro de la población considerada) requiere muestras de mayores dimensiones para lograr cierta precisión. Al estimar las proporciones de una superficie, los errores de muestreo no dependen solamente del tamaño de las muestras sino también de la proporción en sí misma. Dada una muestra de cierto tamaño, el error de muestreo es mayor cuando las proporciones p de un tipo de uso de la tierra son iguales a 0,5 y se reduce cuando p se sitúa en torno a 0 o a 1.

El efecto de las proporciones del tipo de uso de la tierra (desde p = 0,1 hasta p = 0,9) y los tamaños de las muestras (desde n = 100 hasta n = 1.000) en el error de muestreo de la estimación relativa a una superficie determinada se muestra en la Figura 5.3.4, en la que se consideran dos tamaños de superficie distintos (a saber, 1.000 ha y 100.000 ha).

Figura 5.3.4 Relación entre el error estándar de las estimaciones de la superficie (S), la proporción de la clase de uso de la tierra *p* y el tamaño de la muestra *n*



5.3.6.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS ERRORES EN LOS ESTUDIOS BASADOS EN MUESTRAS

De acuerdo con la teoría sobre el muestreo básico, se considera que las cantidades relacionadas con las unidades de población pueden identificarse sin errores. Además, se parte de que las variables de interés (como las absorciones de gases de efecto invernadero) se registran directamente en las unidades de muestreo; no hay necesidad, pues, de tener en cuenta los errores procedentes de las conversiones de los modelos. En este caso, siempre y cuando se utilicen los estimadores estadísticos adecuados, las estimaciones totales basadas en las muestras (p. ej., las relativas a las absorciones de los gases de efecto invernadero en el ámbito nacional) no son sesgadas y la precisión correspondiente puede evaluarse sobre la base de los datos recogidos.

En muchos casos (p. ej., el muestreo para la estimación de la superficie), los supuestos anteriores pueden considerarse válidos, y, por ello, es una *buena práctica* evaluar la incertidumbre de las estimaciones basándose únicamente en los principios de la teoría de muestreo, teniendo en cuenta el diseño de muestreo y el estimador de muestreo utilizados. Estos cálculos se presentan de manera detallada en manuales sobre muestreo, como las referencias que se indican en la Sección 5.3.1. Los errores de los modelos pueden incluirse en las estimaciones de la incertidumbre general de varias maneras. Un caso que conviene destacar es cuando los modelos dan lugar solamente a errores aleatorios respecto de las unidades de muestreo individuales (p. ej., si se han aplicado los modelos de biomasa a los datos relativos a los árboles existentes en las parcelas). En estos casos, los errores de los modelos aleatorios provocarán un aumento de la variación entre las parcelas, lo que, a su vez, causará una mayor incertidumbre de las estimaciones generales. En este caso, es posible que los métodos estándar que permiten estimar la incertidumbre en relación con la teoría de muestreo puedan seguir aplicándose, con una buena aproximación, sin necesidad de realizar modificaciones. Por tanto, si se dan estas condiciones, es una *buena práctica* aplicar la teoría estándar del muestreo para extraer las estimaciones de la incertidumbre en vez de adoptar los enfoques que se exponen en la Sección 5.2.

Cuando existen posibilidades de que los modelos originen errores sistemáticos (desconocidos) o cuando se ha recurrido a ellos tan sólo en alguna de las etapas finales de la conversión (como los factores de expansión de la biomasa que se aplican a las estimaciones del volumen total), las incertidumbres que van interviniendo deberían tomarse en cuenta. Por tanto, para obtener la incertidumbre global, es una *buena práctica* adoptar el método de Nivel 1 – o de Nivel 2 –, que figura en la Sección 5.2.

Por lo general, es una *buena práctica* evaluar la aplicabilidad de los modelos principales a la población que se analiza por medio de estudios piloto. Cuando los modelos se aplican a conjuntos de datos que representan condiciones y procedimientos de medición muy diferentes de los que se obtuvieron anteriormente**,** existe un riesgo evidente de que los modelos produzcan errores sistemáticos.

Los errores de medición pueden provocar errores sistemáticos significativos, sobre todo cuando los cambios se estiman sobre la base de mediciones repetidas y los niveles de error sistemático varían con el tiempo. La magnitud de los errores de medición sólo puede estimarse si se efectúan mediciones de control minuciosas – de una submuestra de las parcelas – aunque, en algunos casos, resulta difícil aplicar tales evaluaciones de verificación (p. ej., en los estudios sobre el suelo). Si la información sobre el inventario de gases de efecto invernadero se fundamenta en el muestreo, es una *buena práctica* llevar a cabo evaluaciones de verificación minuciosas en una fracción (pequeña) de las parcelas, para poder evaluar así la magnitud de los errores de medición. Esta fracción puede ser del orden del 1% al 10%, dependiendo del tamaño real de la muestra, del coste de las mediciones de control, del nivel de formación y de experiencia de los analistas.

Para determinadas variables es posible obtener valores de medición verdaderos mediante procedimientos de control muy precisos, y en esos casos el objetivo es estimar la magnitud de los errores sistemáticos de medición. En otros casos, puede que sea imposible medir/evaluar un valor real, y solamente se debería informar sobre la variación entre las personas que toman las muestras.

Si se detectan más errores de medición en un proceso de verificación realizado cuidadosamente, es una *buena práctica* corregir los errores antes de calcular las estimaciones definitivas de las emisiones/las absorciones de gases de efecto invernadero.

5.4 ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA-IDENTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES

5.4.1 Introducción

En el presente capítulo se indica cómo se identifican las *categorías esenciales*[5] en un inventario nacional que incluye el sector de UTCUTS. La elección de un método para cada categoría de fuentes o de sumideros es importante en la gestión de la incertidumbre general del inventario. En los árboles de decisiones de los Capítulos 3 y 4 se ofrece orientación específica para cada categoría y actividad con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, que recogen el concepto de categoría esencial. Por lo general, la incertidumbre de un inventario es menor si se estiman las emisiones y las absorciones con un método de nivel superior. Sin embargo, estos métodos suelen requerir amplios recursos para la recopilación de datos, por lo que tal vez no puedan aplicarse métodos de niveles superiores para cada categoría de emisiones y de absorciones. Es, pues, una *buena práctica* utilizar los recursos disponibles de la manera más eficaz posible, identificando aquellas categorías que contribuyen en mayor medida a la incertidumbre general del inventario. La determinación de las *categorías esenciales* en el inventario nacional permite al organismo encargado del inventario decidir del orden de prioridad de sus actividades y mejorar sus estimaciones generales. Además, es también una *buena práctica* que cada organismo encargado de elaborar un inventario determine las *categorías esenciales* del país considerado de manera sistemática y objetiva. Un procedimiento de estas características repercutirá en una mayor calidad del inventario e inspirará más confianza en las estimaciones obtenidas sobre las emisiones.

La Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*OBP2000,* IPCC, 2000), define una *categoría de fuentes* esenciales como la "categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país, en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas". El concepto de fuente esencial se aplicaba originalmente a las emisiones que no incluían el sector de UTCUTS y, como se indica en *OBP2000,* permite a los países identificar las categorías esenciales que deberían estimarse utilizando niveles superiores si se dispone de recursos suficientes. En la presente Orientación se amplía la definición y se incluyen igualmente las emisiones por fuentes y las absorciones por sumideros relativas a UTCUTS. En este documento, *cuando se usa el término categoría esencial se hace referencia a las fuentes y a los sumideros*. La incorporación de las categorías relativas al sector de UTCUTS en el análisis de las categorías esenciales facilita la determinación de prioridades referente en todos los sectores del inventario nacional y, si procede, puede servir de información complementaria al Protocolo de Kyoto.

Cualquier organismo encargado de un inventario sobre los gases de efecto invernadero de un país podrá identificar las *categorías esenciales* en función de su contribución al nivel absoluto de las emisiones nacionales. Para los organismos encargados de los inventarios que hayan realizado series temporales, la determinación cuantitativa de las *categorías esenciales* deberá incluir una evaluación del nivel absoluto y de la tendencia de las emisiones y de las absorciones. Puede ocurrir que se identifiquen algunas *categorías esenciales* únicamente cuando se tiene en cuenta su efecto en la tendencia del inventario nacional.

Los métodos cuantitativos para determinar las *categorías esenciales* se indican en la Sección 5.4.2, Métodos cuantitativos para determinar las categorías esenciales. Se describen el método básico de Nivel 1 y el método de Nivel 2, en los que se tienen en cuenta las incertidumbres. Además de determinar de manera cuantitativa las *categorías esenciales*, es una *buena práctica* considerar los criterios cualitativos, especialmente cuando se realiza una evaluación de Nivel 1 o se utilizan métodos de estimación de niveles inferiores. Los criterios cualitativos figuran en la Sección 5.4.3 (Consideraciones cualitativas). En las Secciones 5.4.2 y 5.4.3 se ofrece orientación sobre las *buenas prácticas* que puede aplicarse a la totalidad del inventario de emisiones y de absorciones. Para las estimaciones que se elaboren con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de

[5] En *OBP2000* el concepto era "categorías de fuentes esenciales" y se refería al inventario que excluía el sector de UTCUTS. Sin embargo, dado que un inventario que incluye el sector de UTCUTS puede comprender emisiones y absorciones, en el presente documento se utiliza el término "categoría esencial" para reflejar más claramente que se incluyen fuentes y sumideros. En el caso de un inventario relativo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), las categorías se refieren a categorías de uso de la tierra, como se indica en el Cuadro 3.1.1 del Capítulo 3. En el marco del Protocolo de Kyoto, cada una de las actividades recogidas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si son seleccionadas) corresponde a una categoría.

Kyoto, existen otras consideraciones, como se indica en la Sección 5.4.4. En la Sección 5.4.5 se ofrece orientación para aplicar los resultados. En la Sección 5.4.7 se indica cómo se obtienen los umbrales relativos a las evaluaciones del nivel y de la tendencia de los métodos de Nivel 1, en las que se tiene en cuenta el sector de UTCUTS. Finalmente, en la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo del análisis de las categorías esenciales con un método de Nivel 1.

5.4.2 Métodos cuantitativos para determinar las categorías esenciales

En el inventario nacional de cada país algunas categorías son especialmente relevantes por su contribución a la incertidumbre general del inventario. Es importante identificar las categorías esenciales a fin de decidir el orden de prioridad de los recursos de que se dispone para la preparación del inventario y para elaborar las mejores estimaciones.

Se señalan dos niveles que permiten realizar el análisis de las categorías esenciales acordes al método cuantitativo basado en los dos niveles que permite identificar las categorías de fuentes esenciales descrito en el Capítulo 7 (Elección de la metodología y nuevos cálculos), de *OBP2000*. En las siguientes secciones se adapta dicho método para incluir las categorías de UTCUTS. El enfoque adoptado para incorporar las categorías de UTCUTS está concebido para abordar los tres objetivos siguientes: i) permitir evaluaciones continuas de las categorías de fuentes esenciales sin incluir el sector de UTCUTS, como se indica en *OBP2000*; ii) evaluar la importancia relativa de las categorías de UTCUTS incorporándolas en el análisis general de las categorías esenciales, y iii) mantener la coherencia entre la orientación y las decisiones de la Conferencia de las Partes de la CMCC y del Protocolo de Kyoto respecto de la identificación de las categorías esenciales.

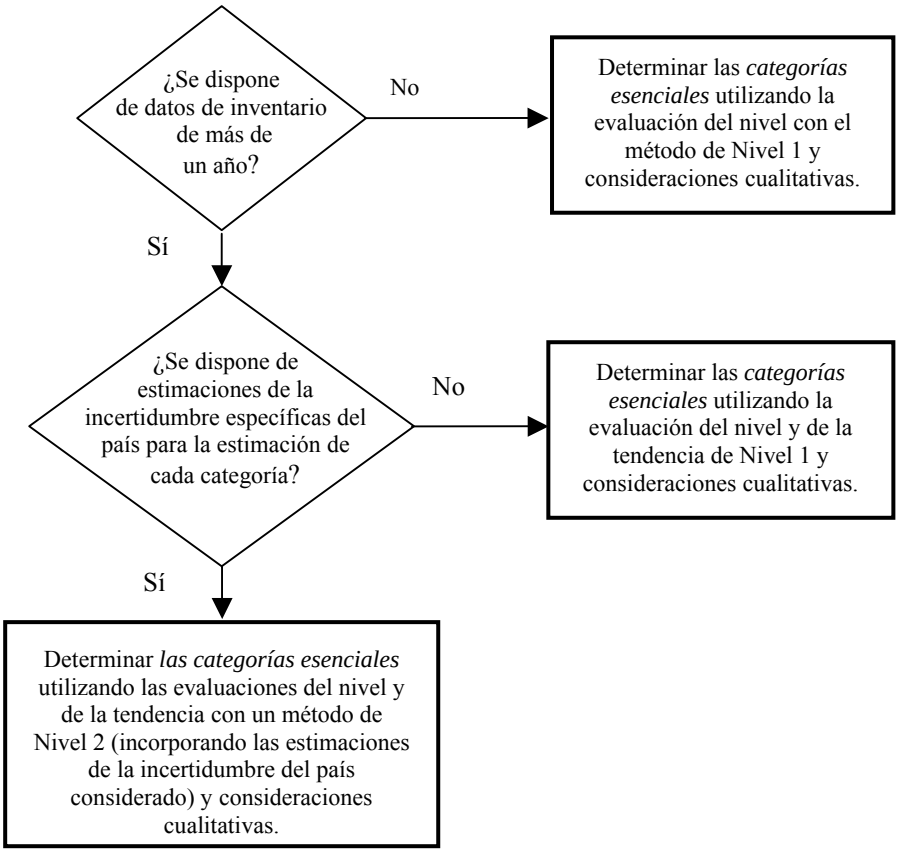
Teniendo en cuenta estos objetivos, el análisis cuantitativo de las categorías esenciales debería realizarse como sigue:

i) En primer lugar, las categorías (de fuentes) esenciales deberían identificarse para el inventario en que se excluye UTCUTS (p. ej., las categorías esenciales deberían identificarse para el sector de la energía, de los procesos industriales, del uso de solventes y de otros productos, de la agricultura y para los sectores de desechos) siguiendo la orientación que ofrece *OBP2000* en el Capítulo 7, *Elección de la metodología y nuevos cálculos*.

ii) En segundo lugar, el análisis de las categorías esenciales debería repetirse para la totalidad del inventario en que se incluyen las categorías de UTCUTS. Es posible que algunas categorías no relativas a UTCUTS, identificadas como esenciales en el primer análisis, dejen de serlo cuando se incluyen las categorías referentes a UTCUTS. En tal caso, dichas categorías deberán seguir considerándose esenciales. En algunos casos, cuando se trata de países con emisiones o absorciones netas procedentes de UTCUTS reducidas, el análisis integrado permite identificar como esenciales otras categorías distintas de las derivadas de UTCUTS. En tal caso, el análisis que se realice para los sectores distintos de UTCUTS debería adoptarse para determinar las categorías esenciales en esos sectores, y las categorías adicionales que no correspondan al sector de UTCUTS identificadas en el análisis combinado no deberían considerarse esenciales.

Cualquier organismo que haya realizado un inventario de gases de efecto invernadero esencialmente completo puede llevar a cabo una evaluación del nivel a partir de un método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales de fuentes o de sumideros para el nivel global de emisión. Los organismos encargados de los inventarios que dispongan de inventarios de emisiones de más de un año podrán realizar igualmente la evaluación de la tendencia con un método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales que influyen en la tendencia de las emisiones. Si se dispone de las incertidumbres en las categorías o en los parámetros nacionales, los organismos encargados de los inventarios pueden aplicar el método de Nivel 2 para identificar las *categorías esenciales*. El enfoque del Nivel 2 es más preciso que el de Nivel 1 y permitirá reducir el número de *categorías esenciales* identificadas. Con el método de Nivel 2 es posible realizar procedimientos más complejos, como evaluar los principales datos de actividad y la estimación de los parámetros por separado. Si se han llevado a cabo los análisis de Nivel 1 y de Nivel 2, es una *buena práctica* utilizar los resultados del análisis de Nivel 2.

Figura 5.4.1. Árbol de decisiones para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros



El árbol de decisiones de la figura anterior indica cómo los organismos encargados de los inventarios pueden determinar el método que se va a utilizar para identificar las *categorías esenciales*. Dicha figura se ha modificado con respecto a la Figura 7.1 del Capítulo 7 de *OBP2000* con el fin de incluir el sector de UTCUTS.

NIVEL DE AGREGACIÓN

Los resultados del análisis de las categorías esenciales serán de mayor utilidad si se realiza el análisis aplicando el nivel de detalle adecuado. Para el sector de UTCUTS, el nivel de análisis recomendado equivale a la nomenclatura de las categorías utilizado en el Capítulo 3, que figura en el Cuadro 5.4.1 junto con las "consideraciones especiales" que ofrecen información complementaria sobre el análisis de las categorías esenciales para determinadas categorías. El Cuadro 5.4.1 se basa en el Cuadro 7.1 del Capítulo 7 de *OBP2000* e incluye además las categorías del sector de UTCUTS. Contiene todas las categorías de las fuentes y de los sectores incluidos para facilitar la realización de un análisis integrado de las categorías esenciales. Cada categoría que se propone para el sector de UTCUTS en el Cuadro 5.4.1 incluye varias subcategorías, y se considera una *buena práctica* evaluar posteriormente la importancia de dichas subcategorías para seleccionar los métodos adecuados y decidir el orden de prioridad de los recursos. De acuerdo con la orientación que se ofrece en *OBP2000*, es una *buena práctica* considerar esenciales las subcategorías si representan entre el 25 y el 30 por ciento del total de las emisiones o de las absorciones de la categoría. En el Cuadro 3.1.3 del Capítulo 3 figura la lista de las subcategorías asociadas a cada categoría del Cuadro 3.1.1 del Capítulo 3 para este análisis. Por ejemplo, las variaciones del carbono almacenado en el suelo y en la biomasa pueden diferenciarse en la categoría "tierras forestales que siguen siendo tierras forestales". Si un país prepara sus estimaciones basándose en las categorías de UTCUTS que figuran en las *Directrices del IPCC*, puede relacionar sus estimaciones con las categorías que se indican en el Cuadro 5.4.1, siguiendo las orientaciones que proporciona el Cuadro 3.1.1 de la Sección 3.1.2 y los detalles de las secciones correspondientes del Capítulo 3.

Los países pueden decidir realizar un análisis cuantitativo con un nivel mayor de detalle. En tal caso, han de tenerse en cuenta las correlaciones que pueden producirse (véase el método de Nivel 2 para evaluar la incertidumbre que se describe en la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de la incertidumbre). Deberán utilizarse las mismas hipótesis sobre dichas correlaciones cuando se evalúe la incertidumbre y se identifiquen las

categorías esenciales. El Cuadro 5.4.1 indica las subcategorías que pueden diferenciarse sin tener en cuenta las correlaciones.

Si se dispone de datos al respecto, el análisis puede realizarse para las emisiones y las absorciones separadamente dentro de una categoría. De no ser posible, es importante aplicar los criterios cualitativos para identificar las categorías esenciales cuando las emisiones y las absorciones desparecen o casi desaparecen. Para consideraciones cualitativas, véase la Sección 5.4.3.

CUADRO 5.4.1
CATEGORÍAS DE FUENTES/SUMIDEROS DEL IPCC PROPUESTAS PARA EL SECTOR DE UTCUTS Y SECTORES DISTINTOS DE UTCUTS [a]

Categorías de fuentes/de sumideros que se van a evaluar en el análisis de las categorías esenciales	**Consideraciones especiales**
UTCUTS	
Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	Evaluar las categorías esenciales por separado para el CO_2, el CH_4 y el N_2O. Si la categoría es esencial, evaluar la importancia de las subcategorías determinando las que contribuyen en un 25 a un 30% al total del nivel de emisiones o absorciones de la categoría. Para obtener datos sobre las subcategorías relacionadas con cada categoría, véanse los Cuadros 3.1.1 y 3.1.3 del Capítulo 3.
Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	
Praderas que siguen siendo praderas	
Humedales que siguen siendo humedales	
Asentamientos que siguen siendo asentamientos	
Conversión en tierras forestales	
Conversión en tierras agrícolas	Además de las indicaciones anteriores, evaluar las repercusiones de toda deforestación que tenga lugar en un país basándose en la orientación cualitativa que figura en el bolo seis de la Sección 5.4.3.
Conversión en praderas	
Conversión en humedales[b]	
Conversión en asentamientos	
Conversión en otra tierras	
ENERGÍA	
Emisiones de CO_2 procedentes de fuentes fijas de combustión	Desagregar hasta el nivel en que se distingan factores de emisión. En la mayoría de los inventarios, se tratará de los principales tipos de combustibles. Si los factores de emisión se determinan en forma independiente para algunas subcategorías de fuentes, éstas deberán distinguirse en el análisis.
Emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de fuentes fijas de combustión	Evaluar CH_4 y N_2O por separado.
Fuentes móviles de combustión: transporte por carretera	Evaluar CO_2, CH_4 y N_2O por separado.
Fuentes móviles de combustión: navegación	Evaluar CO_2, CH_4 y N_2O por separado.
Fuentes móviles de combustión: aviación	Evaluar CO_2, CH_4 y N_2O por separado.
Emisiones fugitivas procedentes de la extracción y manipulación de carbón	Si ésta es una fuente esencial, es probable que la minería subterránea sea la subcategoría más importante.
Emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas natural	Esta categoría de fuentes comprende varias subcategorías que pueden ser importantes. Los organismos encargados de los inventarios deberían evaluarla, si es una categoría esencial, para determinar las subcategorías más importantes.
PROCESOS INDUSTRIALES	
Emisiones de CO_2 procedentes de la producción de cemento	
Emisiones de CO_2 procedentes de la producción de cal	
Emisiones de CO_2 procedentes de la industria siderúrgica	
Emisiones de N_2O de la producción de los ácidos adípico y nítrico	Evaluar el ácido adípico y el ácido nítrico por separado.
Emisiones de PFC procedentes de la producción de aluminio	
Hexafluoruro de azufre (SF_6) procedente de la producción de magnesio	

CUADRO 5.4.1 (CONTINUACIÓN) CATEGORÍAS DE FUENTES/SUMIDEROS DEL IPCC PROPUESTAS PARA EL SECTOR DE UTCUTS Y SECTORES DISTINTOS DE UTCUTS [A]	
Emisiones de SF_6 procedentes de equipos eléctricos	
Emisiones de SF_6 procedentes de otras fuentes de SF_6	
Emisiones de SF_6 procedentes de la producción de SF_6	
Emisiones de PFC, HFC, SF_6 procedentes de la fabricación de semiconductores	Evaluar las emisiones procedentes de todos los compuestos en forma conjunta, ponderadas en función del PCA, ya que todos se utilizan de manera similar en el proceso.
Emisiones procedentes de sustitutos de sustancias destructoras del ozono (sustitutos de SDO)	Evaluar las emisiones procedentes de todos los HFC y PFC utilizados como sustitutos de SDO en forma conjunta, ponderadas en función del PCA, dada la importancia de tener un método coherente para todas las fuentes de SDO.
Emisiones de HFC-23 procedentes de la fabricación de HCFC-22	
AGRICULTURA	
Emisiones de CH_4 procedentes de la fermentación entérica del ganado doméstico	Si ésta es una categoría esencial, es probable que los bovinos, los bufalinos y los ovinos sean las subcategorías más importantes.
Emisiones de CH_4 procedente del manejo de estiércol	Si ésta es una categoría principal, es probable que los bovinos y los suinos sean las subcategorías más importantes.
Emisiones de N_2O procedentes del manejo de estiércol	
Emisiones de CH_4 y N_2O procedentes de la quema de sabanas	Evaluar CH_4 y N_2O por separado.
Emisiones de CH_4 y N_2O de la quema de residuos agrícolas	Evaluar CH_4 y N_2O por separado.
Emisiones directas de N_2O procedentes de suelos agrícolas	
Emisiones indirectas de N_2O del nitrógeno utilizado en agricultura	
Emisiones de CH_4 procedentes de la producción de arroz	
DESECHOS	
Emisiones de CH_4 procedentes de vertederos de desechos sólidos	
Emisiones procedentes del tratamiento de aguas residuales	Evaluar CH_4 y N_2O por separado.
Emisiones procedentes de la incineración de desechos	Evaluar CO_2 y N_2O por separado.
OTRAS	Si es posible, se deberían incluir otras fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero directo no enumeradas anteriormente.

[a] En algunos casos, los organismos encargados de los inventarios modifican la lista de las categorías de fuente del IPCC para reflejar circunstancias particulares del país considerado.
[b] Los reservorios pueden diferenciarse en el análisis.

El análisis puede realizarse utilizando emisiones de gases equivalentes a CO_2, que se calculan sobre la base de los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) que figuran en las *Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes incluidas en el Anexo I de la Convención, Primera parte*: *Directrices de la Convención Marco para la presentación de la informes sobre los inventarios anuales*, y en el anexo del Protocolo de Kyoto.[6] Cada gas de efecto de invernadero procedente de cada categoría de fuentes o de sumideros debería analizarse por separado, a menos que existan razones concretas relativas al método utilizado para tratar los gases de manera conjunta. Por ejemplo, en el sector de UTCUTS, las estimaciones relativas a las emisiones o a las absorciones de CO_2, N_2O y CH_4 se prepararán por separado. La evaluación de las categorías esenciales deberá llevarse a cabo de manera independiente para cada uno de los gases mencionados, ya que los métodos, los factores de emisión y los parámetros relacionados cambian para cada gas.

[6] El método generalmente puede aplicarse basándose también en otros esquemas de ponderación, pero el umbral para el análisis de Nivel 1 se obtuvo a partir del concepto de PCA y puede ser distinto si se utilizan otros esquemas de ponderación.

5.4.2.1 MÉTODO DE NIVEL 1 PARA IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS ESENCIALES DE FUENTES Y DE SUMIDEROS

El método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales permite determinar el efecto de las distintas categorías de fuentes y de sumideros en el *Nivel*, y posiblemente en la *tendencia*, del inventario de gases de efecto invernadero del país considerado. Cuando se dispone de estimaciones procedentes de un inventario nacional de varios años, se considera una *buena práctica* evaluar la contribución de cada categoría al Nivel y a la tendencia del inventario nacional. Si se dispone únicamente del inventario de un año concreto, deberá realizarse una evaluación del Nivel.

El método de Nivel 1 puede aplicarse fácilmente utilizando un análisis por medio de hojas de cálculo. En los Cuadros 5.4.2 y 5.4.3 se muestran los elementos que debe incluir el análisis. Dado que es necesario desglosar los resultados del análisis en dos columnas distintas y dado que es más difícil apreciar los resultados registrados si los análisis se combinan en un mismo cuadro, se recomienda utilizar hojas de cálculo separadas para las evaluaciones del Nivel y de la tendencia. Ambos cuadros deben tener un formato similar al que se indica en el Capítulo 6 de *OBP2000* (IPCC, 2000), La *cuantificación de las incertidumbres en la práctica*. En la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo de la aplicación del método de Nivel 1.

EVALUACIÓN DEL NIVEL

La contribución de cada categoría de fuentes o de sumideros al Nivel total del inventario nacional se calcula según la Ecuación 5.4.1:

ECUACIÓN 5.4.1
EVALUACIÓN DEL NIVEL (NIVEL 1)

Evaluación del nivel de la categoría esencial = | Estimación de la categoría de fuente o de sumidero | / Contribución total

$$N_{x,t}^{*} = E_{x,t}^{*} / E_{t}^{*}$$

Donde:

$N_{x,t}^{*}$ = evaluación del nivel para una fuente o un sumidero *x* en el año *t*. El asterisco (*) indica que se utilizan valores absolutos para representar la contribución de cada categoría (incluidas las categorías del sector de UTCUTS).

$E_{x,t}^{*}$ = $|E_{x,t}|$: valor absoluto de la estimación de la emisión o de la absorción de una categoría de fuentes o de sumideros *x* en el año *t*

E_{t}^{*} = $\sum_{x} |E_{x,t}|$: contribución total equivalente a la suma de los valores absolutos de las emisiones o de las absorciones durante el año *t*. El asterisco (*) indica que se utilizan valores absolutos para representar la contribución de cada categoría (incluidas las categorías del sector de UTCUTS).

Dado que las emisiones y las absorciones se introducen con signo positivo[7], la contribución total puede ser mayor que el total de las emisiones menos las absorciones[8] de un país determinado.

En el Cuadro 5.4.2 se presenta una hoja de cálculo que puede utilizarse para la evaluación del nivel. La hoja de cálculo debe aplicarse *además* de la evaluación de las fuentes que no pertenecen al sector de UTCUTS, como se especifica en *OBP2000,* Cuadro 7.2 del Capítulo 7, *Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos*. En la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo de la aplicación del método de Nivel 1.

[7] Las absorciones están representadas con valores absolutos para evitar un valor acumulado variable $N_{x,t}$ como podría ocurrir si las absorciones se introdujeran con signos negativos, y para facilitar igualmente interpretaciones simples del análisis cuantitativo.

[8] Esta ecuación puede aplicarse a cualquier situación, independientemente de que el inventario de gases de efecto invernadero de un país determinado sea una fuente neta (como suele ocurrir) o un sumidero neto.

CUADRO 5.4.2
HOJA DE CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS DE NIVEL 1 – EVALUACIÓN DEL NIVEL INCLUIDAS LAS CATEGORÍAS DE UTCUTS

A	B	C	D	E
Categoría de fuentes/de sumideros según el IPCC	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación de las emisiones o absorciones del año de base o del año en curso (valor absoluto)**	**Evaluación del nivel incluido en el sector de UTCUTS, a partir de la Columna C**	**Total acumulado de la Columna D**
Total				

Donde:

Columna A : Lista de las categorías de fuentes o de sumideros según el IPCC (véase el Cuadro 5.4.1)

Columna B : Gas de efecto invernadero directo

Columna C : Emisiones o absorciones de cada gas de efecto invernadero en el año de base o en el año en curso, en unidades equivalentes de CO_2. Los estimaciones de las absorciones se introducen con valores absolutos (positivos)

Columna D : Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS a partir de los valores de la Columna C mediante la Ecuación 5.4.1

Columna E : Total acumulado de la Columna D

En el Cuadro, los cálculos necesarios para la evaluación del nivel se introducen en la Columna D y se obtienen según la Ecuación 5.4.1. Por tanto, el valor obtenido para cada categoría al evaluar el nivel, incluido el sector de UTCUTS, debe indicarse en la Columna D. Todos los datos de la Columna D deben ser positivos, dado que los valores absolutos de los sumideros se introducen para las estimaciones de las absorciones en la Columna C. La suma de todas las entradas de la Columna D se indica en la línea del cuadro reservada para el total (obsérvese que este valor total no corresponde al valor total neto de emisiones (o absorciones)). Una vez introducidos los valores de la Columna D, las categorías deberían ordenarse en orden descendente de magnitud y el total acumulado debería registrarse en la Columna E. Las categorías esenciales, incluidas las relativas al UTCUTS, cuando se suman en orden descendente de magnitud, equivalen al 95% del total de la Columna D. El procedimiento para determinar el umbral del método de Nivel 1 se expone en la Sección 5.4.7. El método se basa en *OBP2000* y en Rypdal y Flugsrud (2001). Asimismo, es una *buena práctica* analizar detenidamente las categorías que se aproximan al umbral con un valor comprendido entre el 95 y el 97%, ateniéndose a criterios cualitativos (véase la Sección 5.4.3).

La evaluación del nivel debería realizarse para todos los años respecto a los cuales se dispone de estimaciones del inventario. Si las estimaciones de los inventarios anteriores no han cambiado, no es necesario volver a calcular el análisis del año anterior. En cambio, si las estimaciones se han modificado o se han vuelto a calcular, el análisis para el año considerado debería actualizarse. Cualquier categoría que coincida con el umbral de cualquier año debería identificarse como una categoría esencial.

EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA

Si se dispone de datos del inventario correspondientes a más de un año, la contribución de cada categoría de fuentes o de sumideros a la tendencia del inventario total puede evaluarse según la Ecuación 5.4.2.

ECUACIÓN 5.4.2[9]
EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA (NIVEL 1)

Evaluación de la tendencia de la categoría de fuentes o de sumideros =
(Evaluación del nivel de la categoría de fuentes o sumideros) ● | (Tendencia de la categoría de fuentes o sumideros – Tendencia total) |

$$T_{x,t}^{*} = E_{x,t}^{*} / E_t \bullet \left| [(E_{x,t} - E_{x,0}) / E_{x,t}] - [(E_t - E_0) / E_t] \right|$$

[9] Formulada por la Norwegian Pollution Control Authority junto con Rypdal y Flugsrud (2001).

Donde:

$T_{x,t}^*$ = La evaluación de la tendencia equivale a la contribución de la categoría de fuentes o de sumideros a la tendencia general del inventario. La evaluación de la tendencia se registra siempre con un valor absoluto, es decir, que un valor negativo se contabiliza siempre con el valor positivo equivalente. El asterisco (*) indica que, a diferencia de la Ecuación 7.2 del Capítulo 7 de *OBP2000*, las fuentes o los sumideros relativos a UTCUTS pueden evaluarse utilizando la presente ecuación.

$E_{x,t}^*$ = $|E_{x,t}|$ valor absoluto de la estimación de las emisiones o de las absorciones relativas a la categoría de fuentes o de sumideros *x* en el año *t*.

$E_{x,t}$ y $E_{x,0}$ = valores reales de las estimaciones de la categoría de fuentes o de sumideros *x* en el año *t* y en el año 0 respectivamente.

E_t y E_0 = $\sum_x E_{x,t}$ y $\sum_x E_{x,0}$ estimaciones del inventario total en el año *t* y en el año 0 respectivamente. E_t y E_0 son distintos a E_t^* y E_0^* de la Ecuación 5.4.1, dado que las absorciones *no* se registran con valores absolutos.

La tendencia de la categoría de fuentes o de sumideros equivale al cambio que experimentan las emisiones o las absorciones de la categoría de fuentes o de sumideros en el tiempo**,** y se calcula restando la estimación para la categoría de fuentes o de sumideros *x* en el año de base (año 0) a la estimación en el año en curso (año *t*), dividido por la estimación del año considerado.[10]

La tendencia total corresponde a la variación experimentada por las emisiones (o absorciones) del inventario total en el tiempo, y se calcula restando la estimación del inventario total en el año de base (año 0) a la estimación en el año en curso (año *t*), dividido por la estimación del año en curso.

En caso de que las emisiones del año en curso relativas a una categoría determinada sean iguales a 0, el cálculo deberá reformularse para evitar un denominador igual a 0 (Ecuación 5.4.3).[11]

ECUACIÓN 5.4.3
EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA CON EMISIONES IGUALES A CERO EN EL AÑO EN CURSO [12]

$$T_{x,t}^* = |E_{x,0} / E_t|$$

La evaluación de la tendencia permite identificar las categorías que presentan una tendencia distinta a la tendencia del inventario total. Como las diferencias en la tendencia son más relevantes para el nivel del inventario total para las categorías de emisiones o de absorciones más grandes (en términos absolutos), el resultado de la diferencia de las tendencias (por ejemplo, la tendencia de la categoría menos la tendencia total) se multiplica por $|E_{x,t}^*| / E_t$ para obtener la ponderación adecuada. Así, una categoría será esencial si su tendencia difiere de la tendencia total, ponderada por el nivel de la emisiones y de las absorciones de la categoría considerada.

En el Cuadro 5.4.3 se presenta una hoja de cálculo que puede utilizarse para la evaluación de la tendencia. La hoja de cálculo debe aplicarse *además* de la evaluación de las fuentes que no pertenecen al sector de UTCUTS, como se especifica en *OBP2000,* Cuadro 7.3, Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos, del Capítulo 7. En la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo de la aplicación del método de Nivel 1.

[10] Si bien los niveles de crecimiento suelen determinarse por medio de la ecuación $(E_t - E_0) / E_0$, en la que el nivel de crecimiento se calcula partiendo de un valor inicial para el año 0, la forma funcional de la Ecuación 7.2 del Capítulo 7 de *OBP2000* permite limitar los casos de divisiones por cero y realizar el análisis de la importancia de las categorías de fuentes que cuentan con escasas emisiones en el año de base (p. ej., los sustitutos de sustancias destructoras de la capa de ozono).

[11] Aunque esta ecuación no figure en *OBP2000*, generalmente se puede aplicar a las categorías que no forman parte de UTCUTS, como se desprende de la Ecuación 5.4.2.

[12] Estos resultados se aplican cuando se introduce $E_{x,t}$=0 en la Ecuación 5.4.2.

CUADRO 5.4.3
HOJA DE CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS DE NIVEL 1 – EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA INCLUIDAS LAS CATEGORÍAS DE UTCUTS

A	B	C	D	E	F	G
Categoría de fuentes/de sumideros, según el IPCC	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación en el año de base**	**Estimación en el año en curso**	**Evaluación de la tendencia**	**% de la contribución a la tendencia**	**Total acumulado de la Columna F**
Total						

Donde:

Columna A : Lista de las categorías según el IPCC (véase el Cuadro 5.4.1)

Columna B : Gas de efecto invernadero directo

Columna C : Estimación de las emisiones o absorciones de cada gas de efecto invernadero en el año de base según los datos del inventario nacional, en unidades equivalentes de CO_2. Los sumideros se introducen con valores con signo (positivo o negativo)

Columna D : Estimación de las emisiones del año en curso según los datos del inventario nacional más reciente, en unidades equivalentes de CO_2. Los sumideros se introducen con valores con signo

Columna E : Evaluación de la tendencia a partir de la Ecuación 5.4.2, registrada con un valor absoluto

Columna F : Contribución porcentual al total de las evaluaciones de la Columna E

Columna G : Total acumulado de la Columna F, calculado después de haber clasificado las entradas en la Columna F por orden descendente de magnitud

Las categorías relativas al sector de UTCUTS que se han identificado a partir de este análisis deberían considerarse esenciales *además* de las categorías identificadas en el análisis que no incluyen las emisiones y las absorciones referentes a las actividades de UTCUTS. Si otras categorías distintas de UTCUTS se consideran esenciales cuando se incluye dicho sector en el análisis, estas categorías no deberán considerarse en principio esenciales, si bien deberían examinarse detenidamente basándose en criterios cualitativos.

Los datos de las Columnas A, B, e incluso C o D deberían ser iguales a los que se han utilizado en el Cuadro 5.4.2, Hoja de cálculo para el análisis de Nivel 1- Evaluación del nivel. La estimación para el año de base de la Columna C ha de introducirse siempre en la hoja de cálculo, mientras que la estimación para el año en curso de la Columna D dependerá del año en que se realice el análisis. El valor absoluto de $T_{x,t}$ debería incluirse en la Columna E para cada categoría de fuentes y de sumideros sobre la base de la Ecuación 5.4.2 y de acuerdo con la suma de todos los datos que se indicará en la línea de la hoja reservada a este efecto.[13] La contribución de cada categoría al valor total de la Columna E, expresada en porcentaje, debería calcularse e indicarse en la Columna F. Las categorías (como las de las líneas del cuadro) deben ordenarse en orden descendente de magnitud basándose en la Columna F. Por tanto, el total acumulado de la Columna F debería introducirse en la Columna G. Se consideran categorías esenciales aquellas que, cuando se suman todas en orden descendente de magnitud, alcanzan un valor mayor que el 95% del total de la Columna E. En la Sección 5.4.8 se proporciona el ejemplo de un análisis llevado a cabo para determinar el nivel y la tendencia a partir de un método de Nivel 1.

[13] A diferencia de la evaluación del nivel, en que todos los datos son positivos, en la evaluación de la tendencia se obtendrán valores negativos si las emisiones de la categoría de fuentes se reducen en mayor proporción que las emisiones del inventario total, o si aumentan en menor proporción. En este análisis los valores positivos y negativos se consideran equivalentes y en el cuadro se introducen los valores absolutos.

5.4.2.2 MÉTODO DE NIVEL 2 PARA IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS ESENCIALES DE FUENTES Y DE SUMIDEROS

El enfoque de Nivel 2 más sofisticado para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros se basa en los resultados del análisis de la incertidumbre que figuran en la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, y en *OBP2000*, Capítulo 6, La cuantificación de las incertidumbres en la práctica. El método de Nivel 2 es coherente con las *buenas prácticas* pero no es indispensable para aplicarlas. Se anima a los organismos encargados de realizar los inventarios a adoptar el Nivel 2, siempre que sea posible, ya que permite comprender mejor las razones por las que determinadas categorías son esenciales y pueden contribuir a decidir del orden de prioridad de las actividades, aumentar así la calidad del inventario y reducir la incertidumbre general. Dado que el Nivel 1 es un enfoque simplificado, debe tenerse en cuenta que al aplicar el Nivel 1 y el Nivel 2 pueden producirse diferencias en la identificación de las categorías esenciales. De ser el caso, deberán adoptarse los resultados obtenidos a partir del enfoque de Nivel 2.

En especial, es importante tener en cuenta que una categoría relativa al sector de UTCUTS puede comprender grandes flujos y que las emisiones y las absorciones pueden desaparecer. Con el análisis del Nivel pueden evaluarse incluso subestimaciones más detalladas. De ser así, las correlaciones deben evaluarse y adaptarse cuando proceda. Cuando el análisis se basa en el Nivel 1, debería realizarse la evaluación utilizando criterios cualitativos, como se indica en la Sección 5.4.3.

APLICACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LA INCERTIDUMBRE PARA IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS ESENCIALES DE FUENTES Y DE SUMIDEROS

El análisis de las *categorías esenciales* puede mejorarse incorporando las estimaciones de la incertidumbre de las categorías del país considerado, como se indica en la Sección 5.2. Las estimaciones de la incertidumbre basadas en el enfoque de Nivel 1 descrito en la Sección 5.2 son suficientes para dicho propósito. No obstante, si se dispone de estimaciones basadas en el enfoque de Nivel 2 para la evaluación de la incertidumbre, también deberían utilizarse. Las incertidumbres de las categorías se incorporan ponderando los resultados de las evaluaciones del nivel y de la tendencia a partir del método de Nivel 1 con la incertidumbre relativa de cada categoría. A continuación se exponen las ecuaciones relativas a las categorías esenciales.

EVALUACIÓN DEL NIVEL

En la Ecuación 5.4.4 se describe la evaluación del nivel con el método de Nivel 2, incluida la incertidumbre. Los resultados de la evaluación ($NI_{x,t}$) son idénticos a los resultados obtenidos de la cuantificación de las incertidumbres en la práctica, como se indica en la Columna H del Cuadro 6.1 del Capítulo 6 de *OBP2000*. Por tanto, si se ha completado el cuadro no es necesario volver a calcular la Ecuación 5.4.4.

ECUACIÓN 5.4.4
EVALUACIÓN DEL NIVEL (NIVEL 2)

Evaluación del nivel con la incertidumbre = Evaluación del nivel a partir del método de Nivel 1
Incertidumbre relativa de la categoría

$$NI_{x,t} = N_{x,t} - I_{x,t}$$

Donde:

$NI_{x,t}$ = Evaluación del nivel, con la incertidumbre

$N_{x,t}$ = Evaluación del nivel calculada como en la Ecuación 5.4.1

$I_{x,t}$ = Incertidumbre relativa de la categoría en el año *t* calculada como se indica en la Sección 5.2. La incertidumbre relativa se registrará siempre con un valor positivo.

Las categorías esenciales se identifican como representativas si alcanzan el 90% del valor total del la evaluación del nivel total $NI_{x,t}$ El 90 % sirvió de base para determinar el umbral que se utilizó en el análisis de Nivel 1 (véanse la Sección 5.4.7 y Rypdal y Flugsrud (2001)).

EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA

En la Ecuación 5.4.5 se indica cómo se puede incluir la incertidumbre en la evaluación de la tendencia a partir del método de Nivel 2.

ECUACIÓN 5.4.5
EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA (NIVEL 2)

Evaluación de la tendencia con la incertidumbre = Evaluación de la tendencia a partir del método de Nivel 1 ● Incertidumbre relativa de la categoría

$$TI_{x,t} = T_{x,t} \bullet I_{x,t}$$

Donde:

$TI_{x,t}$ = Evaluación de la tendencia, con la incertidumbre

$T_{x,t}$ = Evaluación de la tendencia calculada como en la Ecuación 5.4.

$I_{x,t}$ = Incertidumbre relativa de la categoría en el año *t* calculada como se especifica en la Sección 5.2. La incertidumbre relativa siempre se registrará con un valor positivo.

Las categorías esenciales se identifican como representativas si alcanzan el 90% del valor total de la evaluación de la tendencia total $TI_{x,t}$. El 90 % sirvió de base para determinar el umbral que se utilizó en el análisis de Nivel 1 (véanse la Sección 5.4.7 y Rypdal y Flugsrud (2001)).

INCORPORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MONTE CARLO

En la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, se presenta el análisis de Monte Carlo como el método de Nivel 2, que se aplica para la evaluación cuantitativa de la incertidumbre. Mientras que el análisis de la incertidumbre a partir del enfoque Nivel 1 se basa en supuestos simplificados para determinar las incertidumbres para cada categoría, el análisis de Monte Carlo permite, entre otras cosas, utilizar grandes incertidumbres, complejidades en las funciones de densidad de probabilidad, correlaciones y ecuaciones para las estimaciones de las emisiones complejas. Los resultados del análisis de la incertidumbre basado en el método de Nivel 2 pueden incluirse directamente en las Ecuaciones 5.4.4 y 5.4.5. Cuando las incertidumbres son asimétricas debe tenerse en cuenta la mayor diferencia entre la confianza media y el límite de confianza.

El análisis de Monte Carlo, así como otros instrumentos estadísticos, permiten también realizar un análisis de sensibilidad para identificar directamente los factores principales que contribuyen a la incertidumbre general. Asimismo, el análisis de Monte Carlo, como otros métodos similares, puede ser un instrumento valioso para analizar las categorías esenciales. Por ejemplo, permite examinar categorías de fuentes más desglosadas (a partir de modelos de correlación) y los factores de emisión y los datos de actividad por separado (con el fin de identificar los parámetros esenciales en lugar de las categorías esenciales). El análisis de los parámetros esenciales puede basarse en las Ecuaciones 5.4.4 y 5.4.5 presentadas anteriormente, reuniendo los coeficientes de las correlaciones entre los datos disponibles y los resultados obtenidos (Morgan y Henrion, 1990), o en otras técnicas adecuadas.

5.4.3 Consideraciones cualitativas

En algunos casos, los resultados obtenidos del análisis de las categorías esenciales a partir de un método de Nivel 1 y de Nivel 2 no siempre permiten identificar todas las categorías que deberían considerarse prioritarias en el sistema del inventario. En *OBP2000* se ofrece una lista de los criterios cualitativos para examinar circunstancias concretas que posiblemente no reflejen fácilmente la evaluación cuantitativa. Dichos criterios deben aplicarse a las categorías que no se hayan determinado en el análisis cuantitativo, y si se identifican nuevas categorías pueden añadirse a la lista de las categorías esenciales.

Las consideraciones cualitativas mencionadas en el Capítulo 7 de *OBP2000* se han modificado ligeramente para incluir el sector de UTCUTS:

- Técnicas y tecnologías de mitigación: cuando las emisiones procedentes de una categoría están disminuyendo o las absorciones están aumentando debido al uso de técnicas de mitigación sobre el cambio climático, es una *buena práctica* identificar dichas categorías como esenciales.
- Previsión de un gran aumento de las emisiones o de las absorciones: cuando los organismos encargados de los inventarios prevén que las emisiones o las absorciones procedentes de una categoría aumentarán significativamente en el futuro, se recomienda que consideren dicha categoría como esencial. Algunas de esas categorías se identificarán utilizando la evaluación de la tendencia o se determinarán más adelante. No obstante, dado que conviene aplicar un método de nivel superior basado en las *buenas prácticas* cuanto antes, es importante identificar las categorías lo antes posible basándose en criterios cualitativos.

- Incertidumbre grande: si el organismo encargado del inventario no tiene en cuenta explícitamente la incertidumbre al utilizar el método de Nivel 2 para identificar las categorías esenciales, puede considerar conveniente identificar las categorías más inciertas como esenciales. La razón es reducir al máximo la incertidumbre general del inventario mejorando las estimaciones de las categorías muy inciertas.
- Emisiones o absorciones inesperadamente altas o bajas: al utilizar los métodos propuestos por las *Directrices del IPCC* o los descritos en los Capítulos 3 y 4 (p. ej., debido al uso de un factor de emisión nacional), si las emisiones o absorciones son mucho más altas o bajas de lo que se preveía, dichas categorías deberían designarse como esenciales. Se debería prestar especial atención a la GC y al CC (Sección 5.5) y a la documentación existente sobre esas categorías.
- Reservas abundantes: cuando un flujo neto reducido se obtiene restando las emisiones o las absorciones elevadas, la incertidumbre puede alcanzar niveles muy altos. Asimismo, cuando se pasa del método de Nivel 1 a métodos de estimación basados en niveles superiores, el orden de las categorías de fuentes propuestas por el IPCC puede verse alterado y las categorías que eran antes insignificantes pueden convertirse en categorías relevantes.
- Deforestación: en el análisis cuantitativo de las categorías esenciales, la deforestación está representada por las categorías relativas a los distintos cambios en el uso de la tierra (por ejemplo, las tierras convertidas en praderas y las tierras convertidas en tierras agrícolas se consideran por separado). Para cumplir con las *Directrices del IPCC* los países deberían identificar y sumar las estimaciones de las emisiones asociadas a la conversión del bosque con cualquier otra categoría de la tierra. La "deforestación" debería ser una categoría esencial si el resultado de la suma es mayor que el valor de la categoría más reducida, considerada esencial al realizar el análisis cuantitativo. En ese caso, los países pueden examinar más a fondo qué conversiones de la tierra son relevantes (p. ej., las que representen más del 30 por ciento) para las estimaciones y clasificarlas como esenciales.
- Exhaustividad: si el inventario no está completo, ni el método de Nivel 1 ni el de Nivel 2 ofrecerán resultados correctos. En este caso, el análisis todavía puede llevarse a cabo, pero algunas de las categorías esenciales puede que no se analicen. En ese caso es una *buena práctica* examinar cualitativamente las categorías esenciales potenciales teniendo en cuenta las consideraciones cualitativas mencionadas. En las *Directrices del IPCC* (IPCC, 1997), en *OBP2000* (IPCC, 2000) y en la presente publicación se propone una lista de las posibles categorías de fuentes y de sumideros. Asimismo, el inventario de un país en el que se dan circunstancias nacionales similares puede ofrecer muchas veces indicaciones útiles sobre las categorías potencialmente esenciales.

Para cada categoría esencial identificada, el organismo encargado del inventario deberá decidir si determinadas subcategorías son especialmente relevantes (es decir, si representan una parte considerable de las emisiones o de las absorciones). Se considera una *buena práctica* identificar qué subcategorías son especialmente importantes y centrar los esfuerzos en mejorar la metodología relativa a dichas subcategorías.

5.4.4 Identificación de las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto

El concepto de categoría esencial puede también emplearse para elegir los métodos basados en las *buenas prácticas* que permiten calcular las estimaciones de las emisiones y de las absorciones procedentes de las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto a la CMCC. Las categorías esenciales del Protocolo de Kyoto pueden identificarse gracias a la orientación que se ofrece en esta sección. En el Capítulo 4 se dan orientaciones más detalladas sobre cómo se tiene en cuenta la determinación de las categorías para la elección de la metodología relativa a las estimaciones preparadas con arreglo al Protocolo de Kyoto.

Si se parte de la base de que no existe ningún antecedente de que se hayan preparado estimaciones en relación con el Protocolo de Kyoto, se considera que el punto de partida para la evaluación de las categorías esenciales conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto se corresponde con la evaluación realizada para el inventario de la CMCC. Siempre que se identifique una categoría como esencial en el inventario para la CMCC, la actividad correspondiente recogida en el Protocolo de Kyoto debería considerarse esencial en la presentación de la información en virtud del Protocolo.[14] Cuando se identifican las categorías esenciales en

[14] Esto también se aplica cuando se producen solamente superposiciones parciales en el inventario para la CMCC.

relación con el Protocolo de Kyoto, deben incluirse también las evaluaciones cualitativas, ya que no siempre las categorías relativas a la CMCC se corresponden claramente con las actividades recogidas en el Protocolo de Kyoto. Puede ocurrir también que un país aplique un enfoque cuantitativo de Nivel 2 para identificar las categorías esenciales de su inventario en el que se consideran las actividades recogidas en el Protocolo de Kyoto. Los resultados de la evaluación darán lugar, en muchos casos, a menos categorías esenciales relativas al sector de UTCUTS.

El Cuadro 5.4.4 permite establecer las relaciones existentes entre las categorías que se examinan en los Capítulos 3 y 4 con el fin de identificar las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.

CUADRO 5.4.4
RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES IDENTIFICADAS EN EL CAPÍTULO 3 Y EN EL CAPÍTULO 4 Y LAS CATEGORÍAS DE FUENTES O DE SUMIDEROS DEL IPCC PARA UTCUTS

1	2	3
Categorías del Capítulo 3	**Categorías del Capítulo 4**	**Categoría esencial si la actividad de la Columna 1 se ha identificado como esencial en el análisis del inventario para la CMCC[a]**
TIERRAS FORESTALES		
Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (gestionadas)	GB, GP, GTA	
Tierras convertidas en tierras forestales (gestionadas)	FR	
TIERRAS AGRÍCOLAS		
Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	GTA, RV	
Tierras convertidas en tierras agrícolas	D, RV, GTA	
PRADERAS		
Pastizales y praderas que siguen siendo pastizales y praderas (gestionados)	GP, RV	
Tierras convertidas en pastizales o praderas (gestionadas)	D, RV , GP	
HUMEDALES		
Humedales que siguen siendo humedales (gestionados)	RV	
Tierras convertidas en humedales	D, RV	
ASENTAMIENTOS		
Asentamientos que siguen siendo asentamientos	RV	
Tierras convertidas en asentamientos	D, RV	
OTRAS TIERRAS[a b]		
Otras tierras que siguen siendo otras tierras		
Tierras convertidas en otras tierras	D	

[a] Actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 sólo cuando se elijan.
[b] Teóricamente el restablecimiento de la vegetación puede tener lugar en ambas subcategorías.
GB: gestión de bosques, FR: forestación y reforestación, GTA: gestión de tierras agrícolas, D: deforestación, RV: restablecimiento de la vegetación, GP: gestión de pastizales.

En la columna de la izquierda figura la lista de las categorías del Capítulo 3 que se han utilizado probablemente para el análisis de las categorías esenciales del inventario para la CMCC.[15] Si cualquiera de ellas se identifica

[15] Si el análisis se basa en las categorías de fuentes o de sumideros del IPCC (1996), la transformación será menos precisa. En la Sección 3.1 del Capítulo 3 se indica cómo elaborar el mapa.

como esencial, las actividades del Protocolo de Kyoto de la columna de la derecha deberían considerarse, en principio, esenciales. No obstante, como en algunos casos varias actividades relacionadas con el Protocolo de Kyoto pueden ser esenciales, es una *buena práctica* examinar cualitativamente qué posibles actividades pueden considerarse realmente esenciales. Por ejemplo, al designar la actividad denominadas tierras convertidas en pastizales y praderas como esencial, también se están identificando esenciales la deforestación, el restablecimiento de la vegetación, la gestión de las praderas o los cambios en el uso de la tierra que no se incluyen en el Protocolo de Kyoto. El área de tierra que se ha sometido al restablecimiento de la vegetación será probablemente más reducida que el área de tierra que pertenece a la categoría correspondiente del Capítulo 3. En ese caso, y si el restablecimiento de la vegetación se identifica como posible actividad esencial según el Cuadro 5.4.4, los países podrán entonces evaluar por separado la importancia de las emisiones y de las absorciones de los gases de efecto invernadero en el proceso del restablecimiento de la vegetación en comparación con la otra categoría (o las otras categorías). Es una *buena práctica* explicar y documentar qué posibles categorías esenciales son finalmente consideradas esenciales para la información del Protocolo de Kyoto.

Además, es una *buena práctica* tener en cuenta las siguientes consideraciones cuando se determinan las categorías esenciales relativas a las estimaciones preparadas con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto:

- Como se indica en el Cuadro 5.4.4, varias actividades previstas en el Protocolo de Kyoto pueden pertenecer a más de una de las categorías del inventario para la CMCC. En esos casos, es una *buena práctica* considerar las emisiones y las absorciones totales procedentes de la actividad para realizar el análisis de las categorías esenciales. Cuando se requiere este enfoque, una actividad determinada debería considerarse esencial cuando las emisiones o las absorciones obtenidas de la suma son mayores que las emisiones procedentes de la categoría menos importante que se ha identificado como esencial en el inventario para la CMCC (incluidas las actividades de UTCUTS).
- Cuando se aplican los métodos cuantitativos, si una categoría no se ha identificado como esencial para el año en curso pero se sabe de antemano que aumentará considerablemente en el futuro, esa categoría debería designarse como esencial. Por ejemplo, si se lleva a cabo un programa de forestación a gran escala que produzca solamente pequeños sumideros los primeros años pero del que se esperan mayores resultados en el futuro.
- En algunos casos, es posible que las emisiones o las absorciones procedentes de una actividad relacionada con el Protocolo de Kyoto puedan ser mayores que las emisiones o las absorciones procedentes de la categoría correspondiente en el inventario para la CMCC. En tal caso, la actividad relacionada con el Protocolo de Kyoto debería identificarse como esencial si las emisiones/absorciones superan las emisiones de la categoría menos importante que se haya considerado esencial en el inventario para la CMCC (incluido el sector de UTCUTS).

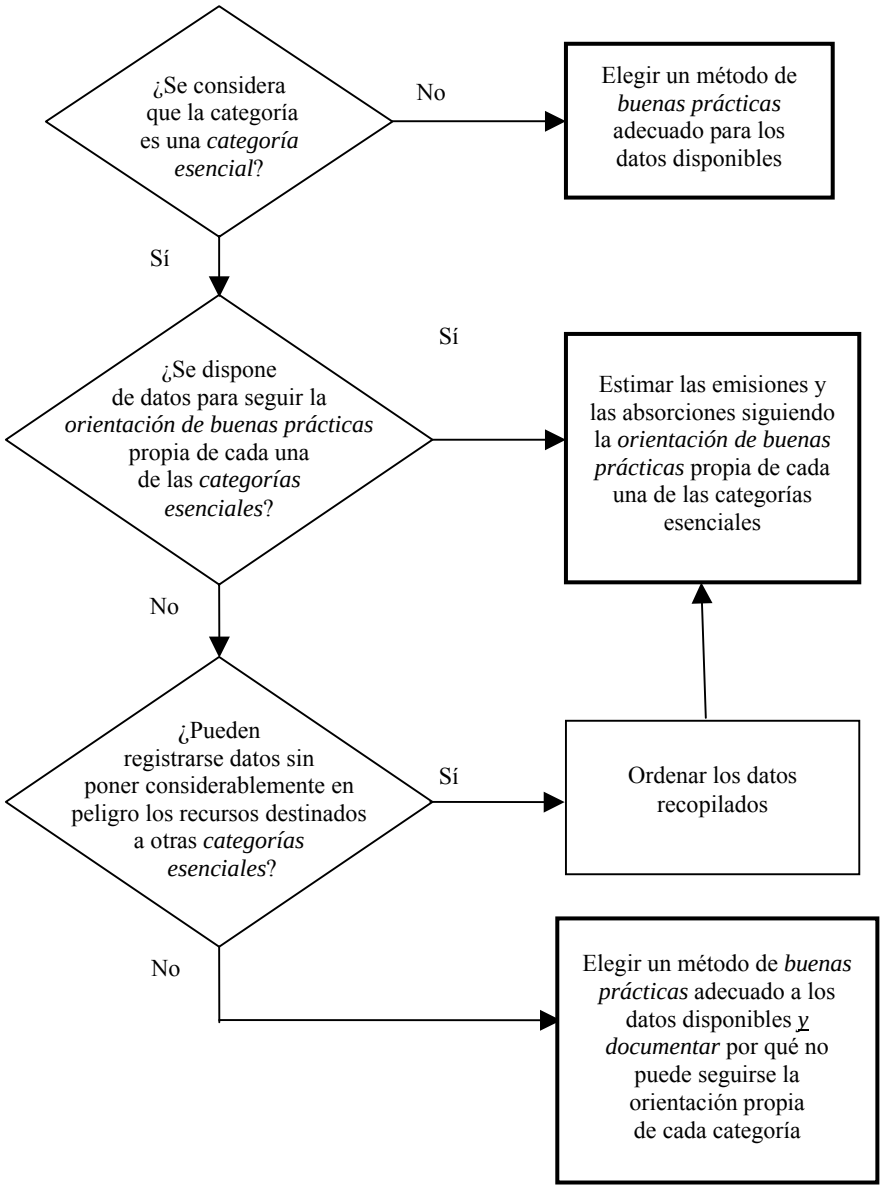
Para cada categoría esencial, el organismo encargado del inventario debería determinar si existen subcategorías particularmente significativas (es decir, que representen una parte importante de las emisiones o de las absorciones). Por ejemplo, si se ha seleccionado la gestión de tierras agrícolas y si se ha identificado como categoría esencial, es una *buena práctica* determinar qué subcategorías son especialmente importantes y tratar de mejorar la metodología de dichas subcategorías. Como se indica en la Sección 5.4.2.2, la evaluación cuantitativa de las categorías esenciales puede realizarse solamente aplicando un mayor nivel de desglose si se tienen en cuenta las correlaciones entre los datos disponibles.

Como deberían cumplirse ciertos requisitos especiales respecto de los métodos y de la verificación de las estimaciones relativas a los proyectos de UTCUTS conforme a los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto, los proyectos no se han incorporado al concepto de categoría esencial. En la Sección 4.3 del Capítulo 4 se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* acerca de cómo deben prepararse las estimaciones de los inventarios relativos al sector de UTCUTS para la presentación de la información según el Protocolo de Kyoto.

5.4.5 Aplicación de los resultados

Es importante identificar las categorías esenciales en los inventarios nacionales, ya que los recursos de que se dispone para preparar los inventarios son limitados, y debería también establecerse un orden de prioridad cuando se utilicen. Es fundamental que las estimaciones se elaboren para todas las categorías a fin de asegurar la exhaustividad. En la medida de lo posible, debería prestarse especial atención a las categorías esenciales sobre dos aspectos importantes de los inventarios. En la Figura 5.4.2 se muestra un árbol de decisiones que permite elegir un método basado en las *buenas prácticas*. Se ha modificado con respecto al Cuadro 7.4 del Capítulo 7 de *OBP2000* para que pueda aplicarse al sector de UTCUTS.

Figura 5.4.2 Árbol de decisiones para elegir un método basado en las *buenas prácticas*



En primer lugar, debería prestarse mayor atención a las categorías esenciales cuando se elige el método. Como se indica en el árbol de decisión de la Figura 5.4.2, se incita a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen los métodos basados en *buenas prácticas* propias de cada una de las categorías para la identificación de las categorías esenciales, a menos que no se dispongan de recursos. Para la mayoría de las categorías, se proponen métodos de niveles superiores (es decir, de Nivel 1 o de Nivel 2) para aplicarlos a las categorías esenciales. Sin embargo, no siempre se utilizan. Para la aplicación específica de este principio a las categorías esenciales, los organismos encargados de los inventarios deberían remitirse a la orientación que proporcionan los árboles de decisiones del Capítulo 3. Es posible que, cuando se presenta la información con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, sean necesarios requisitos especiales para la elección de la metodología. En el Capítulo 4 se especifican esos requisitos especiales.

En segundo lugar, es una *buena práctica* examinar detenidamente las categorías esenciales respecto a la garantía de la calidad y el control de la calidad (GC y CC). En la Sección 5.5 se ofrecen orientaciones más detalladas sobre la GC y el CC para las categorías de UTCUTS en el inventario.

5.4.6 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar claramente las categorías esenciales en el inventario. Es un aspecto fundamental para explicar la elección del método para cada categoría. Además, los organismos encargados de los inventarios deberían enumerar los criterios en que se basaron para identificar cada categoría esencial (p. ej., criterios relativos al nivel, a la tendencia o criterios cualitativos), y el método que utilizaron para llevar a cabo el análisis de las categorías esenciales (p. ej., el método de Nivel 1 o de Nivel 2). El Cuadro 5.4.5 puede servir para presentar los resultados del análisis de las categorías esenciales.

CUADRO 5.4.5
SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES

Método cuantitativo utilizado para el análisis de las categorías esenciales: Nivel 1 ❑ Nivel 2 ❑

A	B	C	D	E
Categoría de fuente/sumidero según el IPCC	**Gas de efecto de invernadero directo**	**Designación de Categoría esencial (Sí o No)**	**Si se indica Sí en C, especificar los criterios de la identificación**	**Observaciones**

Donde:

Columna A : Lista de las categorías según el IPCC – las entradas deben ser las mismas que las de la Columna A de los Cuadros 5.4.2 y 5.4.3

Columna B : Gas de efecto invernadero directo – las entradas deben ser las mismas que las de la Columna B de los Cuadros 5.4.2 y 5.4.3

Columna C : Designación de las categorías esenciales – indicar "Sí" si la categoría es esencial

Columna D : Criterios que sirvieron para identificar las categorías esenciales – para cada categoría esencial identificada en la Columna C, indicar uno o más de los siguientes criterios: "Nivel" para la evaluación del nivel, "Tendencia" para la evaluación de la tendencia. O "Cualitativos para los criterios cualitativos

Columna E : Observaciones – indicar cualquier explicación pertinente

5.4.7 Determinación del umbral para el análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1

Los umbrales relativos al nivel y a la tendencia se determinaron aplicando la misma metodología que en *OBP2000*, aunque se utilizaron datos más completos, series temporales más amplias y se tuvo en cuenta el sector de UTCUTS. El método que se aplicó a *OBP2000* para establecer el umbral se indica con más detalle en Flugsrud *et al.* (1999). En cuanto al umbral relativo al nivel, la relación entre el porcentaje de las emisiones y la suma de las incertidumbres de cada categoría de fuentes o de sumideros se calculó para incluirla en los inventarios presentados sobre los gases de efecto invernadero de las 30 Partes incluidas en el Anexo I de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC). Como en *OBP2000*, el umbral se determinó para que cubriera el 90% de la suma de las incertidumbres de cada categoría puesto que, partiendo de este valor, se obtienen generalmente de 10 a 15 categorías de fuentes esenciales (Rypdal y Flugsrud: 2001). El análisis se basa en los datos que proporcionó la Secretaría de la CMCC para 1990 y 1999 (en mayo de 2002). El conjunto de datos utilizados para definir el umbral de la tendencia es más reducido y solamente incluye a 16 países, ya que son menos los países que han notificado datos suficientemente detallados para ambos años.

5.4.7.1 SUPUESTOS SOBRE LAS INCERTIDUMBRES

El análisis se basa en la evaluación de las incertidumbres que se muestra en el Cuadro 5.4.6. Los resultados del análisis de sensibilidad son bastante mejores con respecto a los supuestos sobre las incertidumbres. Para las fuentes que no pertenecen al sector de UTCUTS las incertidumbres supuestas son las siguientes: 5% de CO_2, 25% de CH_4, 100% de N_2O. Los gases de efecto invernadero distintos de CO_2 (N_2O y CH_4) se tuvieron en cuenta para el sector de UTCUTS en la medida en que se disponían de ellos, y se consideraron las mismas incertidumbres que para el sector que no pertenece a UTCUTS.

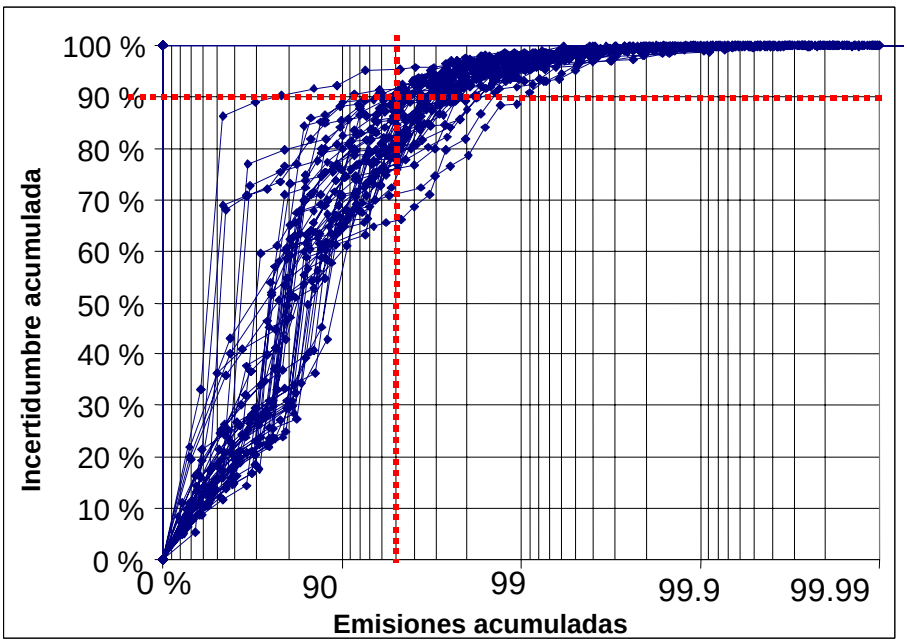
CUADRO 5.4.6
INCERTIDUMBRES SUPUESTAS PARA DETERMINAR UN UMBRAL DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES INCLUIDO UTCUTS

	Incertidumbres de las emisiones y de las absorciones netas procedentes del CO_2
Cambios en la biomasa forestal y boscosa	±50 %
Conversión de bosques y praderas	-50 hasta +100 %
Abandono de tierra gestionada	-50 hasta +100 %
Emisiones y absorciones procedentes del suelo	-50 hasta +100 %
Otras categorías de UTCUTS	-50 hasta +100 %

5.4.7.2 NIVEL DE LAS EMISIONES

En *OBP2000* el valor del umbral se fijó en el 95% del total de emisiones. El modelo de las estimaciones de las emisiones necesario para representar el 90% de la suma de las incertidumbres relativas a las categorías en el conjunto de datos que incluye el sector de UTCUTS es similar al que se ha mencionado anteriormente (véase la Figura 5.4.3).

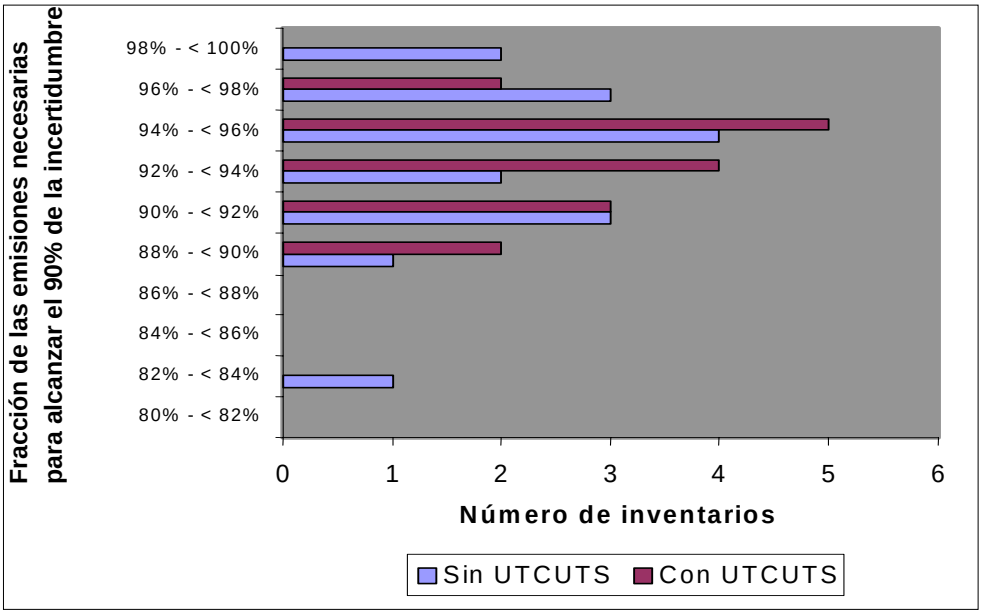
Figura 5.4.3 Incertidumbre acumulada determinada en función de las emisiones acumuladas



Nota: Las líneas de puntos muestran la división entre el umbral de 95% y el 90% de la suma de la contribución de las incertidumbres.

Fuente: Datos notificados por las Partes para la CMCC e incertidumbres estimadas.

Figura 5.4.4 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de las incertidumbres en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS (cuando se incluye UTCUTS se utilizan los valores absolutos de las emisiones)



Fuente: Datos notificados por las Partes a la CMCC e incertidumbres hipotéticas.

En la Figura 5.4.4 se indica que cuando se incluyen las emisiones y las absorciones procedentes del sector de UTCUTS se requiere una fracción de las emisiones totales ligeramente más pequeña (en valor absoluto) para alcanzar el 90% de las incertidumbres en las categorías de fuentes o de sumideros. En el caso de los 30 inventarios analizados, la fracción media se sitúa en el 97.1% si no se tiene en cuenta el sector de UTCUTS, y en un 96,8% si se tiene en cuenta el sector de UTCUTS. La diferencia se debe a que algunas de las emisiones o absorciones procedentes de las actividades de UTCUTS son grandes y presentan una incertidumbre considerable.

El umbral debería ser muy elevado para poder identificar todas las categorías esenciales designadas con el método de Nivel 2 en los inventarios. Es importante tener presente que el enfoque de Nivel 2 es el instrumento más riguroso para determinar las categorías esenciales cuando se tiene en cuenta la incertidumbre. El uso de un umbral elevado implica que muchas categorías que no se consideran esenciales en la evaluación de Nivel 2 se especifican en el método de Nivel 1. Por ello, se parte de la base de que el análisis es más eficaz si se fija un umbral del 95% y se aconseja a los países que utilicen criterios cualitativos para las categorías que alcancen el 95 y el 97%.

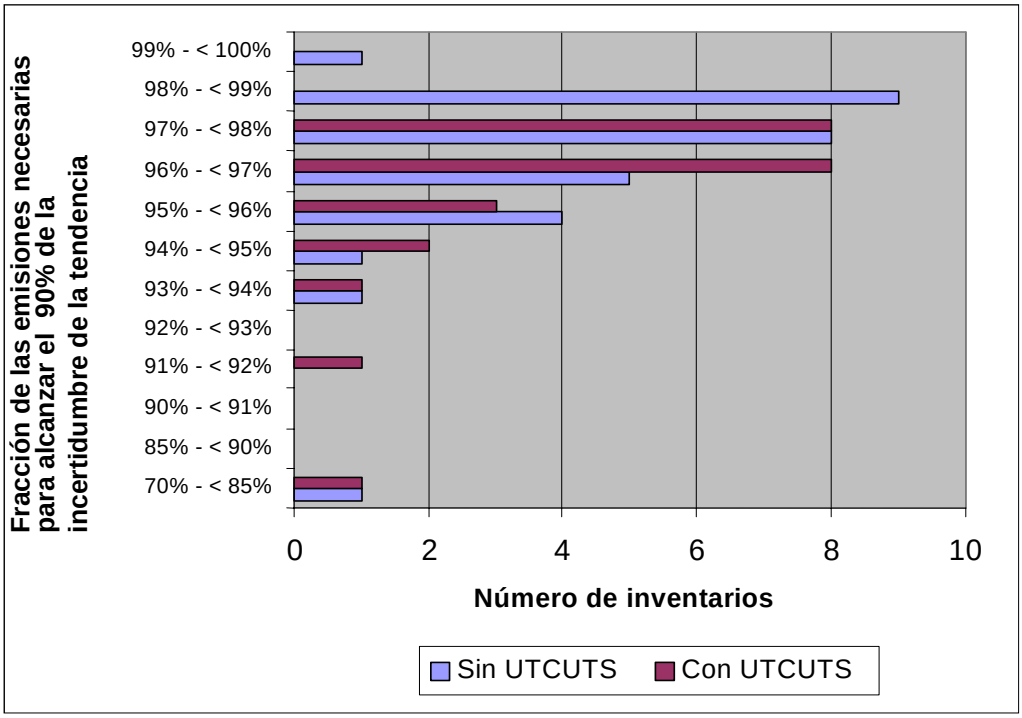
Por tanto, se recomienda utilizar también el umbral que se ha determinado anteriormente en un 95% para el análisis integrado que incluye las categorías de UTCUTS.

5.4.7.3 TENDENCIA

El umbral se estableció en un valor equivalente al 90% de la suma de $T_{x,t}^{*}$ (véase la Ecuación 5.4.2) en los inventarios. En la Figura 5.4.5, se aplica el mismo modelo para la tendencia que el de la Figura 5.4.4 utilizado para el análisis del nivel. Cuando se incluyen las emisiones y las absorciones procedentes del sector de UTCUTS, se requiere una fracción menor de la evaluación total (en valor absoluto) para alcanzar el 90% de la suma de $T_{x,t}^{*}$[16], ya que, una vez más, algunas de las emisiones y de las absorciones procedentes del sector de UTCUTS contribuyen en gran medida a la tendencia y a una incertidumbre elevada.

[16] Con los datos de que se disponía, no podía incluirse HFC, PFC y SF_6 en el análisis. No obstante, de ser posible, estos gases deberían incluirse cuando se aplique el método.

Figura 5.4.5 **Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de la incertidumbre relativa a la tendencia en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS (cuando se incluye UTCUTS se utilizan valores absolutos de las emisiones)**



Fuente: Datos notificados por las Partes a la CMCC e incertidumbres hipotéticas.

5.4.8 Ejemplo de análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1

En el siguiente cuadro se muestra una aplicación del método de Nivel 1 basado en el inventario que presentó uno de los países del Anexo I. Se indican los resultados de la evaluación del nivel y de la tendencia.

CUADRO 5.4.7
EJEMPLO DE UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL[a]

A	B			C	D'	E'	D	E
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación del año de base o en curso para el sector distinto de UTCUTS**	**Estimación del año de base o en curso para UTCUTS**	**Estimación del año de base o en curso, en valor absoluto**	**Evaluación del nivel excluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C**	**Total acumulado de la Columna D'**	**Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C**	**Total acumulado de la Columna D (otras fuentes relacionadas con UTCUTS)**
Suma		535375	**-61309**	643884[b]	1		1	
1.AA.3	CO_2	138822	..	138822	0,259	0,259	0,216	0,216
1.AA.4	CO_2	102167	..	102167	0,191	0,450	0,159	0,374
5.A	CO_2	..	**-84861**	84861	..	0,450	0,132	0,506
1.AA.2	CO_2	77213	..	77213	0,144	0,594	0,120	0,626
1.AA.1	CO_2	61389	..	61389	0,115	0,709	0,095	0,721
4.D	N_2O	51152	..	51152	0,096	0,805	0,079	0,801
4.A	CH_4	27942	..	27942	0,052	0,857	0,043	0,844

CUADRO 5.4.7 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLO DE UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL[a]

A	B			C	D'	E'	D	E
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación del año de base o en curso para el sector distinto de UTCUTS**	**Estimación del año de base o en curso para UTCUTS**	**Estimación del año de base o en curso, en valor absoluto**	**Evaluación del nivel excluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C**	**Total acumulado de la Columna D'**	**Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C**	**Total acumulado de la Columna D (otras fuentes relacionadas con UTCUTS)**
6.A	CH_4	16440	..	16440	0,031	0,887	0,026	0,870
5.B	CO_2	..	12540	12540	..	0,887	0,019	0,889
2.B	N_2O	11093	..	11093	0,021	0,908	0,017	0,906
2.A	CO_2	10371	..	10371	0,019	0,928	0,016	0,923
5.E	N_2O	..	5550	5550	..	0,928	0,009	0,931
1.B.2	CO_2	4006	..	4006	0,007	0,935	0,006	0,937
4.B	CH_4	3644	..	3644	0,007	0,942	0,006	0,943
2.C	CO_2	3443	..	3443	0,006	0,948	0,005	0,948
5.D	CO_2	..	3370	3370	..	0,948	0,005	0,954
1.AA.3	N_2O	3174	..	3174	0,006	0,954	0,005	0,959
4.B	N_2O	3109	..	3109	0,006	0,960	0,005	0,963
1.AA.4	CH_4	2817	..	2817	0,005	0,965	0,004	0,968
2.B	CO_2	2723	..	2723	0,005	0,970	0,004	0,972
1.B.1	CH_4	2658	..	2658	0,005	0,975	0,004	0,976
6.C	CO_2	2287	..	2287	0,004	0,980	0,004	0,980
1.B.2	CH_4	1906	..	1906	0,004	0,983	0,003	0,983
5.E	CH_4	..	1880	1880	..	0,983	0,003	0,986
1.AA.4	N_2O	1456	..	1456	0,003	0,986	0,002	0,988
3.A	CO_2	823	..	823	0,002	0,987	0,001	0,989
1.AA.2	N_2O	796	..	796	0,001	0,989	0,001	0,990
1.AA.1	N_2O	683	..	683	0,001	0,990	0,001	0,991
6.B	N_2O	665	..	665	0,001	0,991	0,001	0,992
3.D	CO_2	658	..	658	0,001	0,993	0,001	0,993
2.D	CO_2	656	..	656	0,001	0,994	0,001	0,994
3.D	N_2O	613	..	613	0,001	0,995	0,001	0,995
4.D	CH_4	482	..	482	0,001	0,996	0,001	0,996
6.C	N_2O	402	..	402	0,001	0,997	0,001	0,997
6.C	CH_4	368	..	368	0,001	0,997	0,001	0,997
6.D	CH_4	359	..	359	0,001	0,998	0,001	0,998
1.AA.3	CH_4	312	..	312	0,001	0,999	0,000	0,998
6.B	CH_4	282	..	282	0,001	0,999	0,000	0,999
5.B	CH_4	..	236	236	..	0,999	0,000	0,999
4.C	CH_4	163	..	163	0,000	0,999	0,000	0,999
3.B	CO_2	136	..	136	0,000	1,000	0,000	1,000

CUADRO 5.4.7 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLO DE UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL[a]

A	B			C	D'	E'	D	E
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación del año de base o en curso para el sector distinto de UTCUTS**	**Estimación del año de base o en curso para UTCUTS**	**Estimación del año de base o en curso, en valor absoluto**	**Evaluación del nivel excluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C**	**Total acumulado de la Columna D'**	**Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C**	**Total acumulado de la Columna D (otras fuentes relacionadas con UTCUTS)**
1.AA.2	CH_4	81	..	81	0,000	1,000	0,000	1,000
2.B	CH_4	55	..	55	0,000	1,000	0,000	1,000
5.C	CO_2	..	**-48**	48	..	1,000	0,000	1,000
1.AA.1	CH_4	28	..	28	0,000	1,000	0,000	1,000
5.B	N_2O	..	24	24	..	1,000	0,000	1,000
1.B.2	N_2O	0	..	0	0,000	1,000	0,000	1,000

[a] Las celdas sombreadas del cuadro indican los valores para la evaluación total que permite identificar las categorías esenciales en cuanto al nivel.

[b] Esta suma difiere de la suma de las dos columnas de la izquierda porque se añaden las absorciones en valores absolutos.

CUADRO 5.4.8
ANÁLISIS DE LA TENDENCIA INCLUIDO EL SECTOR DE UTCUTS[a]

A	B	C	D	E	F	G
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación del año de base**	**Estimación del año en curso**	**Evaluación de la tendencia**	**% de contribución a la evaluación**	**Total acumulado de la Columna F**
Sum		486002	474066	0,162226	1	
1.AA.3	CO_2	119156	138822	0,046486	0,28655	0,28655
2.B	N_2O	27775	11093	0,03292	0,202928	0,489477
5.A	CO_2	**-75330**	**-84861**	0,023418	0,144352	0,63383
1.AA.4	CO_2	94375	102167	0,020804	0,128239	0,762069
1.AA.1	CO_2	65495	61389	0,005139	0,031676	0,793745
2.A	CO_2	13016	10371	0,004784	0,029492	0,823237
1.AA.2	CO2	76919	77213	0,004491	0,027681	0,850918
1.AA.3	N_2O	1208	3174	0,004106	0,02531	0,876228
1.B.1	CH_4	4331	2658	0,003225	0,019882	0,896109
4.A	CH_4	30058	27942	0,002834	0,017467	0,913576
5.B	CO_2	11710	12540	0,0023	0,014175	0,927751
6.A	CH_4	17917	16440	0,002134	0,013152	0,940903
2.C	CO_2	4550	3443	0,002046	0,012613	0,953516
5.D	CO_2	4051	3370	0,001197	0,007376	0,960892
4.D	N_2O	52898	51152	0,000918	0,005659	0,966551
1.B.2	CH_4	2199	1906	0,000493	0,003041	0,969592
2.B	CO_2	3007	2723	0,000433	0,002667	0,972259

CUADRO 5.4.8 (CONTINUACIÓN)
ANÁLISIS DE LA TENDENCIA INCLUIDO EL SECTOR DE UTCUTS[a]

A	B	C	D	E	F	G
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	**Gas de efecto invernadero directo**	**Estimación del año de base**	**Estimación del año en curso**	**Evaluación de la tendencia**	**% de contribución a la evaluación**	**Total acumulado de la Columna F**
6.C	CO_2	2133	2287	0,000425	0,00262	0,974879
1.B.2	CO_2	4306	4006	0,000398	0,002456	0,977336
4.B	CH_4	3537	3644	0,000398	0,002453	0,979789
5.E	N_2O	5494	5550	0,000394	0,002428	0,982217
1.AA.4	CH_4	3043	2817	0,000313	0,001927	0,984143
1.AA.4	N_2O	1338	1456	0,00031	0,001913	0,986056
1.AA.1	N_2O	561	683	0,000278	0,001714	0,98777
1.AA.3	CH_4	453	312	0,000267	0,001648	0,989418
6.D	CH_4	246	359	0,000245	0,001513	0,990931
3.B	CO_2	252	136	0,000226	0,001394	0,992325
1.AA.2	N_2O	731	796	0,00017	0,001049	0,993374
3.A	CO_2	920	823	0,000153	0,000943	0,994317
6.B	N_2O	612	665	0,00014	0,000861	0,995178
5.E	CH_4	1861	1880	0,000134	0,000824	0,996002
4.B	N_2O	3249	3109	0,000124	0,000766	0,996768
6.C	CH_4	320	368	0,000115	0,000708	0,997477
6.C	N_2O	357	402	0,000112	0,000689	0,998166
3.D	N_2O	596	613	6,56E-05	0,000404	0,99857
6.B	CH_4	259	282	5,91E-05	0,000365	0,998935
5.B	CH_4	221	236	4,27E-05	0,000263	0,999198
1.AA.1	CH_4	46	28	3,52E-05	0,000217	0,999415
4.D	CH_4	482	482	2,6E-05	0,00016	0,999575
4.C	CH_4	180	163	2,57E-05	0,000159	0,999733
2.D	CO_2	681	656	1,65E-05	0,000101	0,999835
3.D	CO_2	681	658	1,12E-05	6,92E-05	0,999904
2.B	CH_4	53	55	6,85E-06	4,22E-05	0,999946
5.B	N_2O	22	24	4,42E-06	2,72E-05	0,999974
5.C	CO_2	**-48**	**-48**	2,43E-06	1,5E-05	0,999989
1.AA.2	CH_4	82	81	7,13E-07	4,39E-06	0,999993
1.B.2	N_2O	..	0	5,74E-07	3,54E-06	0,999996
1.B.2	N_2O	..	0	5,74E-07	3,54E-06	1

[a] Otras fuentes identificadas relacionadas con UTCUTS aparecen sombreadas.

5.5 GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD

5.5.1 Introducción

En la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre* (*OBP2000*, IPCC, 2000), Capítulo 8, Garantía de la calidad y control de la calidad, se define lo que se entiende por garantía de la calidad (GC) y por control de la calidad (CC), y se facilita orientación sobre los elementos que componen un sistema de GC/CC, teniendo en cuenta la transparencia y la revisión necesarias. También se abordan las consideraciones prácticas que habrán de tener presentes los organismos encargados de los inventarios al asignar recursos para GC/CC a lo largo de todo el proceso del inventario, así como la manera de determinar las prioridades al destinar recursos para el sector de UTCUTS. En esta sección se detallan los tipos de procedimientos que ha de seguir el organismo encargado de un inventario para verificar que las estimaciones del inventario y los datos en los que se basan sean de alta calidad, prestando especial atención a las cuestiones relativas al sector de UTCUTS. Estos procedimientos permiten asimismo realizar un inventario que pueda evaluarse fácilmente en términos de calidad y de exhaustividad.

RECUADRO 5.5.1
DEFINICIONES DE CONTROL DE LA CALIDAD Y GARANTÍA DE LA CALIDAD

El *control de la calidad* (CC) es un sistema de actividades técnicas habituales para medir y controlar la calidad del inventario durante su preparación. El sistema de CC está destinado a:

i) prever exámenes habituales y coherentes para asegurar la integridad, corrección y exhaustividad de los datos;

ii) identificar y reparar errores;

iii) documentar y archivar material de inventario y registrar todas las actividades de CC.

Las actividades de CC abarcan métodos generales como los exámenes de exactitud sobre la adquisición y cálculos de datos y el uso de procedimientos normalizados aprobados para calcular emisiones, hacer mediciones, estimar las incertidumbres, archivar información y presentar los resultados. Las actividades de CC de nivel superior comprenden revisiones técnicas de las categorías de fuentes y sumideros, de los datos de actividad y de los factores de emisión y de los métodos.

Las actividades de *garantía de la calidad* (GC) incluyen un sistema planificado de procedimientos de revisión aplicados por personal que no participe directamente en el proceso de compilación/preparación del inventario. Deberían realizarse revisiones, preferiblemente a cargo de terceros independientes, sobre un inventario concluido, después de la aplicación de los procedimientos de CC. Mediante las revisiones se verifica que se han alcanzado los objetivos de calidad, se asegura que el inventario representa las mejores estimaciones posibles de las emisiones y sumideros dado el estado actual de los conocimientos científicos y los datos disponibles, y se sustenta la efectividad del programa de CC.

Fuente: IPCC (2000).

En el Recuadro 5.5.1 se presentan las definiciones de "control de la calidad" y "garantía de la calidad", tal y como se definen en *OBP2000*, en la que se identifican también los siguientes elementos de un sistema completo de GC/CC:

- un organismo encargado del inventario, responsable de coordinar las actividades de GC/CC;
- un plan de GC/CC;
- procedimientos generales de CC (Nivel 1) que se apliquen a todas las categorías del inventario;
- procedimientos de CC para cada categoría de fuente o sumidero (Nivel 2) que requieren el conocimiento de datos y de métodos;
- procedimientos de revisión de la GC;
- procedimientos de notificación, documentación y archivo.

Los métodos de inventario aplicables al sector de UTCUTS requieren una *orientación de buenas prácticas* específica para GC/CC en lo que respecta a todos los elementos enumerados excepto al primero. Además, cabe señalar que las cuestiones de verificación y las cuestiones relativas al Protocolo de Kyoto pueden afectar a las *buenas prácticas* de GC/CC. Estas cuestiones se analizan en las Secciones 5.7 y 5.5.7, respectivamente.

La estimación de las emisiones y absorciones de las actividades de UTCUTS comprende varias cuestiones importantes aunque no necesariamente exclusivas. La diferencia primordial entre el sector de CUTS y otros sectores tratados en las *Directrices del IPCC* (IPCC, 1997) (a saber, los de energía y agricultura) es que el sector de CUTS se centra en el cálculo de las emisiones y absorciones netas.[17] En concreto, en el sistema de GC/CC ha de tenerse en cuenta que el sector de UTCUTS es único porque lo mismo puede absorber CO_2 que liberarlo a la atmósfera. Sin embargo, en lo que concierne a GC/CC de un inventario, existen consideraciones más importantes en el sector de UTCUTS que se centran en la complejidad de los datos necesarios para preparar estimaciones exactas de emisiones y absorciones debidas a UTCUTS. A continuación, se señalan cuatro características importantes de los métodos del inventario de UTCUTS que suelen influir en la GC y el CC.

- **Representatividad de los datos de entrada:** Las actividades de UTCUTS afectan a grandes superficies geográficas. Dada la extensión de estas superficies –además de la compleja naturaleza de los procesos biológicos que en ellas tienen lugar–, no resulta práctico basar la preparación de inventarios nacionales únicamente en las mediciones directas de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, los inventarios se basan en datos obtenidos mediante muestreo en mediciones de campo y estudios de la tierra. Además, no es probable que se tome un conjunto de muestras completo cada año, sino que se suelen tomar periódicamente (p. ej., cada cuatro años). También pueden ampliarse las muestras con datos obtenidos por teledetección, que permiten una cobertura más completa.

- **Necesidad de datos históricos:** Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relacionadas con UTCUTS representan una función de las actividades del uso de la tierra en el pasado y que siguen afectando a las emisiones y absorciones de CO_2 actuales (es decir, del año del inventario). Por lo tanto, el uso de la tierra y las actividades forestales tanto pasadas como actuales inciden en las emisiones y absorciones actuales. Por esta razón, se necesitan datos históricos suficientes para calcular las emisiones actuales y, por consiguiente, los conjuntos de datos utilizados en el sector de UTCUTS pueden abarcar un período histórico más largo que otras categorías de fuentes (p. ej., entre 20 y 100 años). Sin embargo, muchos países tienen la ventaja de haber recogido datos forestales y datos sobre otros usos de la tierra durante un largo período, por lo que pueden disponer de fuentes de datos detallados y completos, aunque no siempre exactos.[18] La coherencia de las series temporales es un aspecto importante de la GC y del CC que será analizado con más detalle en la Sección 5.6.

- **Interacciones complejas y variabilidad de los procesos biológicos:** Debido a las interacciones complejas y a la variabilidad inherente a los procesos biológicos que tienen lugar en bosques, suelos y otros componentes de UTCUTS se puede necesitar modelos[19] más complejos que los empleados para estimar las emisiones de la mayoría de las demás categorías de fuentes. Puede que los datos, supuestos y demás características de los modelos no siempre sean transparentes. En la GC y en el CC hay que documentar las características y los supuestos del modelo, comprobar los datos de salida del modelo, identificar las áreas que se han de mejorar, comprobar los algoritmos del modelo y documentar los resultados de estos exámenes.

- **Variabilidad en la magnitud y naturaleza de los datos:** Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero pueden ser pequeños flujos netos que resultan de grandes flujos brutos o de diferencias entre grandes reservas, por ejemplo, cambios lentos en las grandes reservas de carbono orgánico en los suelos. Además, según el tipo de actividad, se experimentarán diferentes tipos de cambios. Por ejemplo, es probable que la gestión forestal implique cambios pequeños y dispersos por unidad de superficie en grandes zonas, mientras que la deforestación a gran escala provoca emisiones netas relativamente grandes e inmediatas. Por estas razones, en los procedimientos de GC/CC se debería evaluar si los métodos

[17] Hay que destacar, sin embargo, que la sustracción de los principales componentes en el cálculo de una categoría de fuente de emisión no es exclusiva del sector de UTCUTS. Por ejemplo, la estimación total del almacenamiento de carbono en las materias primas de combustibles fósiles no energéticos requiere un complicado análisis del procesamiento del combustible fósil y de su destino para sustraer de esos combustibles la cantidad de carbono que ni se combustiona ni se oxida. Estas adaptaciones en los cálculos de la combustión de combustibles fósiles pueden ser bastante significativas con respecto al inventario de las emisiones totales de un país.

[18] Es evidente que los datos se habrán compilado por razones diferentes que la de estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero.

[19] Los modelos numéricos y del proceso interpolan datos de actividad para los años que se suceden entre las muestras, extrapolan datos de muestra de las mediciones del volumen de madera o de otras mediciones al carbono total de la biomasa, e intentan comprender otras complejidades y sutilezas de la relación entre la silvicultura y el cambio forestal de uso de la tierra y las emisiones y absorciones de CO_2 y de otros gases.

seleccionados son apropiados para la estimación de los gases de efecto invernadero en cada caso, desde las mediciones directas hasta los modelos más complejos.[20]

5.5.2 Plan de GC/CC

Como ya se indicó en *OBP2000*, un plan de GC/CC es un elemento fundamental del sistema de GC/CC y, por lo tanto, su elaboración forma parte de las *buenas prácticas*. En general, el plan debería explicar a grandes rasgos las actividades de GC/CC que se van a efectuar y debería incluir un calendario programado en el que se detalle la preparación del inventario, desde su inicio hasta la presentación final en cada año. Asimismo, debería incluir un esbozo de los procesos y un calendario para revisar todas las categorías de fuentes y sumideros.

Para las categorías de fuentes y sumideros de UTCUTS, en el plan se deberían describir los procedimientos específicos de CC que han sido o van a ser aplicados, además de los procedimientos especiales de revisión de la GC utilizados. Estos procedimientos deben formularse de manera que se tengan en cuenta las cuatro características descritas en la Sección 5.5.1, la representación de áreas de tierra detallada en el Capítulo 2 (Bases para la representación coherente de áreas de tierra), las metodologías aplicadas al sector de UTCUTS del Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS), y, si fuera pertinente, los métodos utilizados para contabilizar emisiones y absorciones descritos en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Capítulo 4 del Protocolo de Kyoto (Métodos complementarios y orientación sobre las buenas prácticas que emanan del Protocolo de Kyoto).

5.5.3 Procedimientos generales de CC (Nivel 1)

Es una *buena práctica* efectuar las comprobaciones genéricas de CC que se describen en *OBP2000*, Capítulo 8 (Garantía de la calidad y control de la calidad) Nivel 1, Procedimientos generales de CC de Nivel 1 para los inventarios. Estas técnicas generales se centran en el procesamiento, tratamiento, documentación, archivo y procedimientos de presentación comunes para todas las categorías de fuentes y sumideros del inventario. En el Cuadro 5.5.1 se enumeran las comprobaciones genéricas de CC de Nivel 1 que se muestran en el Cuadro 8.1 de *OBP2000*. Estas comprobaciones se han adaptado para que puedan aplicarse tanto a sumideros como a fuentes. En aquellos casos en los que las estimaciones para el sector de UTCUTS son elaboradas por instituciones distintas del organismo encargado del inventario, este último sigue teniendo la responsabilidad de que se lleven a cabo los procedimientos de CC de Nivel 1 y de que se documenten los resultados y los procedimientos.

CUADRO 5.5.1
PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CC DE NIVEL 1 PARA LOS INVENTARIOS

Actividad de CC	Procedimientos
Comprobar que se documentan los supuestos y criterios de selección de datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros de estimación.	• Confrontar las descripciones de datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros de estimación con información sobre las categorías de fuentes y sumideros, y asegurarse de que se registran y archivan correctamente.
Comprobar si hay errores de trascripción en las entradas de datos y referencias.	• Confirmar que las referencias de datos bibliográficos se citan correctamente en la documentación interna. • Analizar una muestra de datos de entrada de cada categoría de fuentes (mediciones y parámetros usados en los cálculos) para ver si hay errores de trascripción.
Comprobar que las emisiones y absorciones se han calculado correctamente.	• Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones o de absorciones. • Imitar selectivamente cálculos de modelos complejos con cálculos abreviados para juzgar su exactitud relativa.

[20] La cuestión de la elección de la metodología se trata en detalle en lo que respecta a la subcategoría en el Capítulo 3.

CUADRO 5.5.1 (CONTINUACIÓN) PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CC DE NIVEL 1 PARA LOS INVENTARIOS	
Comprobar que los parámetros y unidades de emisión se han registrado correctamente y que se usan factores de conversión apropiados.	• Comprobar que las unidades están debidamente rotuladas en las hojas de cálculo. • Comprobar que las unidades se trasportan correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos. • Comprobar que los factores de conversión son correctos. • Comprobar que se usan correctamente los factores de ajuste temporal y espacial.
Comprobar la integridad de los archivos de la base de datos.	• Confirmar que las etapas apropiadas del tratamiento de los datos están correctamente representadas en la base de datos. • Confirmar que las relaciones entre los datos están representadas correctamente en la base de datos. • Asegurarse de que los campos de datos están debidamente rotulados y tienen las especificaciones de diseño correctas. • Asegurarse de que se ha archivado suficiente documentación de la base de datos y estructura y operación del modelo.
Comprobar la coherencia de los datos entre categorías de fuentes.	• Identificar parámetros (p. ej., datos de actividad constantes) comunes para múltiples categorías de fuentes y sumideros y confirmar que hay coherencia entre los valores usados para esos parámetros en los cálculos de las emisiones.
Comprobar que es correcto el movimiento de datos del inventario entre las etapas del proceso.	• Comprobar que los datos de emisiones y absorciones están correctamente agregados desde niveles inferiores de presentación hasta niveles superiores de presentación cuando se preparan resúmenes. • Comprobar que los datos de emisiones y absorciones se transcriben correctamente entre diferentes productos intermedios.
Comprobar que se estiman o calculan correctamente las incertidumbres de las emisiones y absorciones.	• Comprobar que son apropiadas las calificaciones de las personas que aportan dictamen de expertos para las estimaciones de la incertidumbre. • Comprobar que se registran las calificaciones, los supuestos y los dictámenes de expertos. Comprobar que las incertidumbres calculadas están completas y han sido calculadas correctamente. • Si es necesario, repetir los cálculos de error sobre una muestra reducida de las distribuciones de probabilidad usadas en los análisis de Monte Carlo.
Revisar la documentación interna.	• Comprobar que existe documentación interna detallada para sustentar las estimaciones y permitir la reproducción de las estimaciones de las emisiones y de las absorciones y de la incertidumbre. • Comprobar que los datos del inventario, los datos de apoyo y los registros del inventario están archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. • Comprobar la integridad de todos los arreglos para archivar los datos de las organizaciones externas que participan en la preparación del inventario.
Comprobar la coherencia de las series temporales.	• Comprobar la coherencia temporal en los datos de entrada de las series temporales para cada categoría de fuentes y sumideros. • Comprobar la coherencia del algoritmo/método utilizado en los cálculos en todas las series temporales. • Comprobar el método de realización de nuevos cálculos.
Realizar verificaciones de la exhaustividad.	• Confirmar que se presentan las estimaciones para todas las categorías de fuentes y sumideros y para todos los años a partir del año de base apropiado para el período del inventario en curso. • Comprobar que se documentan las lagunas conocidas en datos que dan por resultado estimaciones incompletas de las emisiones.
Comparar las estimaciones con estimaciones anteriores.	• Para cada categoría de fuente o sumidero, deberían compararse las estimaciones actuales del inventario con estimaciones anteriores, si se dispone de ellas. Si hay cambios o desviaciones importantes con respecto a las tendencias previstas, examinar de nuevo las estimaciones y explicar cualquier diferencia.

5.5.4 Procedimientos específicos de CC para cada categoría de fuentes o sumideros (Nivel 2)

Es una *buena práctica* complementar las comprobaciones de CC de Nivel 1 relativas al procesamiento, tratamiento e información de los datos con los procedimientos de CC para cada categoría de fuentes o sumideros (Nivel 2) para las categorías esenciales (es decir, con las comprobaciones suplementarias de control de calidad descritas en *OBP2000*, Sección 8.7, Procedimientos de CC para cada categoría de fuentes (Nivel 2)). Los procedimientos de CC de Nivel 2 se aplican caso por caso. Estas comprobaciones pueden realizarse especialmente cuando se utilizan métodos de inventario de nivel superior para preparar las estimaciones de emisiones y absorciones. Los procedimientos de CC de Nivel 2 son los idóneos para tipos de datos específicos utilizados en los métodos, y para aplicarlos hay que conocer la categoría de fuentes o sumideros, los tipos de datos disponibles y los parámetros asociados a las emisiones y absorciones.

En algunos casos, el volumen y la complejidad de los datos que se van a utilizar para efectuar las estimaciones de emisiones y absorciones debidas a UTCUTS pueden acarrear algunas dificultades en la realización de las comprobaciones e investigaciones de CC de Nivel 2. Al mismo tiempo, en razón de esta complejidad son aún más importantes cuando se hayan llevado a cabo investigaciones rigurosas sobre la calidad de los datos de Nivel 2 en colaboración con las instituciones directamente responsables de recolectar y analizar los datos de UTCUTS. Estas instituciones pueden ser muchas y, en cierto modo, heterogéneas debido a la asignación en cada país de las responsabilidades de gestión de las tierras. Para averiguar la calidad de los datos de entrada utilizados en los modelos de UTCUTS y en otros cálculos, será necesaria una importante cooperación y comunicación con estas instituciones para comprender mejor sus propios procedimientos de GC/CC.

Las comprobaciones para cada categoría de fuente o sumidero se describen en el Capítulo 3, pero en lo que concierne al CC de Nivel 2 para el sector de UTCUTS debería procederse a los siguientes tipos de verificaciones:

- El organismo encargado del inventario debería comprobar que las áreas de tierra están clasificadas correctamente y que no ha habido dobles cómputos ni omisiones de áreas de tierra (véase la Sección 2.3.2 del Capítulo 2 y el Cuadro 2.3.1). Esta clasificación de las áreas de tierra debería ser coherente con el Capítulo 2 (Bases para la representación coherente de áreas de tierra). Es importante, en particular, verificar la coherencia y los posibles dobles cómputos entre el sector agrícola y el sector de UTCUTS.
- El organismo encargado del inventario debería investigar la exhaustividad de las categorías de fuentes y sumideros en el sector de UTCUTS mediante un examen apropiado de las categorías de uso de la tierra y de las subcategorías, tal y como se describe en el Capítulo 3 (véase los Cuadros 3.1.1 y 3.1.2 de la Sección 3.1.1). Esto es especialmente importante debido a las complicadas relaciones existentes entre varias de categorías de UTCUTS (p. ej., entre el rebrote de tierras abandonadas y los cambios en las reservas de biomasa boscosa) y entre las categorías de UTCUTS y otras categorías de fuentes (p. ej., entre la biomasa eliminada y la quema de biocombustibles). Esta clasificación debería ser coherente con el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS). El organismo encargado del inventario debería a su vez evaluar si las estimaciones de las categorías particulares cubren todas las zonas geográficas pertinentes (p. ej., los territorios), las categorías de subfuentes o sumideros, los depósitos o las actividades.
- El organismo encargado del inventario debe verificar periódicamente la coherencia de los datos de actividad de las series temporales, ya que el historial de datos necesarios para estimar las emisiones de un solo año es muy extenso. La actividad y los demás datos utilizados deberían representar un área terrestre coherente para el país y haber sido compilados mediante métodos que no introduzcan desviaciones temporales. Toda discontinuidad en las series temporales de las emisiones o de otros datos utilizados en el cálculo de emisiones o absorciones requiere explicación. La dirección y el orden de magnitud de las estimaciones de emisiones/absorciones para las distintas categorías de fuentes o sumideros de UTCUTS y sus subcategorías deberían compararse y evaluarse según criterios de racionalidad y según las causas de estos cambios, teniendo en cuenta el posible impacto de la variabilidad del clima en las escalas de tiempo (p. ej., en las escalas de décadas).
- Dada la importancia relativa de los datos de muestreo en la preparación de estimaciones, el organismo encargado del inventario debería examinar los protocolos de muestreo y de extrapolación utilizados, determinar a qué revisión han sido sometidos los protocolos, identificar todos los procedimientos internos de GC/CC aplicables y considerar los demás factores pertinentes. Véase asimismo la Sección 5.3, Muestreo. En la Sección 8.7.2.1, Datos de actividad en el nivel nacional, del Capítulo 8 de *OBP2000* figura información adicional sobre las investigaciones de datos secundarios.
- En razón de las múltiples aplicaciones de las técnicas y de los datos de teledetección para la preparación de inventarios de UTCUTS, el organismo encargado del inventario debería aportar información, tan detallada

como sea necesario en cada caso, acerca de los datos y los instrumentos utilizados (es decir, el tipo de imagen y de procesamiento).

- Los modelos pueden ser una parte esencial del proceso del inventario nacional. Permiten preparar estimaciones regionales y nacionales cuando los conocimientos científicos o la información disponible están limitados a lugares o condiciones específicos. Como los modelos son un medio de extrapolar y/o interpolar la información conocida para estimar la que no es tan segura, no se puede de ningún modo asumir simplemente que el modelo elegido provee datos de salida exactos para las necesidades del inventario. Si la GC y el CC asociados a los modelos son inadecuados o carecen de transparencia, el organismo encargado del inventario debería tratar de establecer verificaciones de los modelos y de los datos. En particular, el organismo encargado del inventario debería comprobar lo siguiente:

  i) La adecuación de los supuestos, extrapolaciones, interpolaciones, modificaciones basadas en la calibración, características de los datos del modelo, y de su aplicabilidad al método de inventario de gases de efecto invernadero y a las circunstancias del país.

  ii) La disponibilidad de documentación sobre el modelo que incluya descripciones, supuestos, fundamentos y experimentos científicos, y referencias que apoyen el método y los parámetros utilizados en los procesos del modelo referentes al uso de la tierra.

  iii) Los tipos de procedimientos de GC/CC concebidos por creadores de modelos y por proveedores de datos, y si los procedimientos de control de calidad son apropiados.

  iv) La existencia de proyectos para evaluar y actualizar o remplazar periódicamente los supuestos con nuevas mediciones apropiadas. Los supuestos esenciales pueden identificarse realizando análisis de sensibilidad.

5.5.5 Procedimientos de revisión de la GC

La *buena práctica* en los procedimientos de GC requiere un examen especializado para evaluar la calidad del inventario e identificar las esferas en que podrían introducirse mejoras. El inventario puede ser evaluado como un todo o por partes. Se utilizan procedimientos de GC, junto con el CC de Nivel 1 y de Nivel 2. El objetivo de la aplicación de la GC es hacer participar a revisores que pueden llevar a cabo un examen imparcial del inventario. Es una *buena práctica* recurrir a revisores de GC que no hayan intervenido en la preparación del inventario. Es preferible que estos revisores sean expertos independientes de otros organismos o expertos o grupos de expertos nacionales o internacionales que no estén vinculados con la compilación del inventario nacional. Cuando no disponga de revisores terceros ajenos al organismo encargado del inventario, pueden ejercer las funciones de GC miembros del personal que trabajen en otra sección del organismo encargado del inventario y que no hayan participado en la preparación de la parte del inventario que se va a revisar.

Es una *buena práctica* que los organismos encargados de los inventarios procedan a una revisión básica a cargo de especialistas en la materia (GC de Nivel 1) antes de presentar los resultados del inventario, para identificar posibles problemas y hacer las correcciones necesarias cuando sea posible. También es una *buena práctica* aplicar esta revisión a todas las categorías de fuentes y sumideros, así como a todos los sectores del inventario. Sin embargo, hay que señalar que esto no siempre resultará práctico debido a limitaciones de tiempo y de recursos. Debería darse prioridad a las categorías esenciales, así como a las categorías que hayan experimentado cambios significativos en los métodos o en los datos utilizados. Los organismos encargados de los inventarios pueden también optar por someter el inventario a revisiones más pormenorizadas a cargo de especialistas en la materia o a auditorías, o a ambas, como procedimientos adicionales de GC, en función de los recursos disponibles.

Los organismos encargados de los inventarios deberían considerar también la posibilidad de aplicar las técnicas y procedimientos para el sector de UTCUTS que se describen en la Sección 5.7, Verificación, dependiendo de la disponibilidad de datos para estas técnicas y de las limitaciones de recursos. Para la aplicación de estas técnicas de verificación más rigurosas, debería darse prioridad a las categorías esenciales de fuentes y sumideros. La comparación de las estimaciones de emisiones o absorciones o de otros datos pertinentes para el sector de UTCUTS con datos ajenos al proceso de realización del inventario puede ayudar a establecer la fiabilidad de los distintos componentes. La verificación del inventario puede ser especialmente útil para el sector de UTCUTS, ya que las estimaciones del inventario se caracterizan por incertidumbres potencialmente grandes. Las revisiones por especialistas y las investigaciones de CC de Nivel 2 son las primeras etapas primordiales de la verificación. El Cuadro 5.5.2 contiene indicaciones acerca del examen especializado para el sector de UTCUTS.

RECUADRO 5.5.2
EXAMEN ESPECIALIZADO

El examen especializado consiste en una revisión de los cálculos y supuestos a cargo de expertos en los campos técnicos pertinentes. Este procedimiento se aplica normalmente revisando la documentación correspondiente a los métodos y resultados, aunque en general no incluye una certificación rigurosa de los datos o referencias como la que podría realizarse en una auditoría. El objetivo del examen especializado es asegurar que los resultados, los supuestos y los métodos del inventario son razonables según los entendidos en la materia. En los procesos del examen especializado en el sector de UTCUTS pueden intervenir tanto expertos técnicos como investigadores. Cuando un país dispone de mecanismos de revisión de interesados directos o de organismos públicos, estas revisiones pueden complementar la revisión por otros expertos, en la materia pero no sustituirla.

En el sector de UTCUTS, la complejidad de los modelos puede dificultar la revisión, pero resulta primordial. Por consiguiente, las *buenas prácticas* deberían incluir las acciones siguientes:

- Identificar si los modelos principales utilizados para el análisis han sido examinados por otros expertos; si no fuese el caso, el organismo encargado del inventario debería iniciar un procedimiento independiente de revisión por otros especialistas para los modelos o incluirlo en el proceso global de revisión por expertos del inventario.
- Determinar si la documentación sobre los modelos, los datos de entrada y los demás supuestos es suficiente y lo bastante sólida para facilitar la revisión por otros expertos.

No existen instrumentos ni mecanismos normalizados para la revisión por otros especialistas, y su utilización debe estudiarse caso por caso. Si existe un alto grado de incertidumbre asociada a una estimación de las emisiones o absorciones para una categoría determinada, la revisión por otros expertos a puede aportar información para mejorar la estimación o, al menos, cuantificar mejor la incertidumbre. Para que las revisiones por otros expertos en la materia sean efectivas, muchas veces es necesario ponerse en contacto con organizaciones o instituciones independientes importantes, entre ellas, grupos de investigación. En el sector de UTCUTS, por ejemplo, se recurre a menudo a la participación de investigadores y de organizaciones de investigación cuando se aplican técnicas y procedimientos de verificación (véase la Sección 5.7), especialmente cuando se trata de modelos más complejos. Es una *buena práctica* obtener el peritaje pertinente sobre el desarrollo y la revisión de los métodos, la adquisición de datos y los modelos.

5.5.6 Documentación, archivado y presentación de informes

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para producir estimaciones destinadas al inventario nacional de emisiones, tal y como se señala en *OBP2000* (Capítulo 8, Garantía de la calidad y control de la calidad, Sección 8.10.1, Documentación interna y archivo), así como los resultados de las actividades de verificación y los cambios en los datos de entrada y en los métodos de los años anteriores. A fin de garantizar la transparencia, la documentación debe ser suficiente para poder evaluar las estimaciones de las emisiones de las categorías esenciales. En los procedimientos de documentación y archivado en el sector de UTCUTS deben tenerse en cuenta las siguientes cuestiones:

- Como es probable que se utilicen datos de muestra y existen pocas posibilidades de disponer de datos anuales para áreas, depósitos y parámetros de estimación, la documentación sobre la coherencia de los datos de las series temporales y los métodos existentes para interpolar entre muestras y años reviste especial importancia.
- Como es importante disponer de una clasificación transparente de los usos de la tierra para cada año y de un seguimiento verificable y exacto de las categorías a través del tiempo, se debería aportar información sobre las categorías de uso de la tierra.
- Como los datos y modelos de UTCUTS son complejos, el establecimiento de una documentación completa permite la efectiva realización de verificaciones e investigaciones internas de CC y de revisiones externas de GC:

    i) Los fundamentos para la elección de modelos y su coherencia con la *orientación sobre las buenas prácticas* que explica el Capítulo 3 han de ser analizados, documentados y archivados;

ii) En los archivos debería haber documentación facilitada por los creadores de modelos acerca de los supuestos y funcionamientos del modelo, así como de las fuentes de datos, el código fuente (si se dispone de él) y otra información (como análisis de sensibilidad);

iii) La documentación debería incluir datos sobre los procedimientos de GC/CC por los que se rigen los modelos, tanto los procedimientos ya existentes como la documentación proporcionada por los creadores de modelos y las tentativas de instaurar procedimientos suplementarios o ampliados.

5.5.7 Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto

Es una *buena práctica* seguir los procedimientos de CC de Nivel 1 y de Nivel 2 descrito en las Secciones 5.5.3 y 5.5.4 para las estimaciones presentadas conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.[21] La mayoría de los requisitos de GC/CC para las estimaciones de UTCUTS preparadas conforme al Protocolo de Kyoto serán similares a los de cualquier otra estimación del inventario, aunque habrá que hacer verificaciones suplementarias según lo expuesto en el Capítulo 4. A continuación se presenta un resumen de estas verificaciones de CC de Nivel 2:

- Identificar la situación geográfica de las fronteras del área que abarca las tierras sometidas a las actividades con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículos 3 (si se eligiesen). Hay que tener sumo cuidado al informar, con arreglo al Protocolo de Kyoto, sobre la asignación de actividades específicas a las categorías de tierra de que se trate. Para ello, es necesario controlar los cambios en una superficie de tierra de una categoría a otra, cuando tienen lugar sucesivamente diferentes actividades, dentro de un período de compromiso o entre varios períodos conforme al Protocolo de Kyoto. También es importante tener en cuenta los requisitos especiales para la elección de la metodología, tal y como se explica en el Capítulo 4.
- Comprobar la disponibilidad de los datos necesarios para la estimación de la contabilización neto-neto de algunas actividades recogidas en el párrafo 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Es importante documentar las estimaciones tanto para el año de base como para el período de compromiso y, en particular, toda aproximación necesaria de los datos de estimación para el año de base.
- Asegurarse de que los datos históricos se someten a verificaciones de CC y que sean tan rigurosas como para los datos del año actual.
- Verificar los análisis efectuados para determinar que un depósito que no ha sido notificado no es una fuente.

[21] En esta sección sólo se analizan las actividades especificadas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) y no se abordan los proyectos (según los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto).

5.6 COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES Y REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

5.6.1 Introducción

Los inventarios de gases de efecto invernadero para las categorías de UTCUTS se basan generalmente en grandes cantidades de datos de entrada, supuestos y modelos que se agrupan de manera coherente y transparente. Como uno de los aspectos más interesantes de un inventario es su tendencia, es fundamental que los totales estimados para años diferentes sean lo más comparables posible. Según la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*OBP2000*, IPCC, 2000), lo más apropiado es utilizar la misma metodología y las mismas fuentes de datos coherentes para todos los años del inventario. Si esto no fuera posible, la coherencia en las series temporales se puede lograr una aproximación mediante las técnicas que se describen en esta sección. La realización de nuevos cálculos supone cambios en las estimaciones anteriores debidos a las modificaciones de la metodología o a su perfeccionamiento.

Se prevé que el uso de metodologías para la realización de nuevos cálculos en los inventarios de la categoría de UTCUTS será de especialmente importante por dos razones. La primera es que se están desarrollando métodos de inventario e instrumentos de interpolación/extrapolación (modelos) en este sector y se piensa que variarán paulatinamente los métodos de muchos países debido a la complejidad de los procesos que intervienen. Esto será el resultado de cambios en el nivel o de una modificación de los métodos nacionales. La segunda razón por la que son importantes las cuestiones relativas a los nuevos cálculos es que tal vez no se puedan recolectar cada año ciertos datos necesarios para calcular un inventario de las categorías de UTCUTS. Por ejemplo, los datos de un inventario forestal puede que sólo se compilen una vez cada cinco o diez años. En estos casos, se necesitan métodos que permitan extrapolar e interpolar los datos poco frecuentes para desarrollar series temporales anuales.

En esta sección se tratan las cuestiones generales relativas a la coherencia de las series temporales y a la realización de nuevos cálculos en el sector de UTCUTS. En la Sección 5.6.2 se considera el impacto de los cambios de metodología y su perfeccionamiento (bien en lo que respecta a los datos o a los modelos), así como las técnicas asociadas de realización de nuevos cálculos que pueden utilizarse para garantizar la coherencia del inventario en el tiempo. La cuestión de preparar inventarios anuales cuando sólo se dispone de datos con una frecuencia menor (p. ej., cada cinco años) se aborda en la Sección 5.6.3. Las cuestiones relativas al Protocolo de Kyoto se tratan en la Sección 5.6.4.

5.6.2 Coherencia de las series temporales y cambio metodológico

A medida que mejoran los métodos de inventario y se dispone de datos más pertinentes, es una *buena práctica* aplicar esta nueva información si con ello mejoran la fiabilidad y la exactitud del inventario.[22] Cuando se modifican los métodos o los datos de entrada, hay que garantizar que los cambios en el inventario a través de los años reflejen los cambios reales de las emisiones o absorciones y no simplemente las pautas de los perfeccionamientos metodológicos. Así, por ejemplo, si un país cambia de un método de Nivel 1 a un método de nivel superior de un año a otro, toda variación en las emisiones y/o absorciones entre ambos años reflejará tanto la aplicación de métodos diferentes como los cambios reales. Cuando se utilizan diferentes modelos en dos períodos distintos, puede que la serie temporal sea *incoherente* para ambos períodos. El método normalizado para garantizar la coherencia es *volver a calcular* las estimaciones utilizando, si es posible, el mismo método para todos los años del inventario. El propósito de este nuevo cálculo es asegurar que toda la serie temporal refleje los nuevos datos y/o el nuevo método. Si no es posible utilizar los nuevos datos o métodos en toda la serie temporal, habrá que considerar opciones alternativas.

En la Sección 7.3, Nuevos cálculos, de *OBP2000* se describen los métodos para realizar nuevos cálculos y lograr la coherencia en la serie temporal, y debería consultarse para una descripción general de la *orientación sobre las buenas prácticas* en esta esfera. El método presentado en *OBP2000* no es específico de un sector sino que se puede aplicar directamente al sector de UTCUTS. Sin embargo, teniendo en cuenta el perfeccionamiento de los

[22] Los nuevos métodos o datos que no se considera que vayan a mejorar la estimación final del inventario y que, por lo tanto, no se utilizaran, pueden aportar información útil para el análisis de la incertidumbre, la GC y el CC y la verificación.

datos y de los métodos que está experimentando este sector, se espera que el uso de técnicas de nuevos cálculos tenga especial relevancia. Según *OBP2000*, es una *buena práctica volver a calcular* las estimaciones del inventario transmitido previamente cuando:

- *Se han identificado errores en los datos, modelos o métodos del inventario anterior que repercuten en el nivel o en la tendencia del inventario.* Si los errores se corrigen en los inventarios posteriores pero no se llevan a cabo nuevos cálculos para corregir los inventarios anteriores, se presentarán informaciones erróneas sobre el inventario.
- *Los datos disponibles han cambiado*. La disponibilidad de datos es un determinante crítico del método apropiado y, por lo tanto, cambios en los datos disponibles pueden conducir a cambios o mejoras en los métodos. Se espera que la disponibilidad de datos mejore a medida que los organismos encargados del inventario adquieran experiencia y dediquen más recursos a la preparación de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero[23]. No obstante, en general, los organismos encargados de los inventarios deberían elegir métodos y recolectar datos coherentes con la determinación de las categorías esenciales de fuentes y sumideros, como se señala en la Sección 5.4.5.
- *El método utilizado anteriormente no está acorde con la orientación sobre las buenas prácticas para esa categoría de fuente/sumidero* como se describe en los Capítulos 2, 3 o 4.
- *Una categoría de fuente/sumidero ha pasado a ser esencial*. Es posible que una categoría de fuente o sumidero no sea considerada esencial en el año de base, dependiendo de los criterios utilizados, pero pueda convertirse en categoría esencial en un año posterior. Por ejemplo, un país podría poner en marcha programas de forestación que tuvieran como resultado un incremento considerable de las tierras forestadas o experimentar grandes conversiones de áreas forestales en zonas urbanísticas que podrían dar lugar a un aumento considerable de la deforestación. Convendría que los organismos encargados de los inventarios que prevean este tipo de cambios significativos y los cambios consiguientes en los métodos de niveles superiores de una categoría tengan en cuenta esta posibilidad antes de que se transforme en categoría esencial.
- *El método usado anteriormente no es suficiente para reflejar las medidas de mitigación de manera transparente.* A medida que se vayan introduciendo técnicas y tecnologías para reducir las emisiones o para aumentar las absorciones, los organismos encargados de los inventarios deberían usar métodos que sirvan para explicar la disminución resultante de las emisiones o absorciones de una manera transparente. Cuando los métodos que se vienen empleando no son suficientemente transparentes, es una *buena práctica* cambiarlos o mejorarlos.
- *La capacidad para preparar inventarios ha aumentado.* Con el tiempo, la capacidad humana y/o financiera para preparar inventarios puede aumentar. Si los organismos encargados de los inventarios aumentan su capacidad para prepararlos, es una *buena práctica* cambiar o mejorar los métodos a fin de producir estimaciones más exactas, completas o transparentes, en particular las relativas a las categorías esenciales.
- *Se dispone de nuevos métodos.* Cabe esperar que, en el futuro, se conciban nuevos métodos gracias al desarrollo de nuevas tecnologías o a mayores conocimientos científicos. Por ejemplo, mediante la teledetección y la modelización específica del lugar se pueden estimar las emisiones liberadas por las actividades de desbroce de tierras con mayor exactitud que usando simples datos de actividad/factores de emisión acumulados. Los organismos encargados de los inventarios deberían garantizar que sus métodos se conforman a las *Directrices del IPCC* y a la presente Orientación.

Una vez que se ha determinado la necesidad de realizar nuevos cálculos, existe una gran variedad de métodos que pueden considerarse para tratar las posibles incoherencias en la serie temporal. La elección del método que se aplicará para realizar los nuevos cálculos depende por lo general de los datos de que se dispone para efectuar los nuevos cálculos. En *OBP2000* se presentan varios métodos que se resumen en el Cuadro 5.6.1. Los métodos descritos en *OBP2000* se pueden aplicar conceptualmente y en su totalidad al sector de UTCUTS.

[23] En algunas circunstancias se pueden reducir las compilaciones de datos, lo que puede conducir a un cambio o a un perfeccionamiento del método.

CUADRO 5.6.1
RESUMEN DE LOS MÉTODOS PARA OBTENER COHERENCIA EN LAS SERIES TEMPORALES

Método	Aplicabilidad	Comentarios
Nuevo cálculo total	Se dispone de todos los datos necesarios para todos los períodos de tiempo.	• *Buenas prácticas*, si fuera posible
Interpolación	Para recalcular las estimaciones con el nuevo método faltan los datos de algunos de los años discontinuos de la serie temporal.	• Las estimaciones de las emisiones se pueden interpolar linealmente en los períodos en los que no se puede aplicar el nuevo método.
Extrapolación de tendencias	Los datos para el nuevo método no se recolectan cada año y no se dispone de datos del principio o el final de la serie temporal.	• Es más fiable si la tendencia es constante a lo largo del tiempo. • No se debería utilizar si la tendencia está cambiando (en ese caso, es posible que el método de sustitución sea más apropiado). • No se debería utilizar para períodos largos.
Superposición	Es preciso disponer de los datos necesarios para aplicar el método anterior y el método nuevo por lo menos un año.	• Es más fiable cuando se puede evaluar la superposición de dos o más conjuntos de estimaciones de emisiones anuales. • Si la relación que se observa al utilizar los dos métodos es irregular no se debería utilizar este método para los nuevos cálculos.
Sustitución	Los factores de emisión o los datos de actividad empleados en el nuevo método están estrechamente correlacionados con otros datos indicativos bien conocidos y que se obtienen más fácilmente.	• Se deberían probar muchos conjuntos de datos indicativos (solos o en combinación) a fin de determinar los que están más correlacionados. • No se debería utilizar para períodos largos.

No es factible enumerar todas las posibles cuestiones que pueden surgir cuando se hacen nuevos cálculos ni dar recomendaciones detalladas sobre la técnica adecuada para ello en todos los casos posibles. Cada caso ha de tratarse según sus propias características, y la metodología elegida para los nuevos cálculos debería basarse en una compensación entre los costes originados por su aplicación y el impacto global sobre la coherencia de la serie temporal.

Durante los años que puede durar la preparación de un inventario, pueden experimentarse una gran variedad de cambios metodológicos. En los casos simples (p. ej., cuando se pasa de un nivel a otro), el muestreo o la experimentación pueden proporcionar factores de emisión específicos para un país. En este caso, es una *buena práctica* volver a calcular la serie temporal incorporando estos nuevos factores de emisión, junto con los datos de actividad disponibles. También pueden presentarse situaciones más complejas. Por ejemplo:

- Los instrumentos utilizados para recolectar los datos de actividad pueden cambiar con el paso del tiempo y es imposible volver atrás para aplicar un nuevo instrumento. Por ejemplo, las actividades de desbroce de tierras pueden estimarse utilizando imágenes obtenidas por satélite, pero los satélites que se utilizan con este propósito cambian o se degradan con el tiempo. En este caso, es mejor aplicar el método de superposición.
- Puede que no se disponga de determinadas fuentes de datos todos los años debido a restricciones de recursos. En este caso, lo más apropiado puede ser la interpolación entre años o la extrapolación para años posteriores al último año en el que se dispuso de nuevos datos obtenidos por medición.
- Las emisiones y absorciones de UTCUTS dependen por lo general de la actividad del uso de la tierra en el pasado. Por esta razón, los datos deben abarcar un período histórico extenso (20-100 años) aunque la calidad de estos datos a menudo variará en el tiempo. En este caso, pueden ser necesarias las técnicas de superposición, interpolación o extrapolación.
- El cálculo de los factores de emisión requerirá generalmente una combinación de trabajos de muestreo y de modelización. La coherencia de la serie temporal también ha de aplicarse al trabajo de modelización. Los modelos pueden concebirse como un modo de transformar los datos de entrada para producir resultados de salida. En la mayoría de los casos en que se han efectuado cambios en los datos de entrada o en las relaciones matemáticas de un modelo, se ha de volver a calcular toda la serie temporal de estimaciones (véase el Cuadro 5.6.1). En circunstancias en las que esto no es factible, debido a los datos de los que se dispone, se podrían aplicar variantes del método de superposición.

5.6.3 Nuevos cálculos y datos periódicos

Los inventarios nacionales sobre recursos o medio ambiente preparados como, por ejemplo, los inventarios forestales, rara vez cubren todo el país año por año. Por el contrario, suelen llevarse a cabo cada cinco o diez años, o región por región, lo que implica que las estimaciones a escala nacional sólo pueden obtenerse de manera directa una vez que se ha completado el inventario en todas las regiones.

Cuando los datos se obtienen con una frecuencia menor que cada año, se plantean varias cuestiones. La primera, que las estimaciones han de actualizarse cada vez que se obtienen nuevos datos y que los años que se encuentran entre cada obtención de datos tienen que calcularse de nuevo. La segunda cuestión está relacionada con la realización de inventarios para los años posteriores al último año en que se recolectaron datos y antes de volver a obtener nuevos datos. En este caso, se deberían extrapolar las nuevas estimaciones basándose en los datos disponibles y más tarde, cuando se disponga de nuevos datos, deberían calcularse de nuevo.

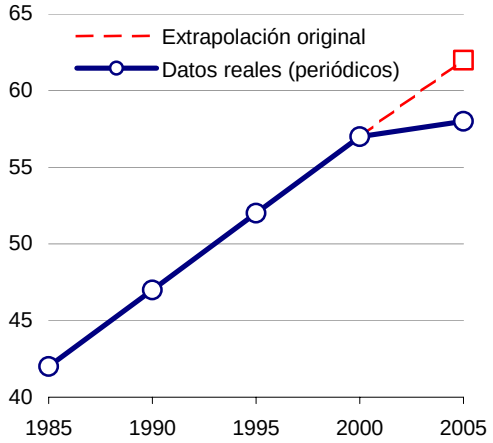
La elección del método para conseguir la coherencia de la serie temporal dependerá de los datos concretos disponibles. Si se dispone de datos de sustitución (es decir, de conjuntos de datos alternativos que puedan utilizarse como datos indirectos para los datos que faltan), estos pueden ser una orientación útil para extrapolar la tendencia en datos periódicos y posteriormente interpolar los mismos datos siguiendo el próximo ciclo de compilación de datos. Si no se dispone de datos de sustitución o de cualquier otra información, la única técnica disponible es extrapolar, con una interpolación recalculada de las estimaciones cuando se disponga de las nuevas observaciones. Por consiguiente, es una *buena práctica* tratar de encontrar datos de sustitución fiables que orienten la extrapolación y la interpolación cuando no se dispone anualmente de los datos fundamentales que se utilizan para las estimaciones del inventario. En los Recuadros 5.6.1 y 5.6.2 se exponen dos ejemplos de métodos prácticos.

RECUADRO 5.6.1
CASO EN QUE EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL SE REALIZA CADA 5 AÑOS

Consideremos un caso en que el inventario forestal nacional se realiza cada cinco años. Las estimaciones de los diferentes tipos de datos necesarios (p. ej., del crecimiento de los árboles) sólo se obtendrán, por lo tanto, a determinados intervalos. En el supuesto de que de unos años a otros el crecimiento sea por término medio bastante estable, las estimaciones del inventario para los años posteriores a la última compilación de datos se han de calcular utilizando extrapolaciones de las estimaciones pasadas (es decir, de las tendencias del crecimiento de los árboles). En la Figura 5.6.1, la estimación de la biomasa de una parcela para 2003 se obtiene de esta manera, a pesar de que la última medición se hizo en 2000. Simplemente, se ha extrapolado linealmente la tendencia entre 1995 y 2000. En la práctica, podría utilizarse una escala logarítmica para dar cabida al comportamiento exponencial, pero tal posibilidad no se ha considerado en este sencillo ejemplo. Asimismo, se puede mejorar la extrapolación utilizando datos de sustitución o modelizaciones más complejas teniendo en cuenta los parámetros que influyan en el parámetro que se quiere extrapolar.

A continuación, una vez que se hayan obtenido los nuevos datos para 2005 (Figura 5.6.1), habrá que volver a calcular las estimaciones para los años intermedios (2001-2004) utilizando el método apropiado (p. ej., una combinación del método de interpolación y del método de sustitución). En este ejemplo, las estimaciones para todos los años intermedios (2001-2004) volverían a calcularse en el caso de que la estimación para 2005 resultase ser más baja que la tendencia extrapolada.

FIGURA 5.6.1
ESTIMACIÓN RECALCULADA PARA 2003 BASADA EN UNA EXTRAPOLACIÓN LINEAL



RECUADRO 5.6.2
EJEMPLO DE MODELIZACIÓN DE LAS EMISIONES DE UN LUGAR EN EL TIEMPO

Consideremos una modelización de las emisiones de un lugar en el tiempo. Esto podría ser útil en un enfoque específico de un país si el inventario se basara en el seguimiento de una muestra o de la población completa de los lugares.

Generalmente, no sería rentable acudir físicamente a todos los lugares una vez por año para evaluar los cambios en el uso de la tierra. En lugar de ello, se pueden utilizar tecnologías de teledetección para medir cambios como la tala, compensando con la mucho mayor cobertura de la técnica la menor precisión de los datos en comparación con las mediciones sobre el terreno. Dados los costes de la adquisición y del procesamiento de los datos teledetectados, podría no ser factible o rentable generar datos por teledetección todos los años. Así pues, se podrían generar cada varios años e interpolar los períodos intermedios.

Cuando se identifica una actividad de tala mediante estudios periódicos o por teledetección, es necesario asignar las emisiones a uno o más años de los que preceden a la actividad. Si se carece de todo tipo de información adicional o de sustitución que indique en qué año o años tuvo lugar la actividad, es una *buena práctica* asignar las emisiones de la actividad de tala en incrementos iguales a cada año. Por ejemplo, si la teledetección muestra que un lugar concreto fue forestado en 1997, pero fue talado en 2000, esto quiere decir que la tala pudo llevarse a cabo en 1998, 1999 o en 2000.

Cuando se dispone de información sustitutiva puede cambiarse el método de análisis. Para hacer estimaciones del período anterior a la obtención por satélite de nuevos datos (es decir, para los inventarios originales de 1999 y 2000), es necesaria la extrapolación de los años anteriores, quizás utilizando registros administrativos. Es una *buena práctica* hacer la extrapolación lo más fiable posible, sujeta a los mejores datos disponibles y a las restricciones de recursos, teniendo en cuenta que las estimaciones se revisarán en el futuro cuando se disponga de información más detallada.

Como extensión del análisis de incertidumbre para esta categoría, la actividad de tala podría ser aleatorizada a uno de los tres años (es decir, asignada a cada año con la probabilidad de 1/3). Del mismo modo, en un análisis de Monte Carlo se podría asignar repetidamente la actividad de tala a un año aleatorio y luego calcular la incertidumbre en las emisiones o absorciones para este sector. Esto incorporaría la incertidumbre adicional del momento exacto de la tala en la estimación. Si se conocen las tasas aproximadas de la tala gracias a los registros administrativos, pueden utilizarse para ajustar las probabilidades de interpolación. Por ejemplo, si se estima que la tasa de la tala en 1998 es dos veces mayor que la de 1999 y 2000, entonces se puede estimar que la probabilidad para el ejemplo anterior es de 1/2 de la tala que se realizó en 1998 y de 1/4 de la tala que se realizó en 1999 o 2000.

5.6.4 Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto

En general, la *buena práctica* para garantizar la coherencia de las series temporales y para realizar nuevos cálculos de las estimaciones de UTCUTS preparadas conforme a la información adicional del Protocolo de Kyoto será similar a la aplicada a las estimaciones de cualquier otro inventario. Sin embargo, hay algunas cuestiones especiales que son específicas de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, y es una *buena práctica* tener en cuenta:

- La necesidad de preparar informes anuales sobre la situación geográfica de las fronteras del área que abarca la tierra en la que se desarrolla la actividad. Durante el período de compromiso establecido en el Protocolo de Kyoto, será necesario actualizar la identificación de tales áreas si se aplican los párrafos 3 y 4 del artículo 3 a nuevas tierras. Por consiguiente, será necesario garantizar la representación coherente de estas áreas durante el período que se extiende desde la fecha actual hasta 1990 o al principio de cualquier tipo de actividad con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3, así como registrar de manera adecuada los cambios existentes entre las categorías de esas tierras. Es una *buena práctica* utilizar los métodos descritos en la Sección 5.6.
- La necesidad de hacer nuevos cálculos debido a la información actualizada sobre datos no anuales (para una descripción más detallada sobre cómo proceder con datos no anuales véase el Capítulo 4).

5.6.5 Presentación de informes y documentación

En todos los casos, los cálculos realizados para asegurar la coherencia de la serie temporal deberían documentarse de manera exhaustiva, dados los complicados procesos y las grandes escalas geográficas y temporales que generalmente intervienen en el sector de UTCUTS. La *orientación sobre las buenas prácticas* presentada en *OBP2000* en lo que respecta a la documentación sobre la coherencia de las series temporales se aplica por completo a este sector. En *OBP2000* se expone que una documentación transparente de los nuevos cálculos es esencial si se quiere obtener estimaciones de las emisiones transparentes y si se quiere demostrar que los nuevos cálculos ofrecen una mayor exactitud y exhaustividad. En general, cuando se preparan nuevos cálculos, se debe proporcionar la siguiente información:

- El efecto de los nuevos cálculos en el nivel y la tendencia de la estimación (aportando las estimaciones preparadas con el método anterior y el nuevo).
- El motivo de la realización de nuevos cálculos (para más información sobre la cuestión véase la Sección 7.2.1, Métodos cuantitativos para identificar las categorías esenciales de fuentes, de *OBP2000*).
- Una descripción de los datos, modelos, supuestos, valores de factor y/o métodos cambiados o mejorados.
- Justificación del cambio o mejoramiento metodológico en términos de mayor exactitud, transparencia o exhaustividad.
- El método utilizado para recalcular estimaciones anteriores.
- Las razones que fundamentan la selección del método, entre ellas una comparación de los resultados obtenidos empleando el método seleccionado y sus posibles alternativas, incluyendo de ser posible un simple gráfico de las emisiones o absorciones en función del tiempo o de los datos de actividad pertinentes, o de ambos.

5.7 VERIFICACIÓN

5.7.1 Introducción

Con la verificación de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero se trata de establecer su fiabilidad y de comprobar la exactitud de los resultados presentados utilizando medios independientes. La verificación puede realizarse a varios niveles: de proyecto, nacional e internacional.

Los objetivos globales de la verificación son:

- Hacer aportaciones para mejorar los inventarios;
- Crear confianza sobre las estimaciones y las tendencias;
- Contribuir a mejorar la comprensión científica con respecto a los inventarios de emisiones.

Estos objetivos pueden alcanzarse mediante comprobaciones internas y externas del inventario. Generalmente, la verificación interna suelen efectuarla los organismos encargados de los inventarios, mientras que la verificación externa suelen efectuarla otros organismos (p. ej., otros organismos gubernamentales, empresas privadas, grupos de investigación, científicos independientes u organizaciones no gubernamentales).

En el glosario incluido en la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (*OBP2000*, IPCC 2000) se define lo que se entiende por verificación tal y como se recoge en el Recuadro 5.7.1 (véase también el glosario de *OBP2000*):

RECUADRO 5.7.1
DEFINICIÓN DE VERIFICACIÓN PARA LOS INVENTARIOS

La verificación se refiere al conjunto de actividades y procedimientos que pueden llevarse a cabo durante la planificación y la elaboración de un inventario, o después de terminarlo, y que pueden contribuir a establecer su fiabilidad para los usos que se le pretende dar a ese inventario.

En general, la verificación, tal y como se analiza en el Anexo 2, Verificación, de *OBP2000* también puede aplicarse al sector de UTCUTS. Existen muchos procedimientos para realizar la verificación, entre ellos: la comparación de las estimaciones del inventario con evaluaciones, procedimientos y conjuntos de datos independientes; la revisión por un organismo público o por especialistas; y las mediciones directas de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Entre los diferentes procedimientos de verificación también puede considerarse el examen de determinados aspectos del inventario, como los datos en los que se basa (compilación, transcripción y análisis), los factores de emisión, los datos de actividad, los supuestos y las reglas utilizadas en los cálculos (idoneidad y aplicación de los métodos, así como los modelos), y procedimientos de escala ascendente. Independientemente del procedimiento de verificación que se emplee o de los aspectos del inventario que se quiera verificar, es una *buena práctica* efectuar la verificación utilizando datos y métodos independientes de los que se han empleado en la preparación del inventario.

Hasta cierto punto, se necesitan procedimientos de verificación específicos para el sector de UTCUTS debido a la singularidad de los métodos de estimación. Lo ideal es que la verificación de las actividades de UTCUTS se basara en la contabilidad completa de las emisiones y absorciones a escala nacional, obtenidas mediante métodos independientes a niveles diferentes, y, de ser posible, complementada con procedimientos descendentes basados en mediciones atmosféricas. Una verificación de este tipo sería compleja y requeriría muchos recursos, por lo que posiblemente será efectuada por grupos y/o programas de investigación. Es más probable que los organismos encargados de los inventarios apliquen algunos procedimientos de verificación más limitados o traten de atender sus necesidades de verificación mediante actividades de investigación ya en curso. Los procedimientos de verificación externa que se describen en esta sección pueden ayudar a los organismos encargados de los inventarios a evaluar sus resultados.

En esta sección se presenta una serie de procedimientos de verificación y se dan orientaciones prácticas sobre cómo aplicarlos a la totalidad del inventario nacional o a partes del mismo. En la Sección 5.7.2 se describen algunos de los procedimientos existentes para verificar las estimaciones del inventario y/o los datos en los que se basan. En la Sección 5.7.3 figuran recomendaciones prácticas para la verificación de los inventarios de UTCUTS. En la Sección 5.7.4 se analizan algunas de las cuestiones de verificación específicas del Protocolo de

Kyoto.[24] En la Sección 5.7.5 se abordan las cuestiones relativas a la presentación de informes y a la documentación. La GC y el CC están muy relacionados con la verificación, por lo que se aborda en la Sección 5.5 de este capítulo. Por último, en la Sección 5.7.6 se exponen algunos detalles relacionados con la aplicación de los procedimientos de verificación.

5.7.2 Procedimientos de verificación

Un organismo (o grupo externo) encargado de un inventario puede decidir verificar la totalidad del inventario, una parte de él o los datos y modelos a partir de los cuales se han calculado sus estimaciones. En esta sección se describen los procedimientos que pueden utilizarse para verificar las estimaciones de un inventario, incluidas algunas técnicas que permiten verificar todo el inventario y otras muchas que pueden utilizarse para verificar elementos seleccionados del mismo. Entre los criterios para seleccionar los procedimientos de verificación figuran: el nivel de interés, los costes, el nivel de exactitud y de precisión deseado, la complejidad del diseño y de la aplicación de los procedimientos de verificación y los conocimientos necesarios para hacerla. Para cada método se detalla una descripción técnica en la que se hace referencia a su aplicabilidad (p. ej., para una categoría particular, para tipos de datos). También se dan orientaciones para la aplicación del método; el Cuadro 5.7.1 contiene información que puede ser útil para identificar los procedimientos más adecuados según las categorías y los datos de entrada. En este cuadro se presentan los procedimientos de verificación apropiados para la clasificación de las superficies de tierra, los principales depósitos de carbono y los gases distintos del CO_2, aunque la enumeración no es exhaustiva. La aplicabilidad general de los procedimientos de verificación para estimar las emisiones y absorciones del sector de UTCUTS a fin de presentar informes conforme al Protocolo de Kyoto se describe en la Sección 5.7.4.

Generalmente, las emisiones y absorciones más importantes en relación con el sector de UTCUTS son de dióxido de carbono (CO_2). Sin embargo, el sector de UTCUTS también comprende gases de efecto invernadero distintos del CO_2 (principalmente emisiones) liberados por la fertilización de los bosques, las actividades de desbroce de tierras, la preparación del suelo para la forestación/reforestación, la gestión de praderas y tierras agrícolas, y otras prácticas. Entre estos gases de efecto invernadero distintos del CO_2 están el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC). Las emisiones y absorciones de CO_2 pueden determinarse y verificarse directamente en función de los cambios experimentados en los depósitos de carbono en la biomasa o en los suelos. En lo que respecta a los gases distintos del CO_2, se pueden medir sus flujos a fin de verificar las estimaciones de las emisiones anuales.

Para verificar las estimaciones de emisiones y absorciones en el sector de UTCUTS se pueden utilizar muchos procedimientos. Un ejercicio de verificación global puede consistir en comparaciones de los resultados a diferentes escalas geográficas, desde la escala regional hasta la mundial. Sin embargo, este tipo de examen requiere bastante tiempo, de manera que probablemente abarque varios años y no uno solo. En comparación con las emisiones liberadas por los combustibles fósiles, es más difícil evaluar las actividades de UTCUTS en cortos períodos, ya que a menudo es difícil controlar el carbono biosférico, y su compensación es lenta. Por consiguiente, para evaluar el impacto neto de las actividades humanas en el carbono biosférico hay que adoptar una perspectiva a largo plazo (Nilsson *et al*. 2001).

En el Cuadro 5.7.1 se resume la aplicabilidad de una serie de procedimientos de verificación a diferentes aspectos de la estimación del inventario de UTCUTS. A continuación, se presentan descripciones más detalladas de dichos procedimientos.

PROCEDIMIENTO 1: COMPARACIÓN CON OTRA INFORMACIÓN

La comparación del inventario de UTCUTS con otros inventarios o conjuntos de datos compilados de manera independiente puede ser un medio de verificación útil y eficaz. En este procedimiento son posibles dos tipos generales de verificación: la comparación con inventarios independientes (procedimiento 1a) o la comparación con programas y conjuntos de datos internacionales (procedimiento 1b).

Procedimiento 1a: Comparación con inventarios independientes

En algunos países, se pueden verificar las estimaciones nacionales de UTCUTS preparadas por el organismo encargado del inventario con inventarios compilados por otras organizaciones (es decir, por otros organismos nacionales, regionales/provinciales u organizaciones de investigación, etc.). Este tipo de inventarios externos

[24] La verificabilidad es un requisito recogido en el párrafo 3 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto y en el párrafo 17 del Anexo del proyecto de decisión sobre UTCUTS aprobado en Marrakesh, en el que se hace referencia a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo (véase FCCC/CP/2001/13/Add.1, página 65).

puede utilizarse en los procesos de verificación siempre y cuando sus estimaciones no estén basadas en los mismos datos que las del inventario que se está verificando y se puedan evaluar las relaciones existentes entre los sectores y las categorías en los diferentes inventarios. A este respecto, es una *buena práctica* asegurarse de que no se ha utilizado el mismo conjunto de datos para calcular/estimar algunas de las categorías de UTCUTS ya presentadas. Cuando se comparan inventarios independientes, también es importante tener en cuenta las incertidumbres que puede haber en las estimaciones.

Otro procedimiento de verificación eficaz consiste en comparar información de los inventarios entre países o grupos de países. Esta comparación podría efectuarse para verificar las estimaciones globales de categorías particulares de fuente/sumidero, los supuestos por defecto y/o los datos utilizados para compilar el inventario nacional. La aplicación de este procedimiento puede resultar bastante económica, pero hay que procurar que las características de los países seleccionados sean efectivamente comparables (es decir, han de tener un clima y un bioma similares). En algunos casos, los datos basados en inventarios procedentes de otros países pueden corresponder mejor a las circunstancias nacionales que los calculados con factores de emisión por defecto o con datos de actividad generales, y pueden utilizarse a su vez para mejorar el inventario.

La comparación de datos o estimaciones de un inventario con otros inventarios puede ser un procedimiento de verificación económico y bastante sencillo. En general, no precisa de técnicos cualificados ni de personal muy especializado, sobre todo en comparación con los requisitos de procedimientos como la teledetección o la modelización. Puede aplicarse a todos los elementos de una estimación, incluso a la clasificación de las áreas de tierra, inventarios de varios depósitos de carbono, estimaciones de gases distintos del CO_2 y actividades como la forestación, la reforestación y la deforestación. El principal factor que determina su aplicabilidad es disponer de otros inventarios para efectuar la comparación. Es una *buena práctica* aplicar este procedimiento si se dispone de esos inventarios. Si con estas comparaciones se identifican diferencias significativas, se deberían investigar las causas, a fin de interpretar correctamente los resultados y señalar posibles áreas del inventario que deberían someterse a otros exámenes.

CUADRO 5.7.1
APLICABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

	Procedimiento 1 **Comparación con otros inventarios y conjuntos de datos independientes**	**Procedimiento 2** **Aplicación de métodos de nivel superior**	**Procedimiento 3** **Mediciones directas**	**Procedimiento 4** **Teledetección**	**Procedimiento 5** **Modelización**
Área de tierra	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	No aplicable	Adecuado	No aplicable
Depósitos de carbono					
Biomasa sobre el suelo	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	Adecuado (se necesitan datos en tierra)	Adecuado (modelos de regresión, de ecosistema y del crecimiento)
Biomasa bajo el suelo	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Adecuado (modelos de regresión, de ecosistema y del crecimiento)
Madera muerta	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Aplicable (modelos basados en el ecosistema y en el inventario)
Detritus	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Aplicable (modelos basados en el ecosistema y en el inventario)

CUADRO 5.7.1 (CONTINUACIÓN)
APLICABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

	Procedimiento 1 **Comparación con otros inventarios y conjuntos de datos independientes**	**Procedimiento 2** **Aplicación de métodos de nivel superior**	**Procedimiento 3** **Mediciones directas**	**Procedimiento 4** **Teledetección**	**Procedimiento 5** **Modelización**
Materia orgánica del suelo	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Aplicable (modelos basados en el ecosistema y en el inventario)
Gases de efecto invernadero distintos del CO_2	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Adecuado (modelos de ecosistema)
Factores de emisión	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Adecuado (modelos de ecosistema)
Informe basado en la actividad/tipos de tierra					
Bosque, pradera, tierras agrícolas, otros usos de la tierra	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	Adecuado, en particular para identificar la cubierta terrestre/el uso de la tierra y sus cambios	Adecuado, necesita muchos datos, puede ser un procedimiento alternativo cuando no se dispone de estimaciones obtenidas por mediciones directas ni por teledetección
Proyectos de forestación, reforestación, deforestación	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	Adecuado, en particular para identificar la cubierta terrestre/el uso de la tierra y sus cambios	No práctico

Procedimiento 1b: Comparaciones con programas y conjuntos de datos internacionales

En la actualidad hay en marcha varias iniciativas de investigación y de control en el ámbito internacional, tanto a escala regional/continental (proyectos de investigación, redes de control, etc.) como a escala mundial (teledetección de la biosfera, centro mundial de archivo de datos, redes interregionales de iniciativas similares de investigación, etc.).

En lo que respecta al sector de UTCUTS, la mayor parte de esta investigación está relacionada con la cuantificación de la función de los ecosistemas terrestres, en particular, de los bosques, en el ciclo del carbono, desde el ecosistema hasta una escala global. A este respecto, muchos de los resultados obtenidos a través de las redes de investigación y de control podrían ser pertinentes para la verificación de los resultados presentados sobre UTCUTS, así como para otras cuestiones multisectoriales como las relacionadas con la GC y el CC y con las incertidumbres.

La escala y el nivel de agregación (nacional, regional, etc.) de los datos y de la información que pueden obtenerse de este tipo de programas y de conjuntos de datos pueden ser útiles en diferentes etapas y niveles del proceso de verificación (auditorías internas y externas, comparación con los datos compilados por otros organismos, etc.).

Al igual que en el procedimiento 1a, la comparación de datos o estimaciones del inventario con conjuntos de datos independientes puede ser un procedimiento de verificación sencillo y económico que puede aplicarse a cualquier elemento del inventario para el que existe una fuente de datos alternativa. Generalmente, suele aplicarse más a menudo a la clasificación de áreas de tierra, aunque también puede utilizarse para verificar elementos seleccionados de las estimaciones de depósitos de carbono, gases de efecto invernadero distintos del CO_2 y actividades, mientras que los datos procedentes de redes de investigación pueden utilizarse para verificar los datos específicos de un país (factores de emisión). Como ya se ha señalado para el procedimiento anterior, cuando se utiliza un conjunto de datos internacionales con fines de verificación, es una *buena práctica* asegurarse de que el mismo conjunto de datos no se ha empleado ya para calcular o estimar algún elemento de la categoría de UTCUTS notificada. Esta situación puede ocurrir sobre todo cuando los programas y conjuntos de datos internacionales de los que se dispone se han extraído de estadísticas nacionales o incluyen los resultados de estudios específicos llevados a cabo en el territorio del país que planea utilizar los datos para verificación. El análisis de las eventuales diferencias que surjan de la comparación del inventario con los inventarios y conjuntos de datos internacionales disponibles debería centrarse en particular en la identificación de las posibles razones de tales diferencias, con el objetivo final de una mejora global del inventario. En el Recuadro 5.7.6, Enlaces y redes de interés para UTCUTS, de la Sección 5.7.6, se indican los enlaces de Internet para acceder a algunos programas y conjuntos de datos internacionales que pueden ser útiles con fines de verificación . Otros enlaces útiles para acceder a fuentes de datos sobre el uso de la tierra/cubierta terrestre pueden encontrarse en el Capítulo 2, Anexo 2.A.2, Ejemplos de conjuntos de datos internacionales sobre la cubierta terrestre.

PROCEDIMIENTO 2: APLICACIÓN DE MÉTODOS DE NIVEL SUPERIOR

Puede ocurrir que un país no posea suficientes datos o recursos para utilizar métodos de nivel superior en su inventario total de emisiones y absorciones procedentes de todas las categorías del sector de UTCUTS. Sin embargo, a veces, el país puede tener acceso a conjuntos de datos más completos para áreas específicas (p. ej., una región o subcategoría). En tal caso, el país podría llevar a cabo la verificación de una parte de sus estimaciones utilizando un método de nivel superior. Así, por ejemplo, si las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero procedentes de bosques gestionados se han estimado con métodos de Nivel 1, el organismo encargado del inventario puede considerar la posibilidad de realizar la verificación aplicando, en una parcela de la superficie forestada, datos específicos de un país (Nivel 2 o Nivel 3). En este caso, las ecuaciones de la biomasa y del crecimiento tendrían que estar disponibles o, de no ser así, tendrían que efectuarse en las áreas seleccionadas al menos para condiciones de crecimiento homogéneas (bioma, regiones climáticas), clases de edad de los bosques y regímenes de gestión.

La aplicación de métodos de nivel superior en partes de un inventario puede ser una técnica de verificación efectiva si se dispone de los datos necesarios, derivados del método más detallado. Este procedimiento puede aplicarse a una gran variedad de escalas, desde el nivel de la parcela hasta el nivel del país. Los costes variarán dependiendo de la envergadura de la verificación. En general, el desarrollo de estimaciones de nivel superior para la verificación puede ser bastante sencillo y pueden utilizarse los conocimientos técnicos ya disponibles sobre el inventario. Una cuestión esencial con respecto a este procedimiento es si se han de usar las estimaciones parciales de nivel superior como una parte del propio inventario o como un procedimiento de verificación.

PROCEDIMIENTO 3: MEDICIONES DIRECTAS DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las mediciones directas constituyen un procedimiento de verificación para varios depósitos de carbono, así como para las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 y para las actividades de UTCUTS. Sin embargo, este procedimiento no es por lo general aplicable a la verificación de la clasificación de áreas terrestres. La escala del procedimiento puede variar del nivel de parcela al nivel nacional. A escala limitada, las mediciones directas pueden proporcionar factores por defecto y datos de actividad específicos de un país, mientras que los procedimientos a escalas mayores pueden utilizarse para verificar estimaciones sectoriales y actividades específicas. Los costes pueden variar sustancialmente, según el tamaño de la muestra y la exactitud deseada. Con una muestra de gran tamaño, la exactitud puede ser bastante alta. Cuando se aplica este procedimiento, las mayores dificultades consisten generalmente en concebir la estrategia de muestreo y los protocolos de medición. Una vez que se ha creado la infraestructura, las compilaciones de mediciones no presentan en general ninguna dificultad técnica, aunque pueden requerir mucho personal.

Cuando se efectúan mediciones directas de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el sector de UTCUTS, hay que considerar de manera adecuada la variabilidad temporal y espacial, ya que las emisiones/absorciones en determinado año no indican necesariamente las tendencias a largo plazo. Esto se debe a que la mayoría de las emisiones y absorciones en el sector están relacionadas con procesos biológicos y sujetas a la variabilidad climática. El problema puede solucionarse parcialmente utilizando mediciones medias y cumulativas o procediendo a una suavización durante varios años para obtener resultados representativos.

Además, hay que destacar que el efecto de la variabilidad interanual de los datos tiende a disminuir a medida que se consideran áreas más extensas. Por lo tanto, las mediciones directas en áreas más extensas o con intervalos de medición más largos pueden reflejar mejor el efecto de las prácticas de gestión (véase el Capítulo 4, Sección 4.2.3.7, Variabilidad interanual). A pesar de los problemas que plantea el uso de mediciones directas como instrumento de verificación, pueden tener alguna utilidad para verificar las estimaciones y los datos en los que se basan para el sector de UTCUTS, como se describe a continuación.

Biomasa viva (biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)

Las variaciones notificadas en el carbono almacenado en la biomasa pueden verificarse mediante **mediciones directas de los cambios de los depósitos**. Las técnicas de que se dispone permiten realizar mediciones bastante exactas de los cambios en la biomasa sobre el suelo a intervalos periódicos, aunque, en los bosques maduros, los cambios anuales pueden ser pequeños con respecto al tamaño del depósito. También se dispone de métodos para estimar la biomasa bajo el suelo, aunque el muestreo resulta más difícil que para estimar la biomasa sobre el suelo. Este procedimiento puede utilizarse particularmente en bosques, aunque también es adecuado para estimar los cambios de la biomasa viva en otros usos de la tierra que contienen biomasa boscosa, aunque no correspondan a la definición de tierra forestal (p. ej., sistemas agroforestales, praderas repobladas vegetalmente, etc.).

Existen diferentes maneras de emplear las mediciones directas para verificar las estimaciones de la biomasa. Por ejemplo, un país puede decidir compilar datos para un inventario forestal mediante mediciones directas con una frecuencia mayor de lo normal, por ejemplo, a intervalos de 5 a 10 años, para una submuestra seleccionada de parcelas o para una región. Un organismo encargado de un inventario puede también utilizar mediciones directas para derivar las relaciones alométricas locales, entre ellas, la biomasa bajo el suelo, que podrían emplearse para verificar los cambios del depósito para todo el componente de biomasa viva. Las mediciones directas también podrían utilizarse como instrumento de verificación para las extensiones forestales jóvenes o tierras que están experimentando un rebrote de la biomasa, ya que las ecuaciones alométricas disponibles y los factores de expansión de la biomasa normalmente no se pueden aplicar a estos depósitos. Los **estudios de ecosistema** disponibles podrían utilizarse para derivar los factores de expansión de la biomasa de cada especie que podrían compararse con los factores por defecto utilizados en la presentación de los resultados, así como para comprobar la tasa de crecimiento de determinados tipos de bosques.

Materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)

Al igual que para la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, las reservas de materia orgánica muerta (detritus y madera muerta) también pueden estimarse mediante mediciones directas. Sin embargo, en los bosques, los depósitos de detritus y de madera muerta son muy variables tanto en el tiempo como en el espacio (p. ej., cambios estacionales en el mantillo, cambios súbitos debidos a alteraciones naturales o humanas), por lo que se necesitaría un esquema de muestreo adecuado para evaluar de forma exacta los depósitos de materia orgánica muerta. Parece ser que los depósitos de detritus no están experimentando cambios significativos en los bosques maduros, de manera que la verificación debería efectuarse preferiblemente en zonas forestadas/reforestadas y en extensiones forestales en las que se estén realizando operaciones de gestión importantes como la explotación, la preparación de sitios, el aclareo, etc.

Generalmente, los estudios de ecosistema miden la acumulación de detritus sobre el suelo utilizando redes para atraparlos (follaje y ramitas) y los depósitos de detritus mediante su recolección en varias parcelas (también para la madera muerta gruesa). Este tipo de estudios, si se puede obtener, podría servir para examinar los factores por defecto de Nivel 1 empleados finalmente para la presentación de los informes.

Suelos (materia orgánica del suelo)

También pueden verificarse las emisiones y absorciones procedentes de los **suelos**. Como para la biomasa sobre el suelo, se dispone de métodos sensibles para estimar los depósitos de carbono en el suelo. Un muestreo repetido del suelo en un área o región determinada o a escala nacional puede ser un procedimiento pertinente para detectar posibles variaciones en el carbono del suelo en diferentes usos de la tierra (bosques, praderas, tierras agrícolas). Sin embargo, para los ecosistemas que no están experimentando cambios en el uso de la tierra o que no están sujetos a operaciones de gestión significativas (p. ej., explotación de un bosque maduro, mejora de una pradera, labranza de las tierras agrícolas, etc.), las variaciones en las reservas de carbono en el suelo podrían ser pequeños y difíciles de evaluar con exactitud en cortos períodos.

Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de los suelos pueden medirse en varios puntos de muestreo de una parcela utilizando sistemas portátiles o transportables de muestreo de gases (cubetas y analizador de gases). A continuación, las mediciones en los puntos de muestreo tendrían que ascender a los niveles superiores de parcela/ecosistema, teniendo en cuenta la importante variabilidad espacial que caracteriza a las emisiones y absorciones de gases procedentes de los suelos. Tanto el CO_2 como otros gases de efecto invernadero (N_2O, CH_4) se han medido con este procedimiento (Butterbach-Bahl *et al.*, 2002; Janssens *et al*, 2001). Las mediciones directas de los flujos de gases de efecto invernadero obtenidas de este modo también

pueden ser útiles para comparar emisiones antes y después de aplicar una práctica de gestión específica (Steinkamp *et al*., 2001; Butterbach-Bahl y Papen, 2002). Los valores medidos directamente pueden usarse para verificar los factores de emisión por defecto que se hayan utilizado finalmente en niveles inferiores.

La verificación de las variaciones del carbono en el suelo en tierras en las que se está experimentando una transición de uso puede realizarse comparando los depósitos de carbono registrados en las tierras en que ha habido transición con depósitos de carbono de tierras en las que prevalece el mismo uso de la tierra. En tal caso, hay que asegurarse de que los lugares pareados estén bien equiparados en cuanto a los factores que pueden influir en las tasas de renovación del carbono en el suelo (p. ej., el tipo de suelo, la vegetación autóctona, el drenaje, la topografía, etc.).

Mediciones de los flujos de gases de efecto invernadero a escala del ecosistema

Las mediciones directas de los **flujos de gases de efecto invernadero a escala del ecosistema** pueden utilizarse para verificar, a escala local, los cambios registrados en los depósitos de carbono. Estas observaciones de los flujos se suelen llevar a cabo mediante técnicas micrometeorológicas como la covarianza turbulenta, utilizando torres de dosel colocadas en el interior de los bosques o de otros ecosistemas, principalmente para efectuar mediciones de los intercambios de CO_2 (Aubinet *et al*., 2000). Generalmente, estas mediciones suministran datos acerca del intercambio neto entre ecosistemas (INE, véase la nota 26). Este procedimiento es pertinente para una estimación completa de las emisiones y absorciones de carbono a escala de parcela/ecosistema y aporta datos que pueden compararse con los datos de actividad/factores de emisión y valores por defecto utilizados para derivar las emisiones/absorciones para una categoría particular de UTCUTS. Sin embargo, existen limitaciones en la extrapolación de estos resultados a escala regional y nacional, porque habrá que tener muy en cuenta la variabilidad temporal y espacial, las tendencias a largo plazo y las alteraciones (Körner, 2003). Las mediciones directas de los flujos netos del ecosistema requieren inversiones considerables en equipos tecnológicos y no se pueden efectuar en todos los lugares (depende de la topografía, la vegetación y la estructura del dosel). Una vez realizadas, esas mediciones pueden efectuarse continuamente, de forma que aporten una estimación de la variabilidad interanual del balance de emisiones y absorciones de CO_2 en un ecosistema determinado. Debido a su complejidad, es probable que los flujos del ecosistema sean medidos por institutos o redes de investigación. Si se dispone de este tipo de experimentos en un país, el organismo encargado del inventario puede considerar la posibilidad de utilizar estos resultados en el proceso de verificación.

PROCEDIMIENTO 4: TELEDETECCIÓN

La teledetección es un procedimiento eficaz para verificar la atribución de la cubierta terrestre/uso de la tierra, la detección de cambios en la cubierta terrestre y las estimaciones de las áreas de tierra en situación de conversión o de abandono. La teledetección puede utilizarse además para estimar los cambios en la biomasa sobre el suelo. A continuación se describen ambas aplicaciones de la teledetección en el proceso de verificación. La teledetección no es aplicable a la verificación de la biomasa bajo el suelo, de los detritus, de la madera muerta o de la materia orgánica del suelo.

La teledetección puede emplearse a escalas que van del nivel de la parcela al nivel continental. Sin embargo, extraer información exacta y repetible de imágenes obtenidas por teledetección puede ser una tarea difícil que probablemente requiera conocimientos técnicos considerables. Los costes dependerán de la envergadura y de la escala del programa. Pueden ser relativamente bajos si se dispone de datos ya archivados. En cambio, si hay que realizar mediciones frecuentes y hacer una interpretación minuciosa de los datos, pueden aumentar sustancialmente los costes y la necesidad de conocimientos técnicos. Entre otros factores, la exactitud de la teledetección dependerá de su escala y de la fuente de las imágenes. Generalmente, puede ser bastante exacta, pero la verificación en tierra es necesaria para mejorar la precisión de los resultados.

Procedimiento 4a: Teledetección para verificar el uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra

La teledetección es el instrumento más directo que puede utilizarse para la verificación de las áreas en que bosques y praderas se convierten en otros tipos de usos de la tierra (tierras agrícolas, asentamientos, etc.), y hay abandono de las tierras gestionadas, y para la detección de incendios (que es uno de los principales factores que causan conversiones en los trópicos). Sin embargo, si un país ha utilizado técnicas de teledetección para la representación coherente de las áreas de tierra (véase el Capítulo 2, Sección 2.4.4.1) o para la atribución del uso de la tierra y actividades relacionadas con aspectos específicos del Protocolo de Kyoto (véase el Capítulo 4, Sección 4.2.2), hay que asegurarse de que los datos de teledetección utilizados para la verificación son independientes de los que se usaron para preparar el inventario. Desde un punto de vista técnico, la teledetección puede ser considerada como una verificación ex post, con la que se comparan estudios consecutivos llevados a cabo en años diferentes.

También es importante a su vez tener presente que, aunque en muchos casos la teledetección detectará fácilmente los cambios en la *cubierta terrestre* (p. ej., el paso de una cubierta vegetal al suelo desnudo), puede

que no siempre aporte información adecuada y exacta sobre los cambios en el *uso de la tierra* o en los *tipos de vegetación* (p. ej., de un cultivo A a un cultivo B).[25] Por ejemplo, la detección de cortas en los bosques basada en datos de teledetección aislados es relativamente fácil, pero es más difícil distinguir si estas cortas forman parte de una ordenación forestal en curso o representan una deforestación (véase también el Capítulo 4, Sección 4.2.6.2.1). Del mismo modo, se ha demostrado que es difícil separar los bosques de pinos no gestionados de los bosques de plantaciones coníferas gestionados, con una fiabilidad de sólo un 50% aproximadamente (Okuda y Nakane, 1988). La distinción entre diferentes tipos de cultivo es otra esfera en la que la teledetección puede tener dificultades. A veces, se puede resolver este problema combinando una observación frecuente mediante sensores de resolución espacial moderada y una observación detallada con sensores de alta resolución.

A causa de las interacciones con la atmósfera y, en particular, con las nubes, el uso de datos obtenidos por teledetección óptica puede tener una eficacia limitada en ciertas regiones de la tierra (p. ej., en las zonas boreales y tropicales) o en algunos períodos del año. A este respecto, los sensores del radar de apertura sintética (SAR) se adaptan mejor a este propósito, ya que la adquisición de datos puede realizarse independientemente de que el cielo esté despejado o cubierto. Sin embargo, aun utilizando nuevos sensores como los del SAR, sería difícil estimar o verificar anualmente los cambios en el uso de la tierra y en la cubierta terrestre. Esta dificultad proviene en parte de la cantidad de recursos (personal y fondos) que se necesita para la estimación o verificación. No obstante, dada la mejora de la resolución temporal y espacial de los sensores instalados en los satélites, la detección de cambios repentinos y/o recientes en el uso de la tierra o en la cubierta terrestre podrá ser posible anualmente o incluso con una frecuencia mayor.

Procedimiento 4b: Teledetección para verificar los cambios en la biomasa viva

La teledetección por satélite y las imágenes que produce también pueden ser apropiadas para evaluar la biomasa y los cambios de biomasa a nivel de ecosistema principal (p. ej., relación de praderas y bosques). Las reservas de carbono en los bosques pueden estimarse usando correlaciones entre los datos obtenidos por imagen espectral y la biomasa, siempre y cuando se disponga de los datos adecuados (que no hayan sido usados en las estimaciones del inventario) para representar el conjunto de los biomas forestales y de los regímenes de gestión para los cuales se requieren estimaciones (Trotter *et al.* 1997). Las ecuaciones de correlación pueden sufrir la influencia de varios parámetros (tipo de dosel y de subsuelo, estación del año, iluminación, geometría observada por satélite) (Okuda *et al*., 2003) y, generalmente, tienen que concebirse de manera específica para cada tipo de bosque. Además, los índices de vegetación (p. ej., el índice de diferencia normalizada de vegetación, NDVI) también se han utilizado para la estimación de la biomasa sobre el suelo (para una presentación general de estos índices véase la Sección 5.7.6).

Otro procedimiento consiste en emplear datos obtenidos por radar de apertura sintética (SAR) que aporten información estructural, en lugar de información espectral, acerca de la cubierta terrestre controlada. Para algunos tipos de bosques, la biomasa boscosa puede estimarse con bastante exactitud utilizando las relaciones entre la biomasa y la intensidad del radar (amplitud, retrodispersión) (Rauste *et al*., 1994; Foody *et al*., 1997; Luckman *et al*., 1998; Saatchi *et al*., 2000; Terhikki Manninen y Ulander, 2001) o de manera indirecta, por ejemplo, uniendo las alturas de los árboles derivadas por SAR con relaciones alométricas derivadas *in situ*. Los datos obtenidos por SAR son adecuados para evaluar los cambios graduales relativos en las reservas de biomasa sobre el suelo entre dos o más puntos en el tiempo, sobre todo cuando los cambios son importantes. Las secuencias temporales permiten, mejor que las imágenes tomadas en una sola fecha, la caracterización de las tendencias de los cambios y minimizar los errores en las estimaciones.

Tanto los sensores ópticos como los sensores SAR tienen limitaciones en terrenos topográficos accidentados y en superficies con una cubierta de dosel heterogénea. El nivel de exactitud de los datos obtenidos por teledetección varía según las características geométricas y radiométricas de los sensores y según los cambios en la calibración del sensor a lo largo del tiempo. Los datos derivados de imágenes deberían elegirse según la escala geográfica del área de estudio y del grado de resolución deseado. En el Cuadro 5.7.2 de la Sección 5.7.6 se enumeran las especificaciones de varios sensores instalados en satélites (tipo de sensor, resolución espacial, disponibilidad, etc.).

Otros procedimientos para la verificación de superficies y de biomasa que utilizan datos derivados de imágenes pueden ser:

- La fotografía aérea (para la estructura vertical del dosel de los bosques; necesita mucho personal);
- El perfilador láser (altura y estructura de dosel LIDAR, todavía no se ha examinado su exactitud; experimental, costoso);
- La comparación con mapas/datos elaborados por organismos independientes utilizando la teledetección.

[25] En algunos casos la cubierta terrestre podría cambiar, pero no el uso de la tierra, y viceversa.

PROCEDIMIENTO 5: VERIFICACIÓN CON MODELOS

Los modelos pueden utilizarse para verificar estimaciones de depósitos de carbono, datos de actividad y también la totalidad del inventario. Generalmente, no se suelen utilizar para la verificación de la clasificación de áreas de tierra. Para las categorías específicas del uso de la tierra conforme a la CMCC y las actividades seleccionadas con arreglo al Protocolo de Kyoto, el uso de modelos puede ser una buena opción cuando no son factibles las mediciones directas combinadas con la teledetección. Los costes de la modelización pueden variar mucho según las aplicaciones específicas, la disponibilidad de instrumentos apropiados y el grado de resolución deseada. Los costes iniciales originados por el diseño del modelo y la calibración son por lo general mucho más elevados que los costes de utilización del modelo. La verificación mediante modelos es bastante compleja y requiere un alto nivel de conocimientos técnicos.

Existen dos tipos muy diferentes de procedimientos de modelización aplicados a la verificación: los modelos ascendentes y los modelos descendentes. Los modelos ascendentes extrapolan los procesos de escalas inferiores a niveles superiores de agregación, mientras que los modelos descendentes siguen la dirección inversa y con ellos se trata de deducir los procesos de escalas menores a partir de mediciones a escalas mayores. Aunque, en principio, ambos procedimientos pueden utilizarse con fines de verificación a escala nacional, los modelos descendentes son más adecuados para la verificación a escala continental. Los modelos ascendentes pueden utilizarse tanto a nivel del lugar/parcela como a escala regional y nacional, e incluso a escala continental, siempre y cuando se disponga de los datos necesarios.

Los modelos que se emplean con fines de verificación, al igual que los modelos que se utilizan en la preparación del inventario, han de estar bien documentados y tienen que someterse a una revisión por especialistas. Los parámetros, datos, funciones y supuestos introducidos en el modelo tendrían que someterse a un examen, comúnmente denominado validación. El término validación se usa con su significado más generalizado de examinar adecuadamente el funcionamiento de un modelo, lo que no significa que el modelo sea la única representación verdadera de la realidad (Oreskes *et al*, 1994).

Al igual que los otros procedimientos, cabe precisar que los modelos tienen ventajas e inconvenientes y todavía no se ha encontrado el "mejor modelo". A fin de evitar posibles predisposiciones en la elección de un modelo, se podría utilizar un conjunto de modelos calibrados de manera idéntica (Alexandrov *et al*., 2002). A menudo se requiere un asesoramiento de expertos para utilizar modelos como instrumentos de verificación.

Procedimiento 5a: Modelización ascendente

Existen varios tipos de modelos ascendentes que pueden utilizarse en la verificación:

Los modelos de ecosistema y del crecimiento pueden simular a escalas de tiempo suficientemente largas el crecimiento de la vegetación y el destino del carbono, que pueden utilizarse para la verificación. Estos modelos computan el crecimiento de la biomasa y los flujos de carbono, agua y nitrógeno, y pueden proporcionar estimaciones de la producción primaria bruta (PPB)[26] y de la producción primaria neta (PPN)[26] de carbono por unidad de superficie en los bosques (Kramer *et al*., 2002) y en otros tipos de vegetación. Pueden emplearse para verificar las estimaciones de Nivel 1 y de Nivel 2 de los componentes de la biomasa y de los flujos, así como para derivar "factores de emisión" y/o parámetros específicos de un país pertinentes para los cálculos de Nivel 2 (véase el Cuadro 5.7.1). En el caso de los bosques, existen básicamente dos clases de modelos de ecosistema que pueden aplicarse: los que se centran en la fisiología y en la biogeoquímica del ecosistema y los que se basan en los inventarios forestales. Ejemplos conocidos de ambas clases son FOREST-BGC (Waring y Running 1998), Biome-BGC (Running y Coughlan, 1988; Running y Hunt, 1993; Running, 1994) y los modelos basados en inventarios (Kauppi *et al*., 1992; Nabuurs *et al*., 1997; Birdsey, 1996; Kurz y Apps, 1999).

Recientemente, se ha desarrollado una nueva generación de modelos del ciclo de carbono terrestre para integrar los efectos producidos por los cambios climáticos, la química atmosférica, las tasas de alteración en la PPN, en la PNE [26] y en la PNB[26] (p. ej., Landsberg y Waring, 1997; Chen *et al*., 2000a; Chen *et al*., 2000b; McGuire *et al*., 2001). Si se utilizan datos espaciales obtenidos por teledetección (p. ej., cubierta terrestre, superficies quemadas e índice de área foliar) y conjuntos de datos georreferenciados del clima, la química atmosférica y el inventario del suelo, estos modelos basados en el proceso pueden aplicar datos de mayor escala a nivel de sitio (p. ej., mediciones del flujo del ecosistema) a escalas regionales y nacionales. Si no existe una dependencia directa con

[26] PPB: producción primaria bruta, dada por la fotosíntesis bruta; PPN: producción primaria neta, fotosíntesis neta o PPB menos la respiración autotrófica (de la biomasa vegetal viva sobre el suelo y bajo el suelo); PNE: producción neta del ecosistema, las emisiones o absorciones netas de carbono (CO_2), o PPN menos la respiración heterotrófica (materia orgánica en el suelo y descomposición de carbono orgánico del suelo entre ecosistemas, animales), cuando la PNE se mide utilizando técnicas de flujo se define correctamente como INE, intercambio neto entre ecosistemas; PNB: producción neta de bioma, las emisiones o absorciones netas a gran escala (bioma), que tiene en cuenta también las alteraciones naturales o inducidas por el hombre (fuego, daños provocados por el viento, cosechas, alteraciones PNB=PNE). La PNB es el término que aparece finalmente reflejado en el balance global del carbono (es decir, la atmósfera).

un inventario forestal, los datos estimados utilizando estos modelos podrían emplearse para compararlos con los cálculos de carbono basados en el inventario forestal. Sin embargo, la capacidad de los modelos en los que la representación terrestre se basa en la teledetección para cuantificar las variaciones en el carbono almacenado provocados por cambios en el uso de la tierra a pequeña escala (p. ej., forestación, reforestación y deforestación) queda limitada por la resolución espacial de la información obtenida por teledetección.

Si se utilizan modelos para agregar resultados y para aportar datos sobre los cambios de la biomasa a escala nacional, la parametrización del modelo ha de efectuarse de forma adecuada, teniendo en cuenta los diferentes usos de la tierra y cubiertas terrestres que existen en un país. Así, por ejemplo, para usar los resultados de un modelo como verificación para los datos de un inventario forestal, debería realizarse la parametrización al menos para las principales especies de árboles.

Los **modelos de regresión** se han utilizado para calcular la PPN a partir de datos meteorológicos de base (p. ej., los modelos Chikugo, Uchijima y Seino, 1985). Los valores de la PPN derivados a partir de modelos de regresión y basados en el proceso pueden utilizarse en comparaciones de los datos de Nivel 1 y Nivel 2 a gran escala (véase el Cuadro 5.7.1).

Los **procedimientos de modelización que utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG) y que incorporan datos de verificación en tierra** aportan valores más exactos que los procedimientos de teledetección. Los datos basados en SIG, como la topografía y la cubierta del dosel, y características estructurales como el clima también pueden utilizarse para aplicar modelos de ecosistema y de crecimiento a fin de recuperar resultados válidos en el espacio. Por lo tanto, a escala continental y mundial, la modelización SIG puede utilizarse para verificar las metodologías nacionales de los estudios de la tierra (Mollicone *et al*., 2003).

Procedimiento 5b: Modelización descendente y procedimientos a gran escala

Los modelos descendentes pueden aplicarse a la verificación de los depósitos de carbono y de los cambios de depósito tanto a escala regional como a escala mundial. Si bien no es fácil aplicar estos procedimientos a las estimaciones a escala de un país, pueden utilizarse para un conjunto de países, regiones extensas o continentes. Para los países con áreas de tierra muy extensas o con características que permiten separar los movimientos de masas de aire dentro del país de los movimientos externos (p. ej., América del Norte, la zona boreal de Siberia, Australia, Reino Unido, etc.), los procedimientos a escala regional/continental también pueden resultar útiles a escala nacional. Aunque las modelizaciones descendentes pueden aportar limitaciones globales en los balances de carbono regionales, no son apropiadas para la verificación de los balances de carbono sectoriales, porque no pueden separar la contribución de emisiones y absorciones de las diferentes categorías del uso de la tierra o actividades de gestión, como se requiere para la presentación de informes conforme a la CMCC y al Protocolo de Kyoto. Además, los procedimientos de modelización descendente incluyen las emisiones y absorciones derivadas de categorías del uso de la tierra que no están sujetas a la presentación de informes conforme a la CMCC o al Protocolo de Kyoto (p. ej., tierras no gestionadas). No obstante, a mayores escalas, las mediciones atmosféricas de las concentraciones de gases de efecto invernadero y de la composición isotópica, en principio, deberían confirmar si las acciones agregadas que se han llevado a cabo conforme a la CMCC y al Protocolo de Kyoto serán efectivas con respecto a la tendencia en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (Schulze *et al*., 2002).

Los **modelos inversos** calculan los flujos a partir de mediciones de la concentración y de modelos de transporte atmosférico. Pueden utilizarse para determinar la dinámica del carbono global a escala continental y mundial, pero tienen una capacidad limitada para separar la contribución al balance total de las diferentes categorías de uso de la tierra o actividades de gestión. Midiendo la distribución espacial y temporal de las concentraciones de CO_2 es posible detectar los flujos de carbono terrestre y oceánico. Los modelos inversos se utilizan asimismo para calcular los flujos de metano y de otros gases de efecto invernadero.

Mediante la incorporación de observaciones aéreas y el uso de modelos de transporte de nivel regional en el análisis inverso se pueden mejorar las estimaciones, al igual que la consideración de datos de emisiones/ absorciones distribuidos en el espacio. La aplicación de procedimientos de modelización inversa está experimentando un desarrollo continuo, lo que requiere una colaboración científica y un sistema de redes entre las naciones. Es probable que esas estimaciones sean independientes de los datos de un país y valiosas para la verificación global, desde la escala regional hasta la continental (para una comparación de los resultados de varias modelizaciones inversas a escala continental véase Gurney *et al*., 2002).

A nivel nacional, otro de los procedimientos a gran escala que puede emplearse para la verificación global es el uso de torres altas, que generalmente ya están instaladas en un país (p. ej., torres de televisión, torres de transmisión), para medir los gradientes de CO_2 (Bakwin *et al*., 1995). Este procedimiento puede combinarse con modelizaciones inversas a fin de derivar los balances regionales/nacionales de emisiones y absorciones. Una vez en marcha, el sistema puede automatizarse y no resulta muy costoso.

5.7.3 Orientación para la verificación de los inventarios de UTCUTS

Varios componentes de un inventario pueden ser identificados por los organismos encargados de los inventarios (o por grupos externos) con fines de verificación, entre ellos las estimaciones de emisiones/absorciones, los datos de entrada y los supuestos. Las preguntas del Recuadro 5.7.2 pueden ser utilizadas por el organismo encargado del inventario como orientación para el desarrollo de un plan de verificación.

RECUADRO 5.7.2
ORIENTACIÓN PARA SELECCIONAR COMPONENTES DEL INVENTARIO PARA LA VERIFICACIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN

¿Qué criterios pueden utilizarse para elegir los elementos del inventario con fines de verificación?

Si una categoría de fuente/sumidero es "esencial", se le debería dar prioridad para la verificación. Sin embargo, también se pueden seleccionar para la verificación emisiones y absorciones no "esenciales", sobre todo si resultan pertinentes para las políticas de mitigación o si su incertidumbre es alta. Si se espera que un depósito de carbono varíe de manera significativa durante el período de presentación de los resultados del inventario, también se le debería prestar especial atención.

¿Cómo se verificarán los elementos del inventario?

La selección del procedimiento de verificación dependerá en gran medida de la adecuación/disponibilidad del procedimiento para el organismo encargado del inventario o de las condiciones específicas del país. Otros criterios adicionales son: el tipo de datos que se van a verificar, la escala espacial de la cobertura del inventario, la cantidad y la calidad de los datos que se van a verificar y la exactitud, precisión y coste del propio procedimiento. Los procedimientos y criterios que pueden elegirse se explican en el Cuadro 5.7.1 y se describen detalladamente en la Sección 5.7.2.

Si un país decide realizar una verificación interna de su inventario, es una *buena práctica* asegurarse de que:

- se dispone de suficiente competencia técnica independiente;
- la documentación de la verificación está incluida en el informe del inventario nacional;
- las estimaciones de la incertidumbre y la documentación de GC/CC están incluidas en el informe;
- se describen otras actividades nacionales de verificación;
- los métodos de verificación aplicados son transparentes, rigurosos y bien fundados desde el punto de vista científico;
- los resultados de verificación son razonables y están bien explicados;
- los cálculos finales pueden estar relacionados de manera razonable con los datos y supuestos en los que se basan.

En la lista de control del Recuadro 5.7.3 se resumen algunos de los instrumentos que pueden usarse en la verificación interna de un inventario, con especial referencia al sector de UTCUTS. Asimismo se presenta un recuadro con los aspectos relativos al Protocolo de Kyoto (véase la Sección 5.7.4, Recuadro 5.7.5).

RECUADRO 5.7.3
VERIFICACIÓN DE UN INVENTARIO DEL SECTOR DE UTCUTS EN UN INVENTARIO NACIONAL

A. Comprobaciones:

¿Documenta el inventario del sector de UTCUTS los datos y los supuestos utilizados para estimar las emisiones y absorciones de todas las categorías de fuente/sumidero del IPCC?

¿Se han incluido en el inventario todos los depósitos de carbono importantes?

Si se ha omitido alguna categoría de emisión/absorción de UTCUTS, ¿se explican los motivos en el informe?

¿Se presentan las emisiones y absorciones como términos *positivos* y *negativos*, respectivamente?

Para la superficie total del inventario del sector de UTCUTS, ¿son los cambios globales en el uso de la tierra para el año del inventario iguales a cero en el límite del intervalo de confianza?

¿Se evalúa y explica toda discontinuidad en las tendencias desde el año de base hasta el último año?

B. Comparaciones de emisiones y absorciones procedentes de UTCUTS:

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con inventarios nacionales preparados independientemente para el **mismo** país o comparar subconjuntos regionales del inventario nacional con inventarios de esas regiones preparados independientemente (Cuadro 5.7.1, procedimiento 1).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con inventarios nacionales para un país **diferente** pero similar (Cuadro 5.7.1, procedimiento 1).

Comparar los datos de actividad y/o los factores de emisión del inventario del sector de UTCUTS con bases de datos internacionales e independientes y/o con otros países. Por ejemplo, comparar los factores de expansión de biomasa similares de especies similares con datos de países con condiciones forestales similares (Cuadro 5.7.1, procedimiento 1).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con resultados que se hayan calculado utilizando una metodología de nivel diferente, teniendo en cuenta los defectos (Cuadro 5.7.1, procedimiento 2).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con estudios y experimentos disponibles de alta intensidad (Cuadro 5.7.1, procedimientos 1 a 3).

Comparar las superficies de tierra y las reservas de biomasa utilizados en el inventario mediante teledetección (Cuadro 5.7.1, procedimiento 4).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con modelos (Cuadro 5.7.1, procedimiento 5).

C. Comparaciones de las incertidumbres:

Comparar las estimaciones de la incertidumbre con la incertidumbre tal y como se presenta en la bibliografía sobre el tema.

Comparar las estimaciones de la incertidumbre con las de otros países y con los valores por defecto del IPCC.

D. Mediciones directas:

Realizar mediciones directas (como inventarios forestales locales, mediciones detalladas del crecimiento y/o flujos de gases de efecto invernadero del ecosistema, Cuadro 5.7.1, procedimiento 3).

Teniendo en cuenta la limitación de recursos, la información que se proporcione en el informe del inventario nacional debería verificarse al máximo, sobre todo en lo que respecta a las categorías esenciales. Los procedimientos de verificación presentados en el Recuadro 5.7.3 pueden aplicarse de la manera siguiente:

- Las comprobaciones enumeradas en A son primordiales y lo ideal sería que se efectuasen como parte de la GC y el CC.
- Es una *buena práctica* realizar la verificación con al menos uno de los procedimientos enumerados en la parte B del Recuadro 5.7.3 (para más información sobre los procedimientos aplicables véanse el Cuadro 5.7.1 y la Sección 5.7.2).

- Si no se dispone de estimaciones independientes de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relativas a UTCUTS, la verificación interna o externa se limitará probablemente al examen de los datos y de los métodos (Smith, 2001). En estas circunstancias, es una *buena práctica* que el organismo encargado del inventario efectúe estos exámenes y suministre documentación suficiente en su informe del inventario nacional, así como otra documentación justificativa que facilite la verificación externa.
- Los organismos encargados de los inventarios, teniendo en cuenta las circunstancias de cada país y la disponibilidad de recursos, pueden evaluar la combinación adecuada de procedimientos para verificar sus inventarios de UTCUTS. Los procedimientos 1, 2 y 3 pueden ser apropiados para verificar varios componentes del inventario. Entre todos los procedimientos enumerados, los procedimientos 1 y 2 pueden ser aplicados con facilidad por un organismo encargado del inventario con recursos escasos o limitados. La teledetección es el método más adecuado para la verificación de áreas de tierra. Las mediciones directas (en la parte D del Recuadro 5.7.3) son pertinentes, aunque este procedimiento puede necesitar muchos recursos y, a gran escala, los altos costes pueden limitar la verificación. Cuando las mediciones directas combinadas con teledetección no son factibles, los modelos pueden ser una alternativa.

5.7.4 Cuestiones específicas relacionadas con el Protocolo de Kyoto

En general, los procedimientos que se han presentado en la Sección 5.7.2 también pueden utilizarse para verificar tanto un inventario elaborado conforme a la CMCC como la presentación de resultados con arreglo al Protocolo de Kyoto. Aunque los costes originados por la medición de las variaciones en las reservas de carbono para un área determinada se incrementan a medida que aumentan la precisión deseada y la heterogeneidad del terreno, los mismos principios de *buena práctica* se aplican a los proyectos y a los inventarios nacionales.

Un organismo encargado del inventario puede utilizar las preguntas del Recuadro 5.7.4 para orientar la concepción de un plan de verificación en lo que respecta a la información adicional presentada conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.

RECUADRO 5.7.4
ORIENTACIÓN PARA LA VERIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE CARBONO Y ACTIVIDADES

¿Qué depósitos de carbono hay que verificar?

Es una *buena práctica* centrar la verificación en los depósitos de carbono que se espera que sean más pertinentes para el Protocolo de Kyoto, aunque también en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2. En los Acuerdos de Marrakesh se enumeran los depósitos siguientes: biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, detritus, madera muerta y carbono orgánico del suelo. Como se decidió en los Acuerdos de Marrakesh, una Parte puede excluir determinados depósitos de los resultados presentados, si aporta información verificable que demuestre que esos depósitos no han sido una fuente de gases de efecto invernadero para las actividades recogidas en el párrafo 3 del artículo 3 y para las actividades elegidas recogidas en el párrafo 4 del artículo 3, o para proyectos. Por lo tanto, la información requerida es diferente para los depósitos seleccionados (cambios en los depósitos siguiendo los consejos dados en los Capítulos 3 y 4) y para los depósitos no seleccionados (información adicional que demuestre que no son fuente). Como se recomienda para los inventarios de UTCUTS, si se espera que un depósito experimente cambios significativos durante el período de presentación de los resultados del inventario, se le debería prestar especial atención.

¿Qué actividades hay que verificar?

Según los Acuerdos de Marrakesh, una Parte tiene que notificar las actividades conforme al párrafo 3 del Artículo 3 y sólo puede elegir algunas actividades conforme al párrafo 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Para todas las actividades obligatorias o elegidas, los elementos específicos referentes a la presentación de informes conforme a los inventarios del Protocolo de Kyoto son: la identificación de las áreas en las que han tenido lugar dichas actividades, la demostración de que las actividades se efectúan desde el 1º de enero de 1990 y de que son llevadas a cabo por el hombre, y el establecimiento de "1990" como año de base (año de referencia para las actividades de reforestación y año de base para la contabilización neto-neto).

Una verificación específica relacionada con las estimaciones realizadas conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto puede incluir:

- Para las tierras introducidas en un informe conforme al Protocolo de Kyoto, es una *buena práctica* verificar esas tierras usando información geográfica y estadística, como datos obtenidos por teledetección. Aunque no se requiera una georreferencia, ésta facilitaría la verificación (Smith, 2001).
- Para la presentación de informes sobre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de la mayoría de las actividades recogidas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 hay que hacer referencia a los datos de 1990 o anteriores a 1990 (clasificación de tierras forestales/no forestales para 1990, contabilización neto-neto para la gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales, restablecimiento de la vegetación, etc.). A veces, puede que no se disponga de estos datos o que su fiabilidad sea limitada; entonces se pueden utilizar estimaciones, según las pautas presentadas en el Capítulo 4, Sección 4.2.8.1. En estos casos, es una *buena práctica* verificar al máximo el procedimiento de estimación y los valores.

Las emisiones y absorciones procedentes de actividades de proyectos se pueden notificar conforme a los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto. En el Capítulo 4 de esta publicación se enumeran diferentes tipos de proyectos y se sugiere el tipo de información que puede ser necesario verificar para cada uno. Aunque muchos de los procedimientos presentados en la Sección 5.7.2 son útiles para la verificación de proyectos, se están concibiendo reglas adicionales conforme al Protocolo de Kyoto y a los Acuerdos de Marrakesh.[27] Aun así, la verificación de proyectos es por lo general más fácil que la verificación a escala nacional. En lo que respecta a los proyectos, las fronteras, los depósitos de carbono y los períodos de vida son factores que pueden estar bien establecidos y, por lo tanto, que pueden verificarse. Generalmente, suele ser más fácil verificar los proyectos que se basan en buenos planes de vigilancia y de presentación de informes.

Al igual que ocurre con los inventarios del sector de UTCUTS, los organismos encargados de los inventarios pueden, teniendo en cuenta las circunstancias específicas y la disponibilidad de recursos, elegir la combinación adecuada de procedimientos para verificar información suplementaria presentada conforme al Protocolo de Kyoto. Entre estos procedimientos, la teledetección es el medio más apropiado para la verificación de áreas de tierra. Las mediciones directas son pertinentes, aunque este procedimiento puede necesitar muchos recursos. Los modelos pueden utilizarse como una alternativa cuando no se pueden hacer mediciones directas combinadas con teledetección. En el Recuadro 5.7.5 se presentan algunas etapas de la verificación propias del Protocolo de Kyoto.

RECUADRO 5.7.5
VERIFICACIÓN DE UTCUTS CONFORME AL PROTOCOLO DE KYOTO

Comprobaciones:

Si una Parte notifica una actividad en tierras forestales, ¿se especifica la definición de "forestal" y es ésta coherente con las actividades y las unidades de superficie notificadas? ¿Se proporciona información sobre la cubierta de copas y la altura de los árboles?

¿Se notifican los cambios experimentados en todos los depósitos de carbono (biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, madera muerta, detritus, carbono orgánico en el suelo? De no ser así, ¿se exponen los motivos y presenta la documentación que justifiquen la omisión del depósito?

¿Se especifican las fronteras geográficas de las áreas de tierra para las actividades elegibles conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3?

¿Es constante el área de tierra total presentada conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 o aumenta durante los períodos de compromiso subsiguientes o contiguos?

¿Se suministra información que demuestre que las actividades elegidas conforme al párrafo 4 del artículo 3 fueron efectuadas desde 1990 e inducidas por el hombre?

En lo que respecta al párrafo 3 del artículo 3, ¿se proporciona información para distinguir la deforestación de la explotación (corta) o de la alteración forestal seguida del restablecimiento de un bosque?

[27] La verificación a la que se refiere el párrafo ha de considerarse en el contexto del presente capítulo (tal y como se define en la Sección 5.7.1). Según los Acuerdos de Marrakesh, los proyectos tienen que someterse a una "verificación" específica, tal y como se define en el proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 6), -/CMP.1 (Artículo 12) y sus anexos (FCCC/CP/2001/13/Add.2).

Las comprobaciones enumeradas en el Cuadro 5.7.5 son esenciales y lo ideal sería realizarlas como una parte de la GC y el CC. Además de estas comprobaciones específicas, pueden utilizarse las partes B a D de la lista completa presentada en el Recuadro 5.7.3 a fin de identificar actividades de verificación adicionales útiles.

5.7.5 Presentación de informes y documentación

Cuando un organismo encargado del inventario ha efectuado actividades de verificación, es una *buena práctica* notificar y documentar los siguientes puntos:

- La información que se ha verificado;
- Los criterios empleados para seleccionar las prioridades de verificación;
- Los procedimientos de verificación, junto con los datos pertinentes compilados;
- Las limitaciones que se han identificado en los procedimientos;
- Las comparaciones eventuales que se han realizado con inventarios independientes, conjuntos de datos, bibliografía sobre el tema, etc.;
- Las respuestas recibidas de revisores externos resumiendo sus principales comentarios;
- Las principales conclusiones de la verificación;
- Las medidas tomadas como resultado del proceso de verificación;
- Las recomendaciones de mejoras en el inventario o de investigación a escala nacional/internacional dimanantes de los resultados.

Asimismo, se recomienda a los organismos encargados de los inventarios que aporten información acerca de las actividades de verificación externa realizadas por otros organismos, en la medida en que sea pertinente para el inventario, y que esa información pueda obtenerse y resumirse fácilmente.

Si se han utilizado modelizaciones con fines de verificación, es una *buena práctica* documentar totalmente el proceso de modelización. Otras informaciones que deben proporcionarse son: las fuentes de los datos de entrada, un análisis de los supuestos del modelo y de los datos, y una descripción de los procedimientos y análisis. Dado el volumen de los datos de entrada y el número de variables que se necesitan para un modelo amplio típico, la documentación puede ser densa, técnica y larga. Es una *buena práctica* presentar las informaciones mencionadas de manera coherente y transparente. La información que ha de incluirse debería permitir a una tercera parte comprender enteramente el proceso de verificación y corroborar los resultados si fuera necesario.

5.7.6 Algunos detalles referentes a los procedimientos de verificación

COMPARACIONES CON PROGRAMAS Y CONJUNTOS DE DATOS INTERNACIONALES

Para un organismo encargado del inventario que se dispone a comparar un inventario o parte del mismo con conjuntos de datos procedentes de programas internacionales de vigilancia y de investigación, puede ser útil consultar los enlaces de Internet que se presentan en el Recuadro 5.7.6. Aunque es evidente que el cuadro no recoge de manera exhaustiva todos los programas disponibles, aporta información sobre algunos de los de mayor interés para el sector de UTCUTS.

RECUADRO 5.7.6
PROGRAMAS Y REDES DE INTERÉS PARA UTCUTS

FLUXNET (Ameriflux, CarboEuroflux)
Red de mediciones de flujos del ecosistema, principalmente en rodales, aunque también en otros tipos de uso de la tierra.
Base de datos accesible al público, enlaces a estudios de ecosistema
http://www-eosdis.ornl.gov/FLUXNET/index.html

CarboEurope (financiado por la Comisión Europea)
Conjunto de proyectos cuyo objetivo es evaluar el balance del carbono de Europa con diferentes procedimientos (mediciones de flujos, estudios de ecosistema, presupuestación regional y continental, modelización inversa, modelización del ecosistema).
http://www.bgc-jena.mpg.de/public/carboeur/

Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB)
Conjuntos de datos de producción primaria neta, coordinación de actividades de investigación internacionales, cambio global y ecosistema terrestre, etc.
http://www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php
http://www.gcte.org/

Investigación Ecológica a Largo Plazo (bosques, praderas)
Red de investigaciones ecológicas del ecosistema presente en diferentes países
http://www.lternet.edu/

FAO
Base de datos de lugares de seguimiento de ecosistemas terrestres (TEMS), Sistema Mundial de Observación Terrestre (GTOS), Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), Evaluación de Recursos Forestales (ERF)
http://www.fao.org/

Redes de vigilancia:
PCI Bosques
El Programa de Cooperación Internacional de Bosques de la Unión Europea (PCI/UE Bosques) trabaja en dos niveles con protocolos y métodos normalizados en 35 países. La red reticular sistemática tiene aproximadamente 6000 puntos de nivel I en los que se lleva a cabo un número limitado de estudios, mientras que la red reticular de vigilancia intensiva tiene 860 parcelas de nivel II en los principales tipos de bosque del continente europeo en los que se realizando un gran número de estudios.
http://www.icp-forests.org/

PCI/CI y EMEP
El programa multidisciplinar de Control Integrado del PCI (CI/PCI) y el Programa de Cooperación para la Vigilancia y la Evaluación del Transporte de los Contaminantes Atmosféricos a Larga Distancia en Europa (EMEP)

Una parte de la estrategia de vigilancia y de evaluación de los efectos conforme a la Convención sobre la contaminación transfronteriza del aire a gran distancia de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). El programa EMEP se basa en tres elementos esenciales: 1) la compilación de datos de emisión, 2) las mediciones de la calidad del aire y de las precipitaciones y 3) la modelización del transporte atmosférico y la deposición de la contaminación del aire.

http://www.vyh.fi/eng/intcoop/projects/icp_im/im.htm
http://www.emep.int/

Proyecto Global del Carbono
El Proyecto Global del Carbono es un proyecto de la Asociación Científica del Sistema Tierra del Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB), del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) y del Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas (PIDH). El objetivo científico del Proyecto Global del Carbono es desarrollar una imagen completa del ciclo global del carbono que incluya tanto su dimensión biofísica como su dimensión humana junto con las interacciones y las reacciones entre ellas.
http://www.globalcarbonproject.org/

El Distributed Active Archive Centre del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (DAAC LNOR)
Una fuente de datos biogeoquímicos y ecológicos compilados en tierra, mediante aviones, por satélite o generados mediante modelos informáticos. La escala de los datos va desde el nivel de un lugar específico hasta el nivel mundial y la variación de la duración puede ser de días a años. La Environmental Science Division (ESD) del LNOR dirige la DAAC-LNOR para la Dinámica Biogeoquímica como parte del programa de la Earth Science Enterprise (ESE) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA).
http://www-eosdis.ornl.gov/

TELEDETECCIÓN

Descripción general de los sensores de teledetección disponibles

Los datos ópticos compilados por satélite de resolución aproximada a alta resolución se pueden obtener en todo el mundo con los sensores NOAA AVHRR, SPOT Vegetation, ERS/ATSR, MODIS, Envisat MERIS, Landsat TM/ETM y otros muchos. El radar de multifrecuencia/polarización, que las misiones AIRSAT de la NASA pusieron a disposición recientemente, también es muy útil para la clasificación de la vegetación. Estos sensores, que son sensibles a las características estructurales de la vegetación, proporcionan una excelente fuente de datos complementaria a la teledetección óptica. Se dispondrá de una mayor cantidad de este tipo de datos de radar gracias al Envisat ASAR y al lanzamiento del RadarSat 2. La exactitud de los datos obtenidos por teledetección varía según las características geométricas y radiométricas de los sensores. En el Cuadro 5.7.2 se enumeran las especificaciones (tipo de detector, resolución espacial, disponibilidad, etc.) de varios sensores de satélite. Para más información, puede consultarse el enlace de Internet http://idisk.mac.com/alexandreleroux/Public/agisrs/arsist.html. Los datos de imágenes utilizados deberían elegirse según la escala geográfica de la superficie de que se trate y el grado de resolución deseado. El uso de diferentes sensores puede ser la solución para superar las limitaciones de la teledetección en zonas en las que existe una nubosidad persistente (p. ej., datos ópticos y de radar).

Uso de teledetección para derivar los parámetros de la vegetación

Es sabido que la producción primaria neta (PPN) tiene una correlación positiva con la radiación activa de fotosíntesis (RAF), que también puede estimarse a partir del IDNV (índice de diferencia normalizada de vegetación) y de la radiación solar.

La relación funcional entre los datos de teledetección óptica (entre ellos, índices como el IDNV) y los depósitos de carbono es que la reflectancia del dosel está relacionada con el índice de área foliar (IAF), y que el IAF tiene a su vez una fuerte relación funcional con la biomasa boscosa y con la PPN (Gholz, 1982; Waring, 1983). Otra interpretación es que la reflectancia está relacionada con la fracción de radiación activa de fotosíntesis (fRAF), que durante períodos más largos está correlacionada de manera linear con la PPN (p. ej., Monteith, 1977; Landsberg y Waring, 1997). El IDNV se utiliza mucho para estimar tanto el LAI como la fRAF a partir de datos obtenidos por teledetección.

El IDNV y la radiación solar determinados por teledetección, junto con los datos obtenidos con mediciones meteorológicas y con el Sistema de Información Geográfica (SIG), pueden utilizarse para hacer estimaciones también a mayores escalas (desde la escala regional hasta la escala mundial). El IDNV también se ha utilizado para derivar la duración del período de crecimiento, parámetro que, según se ha demostrado, está estrechamente relacionado con el intercambio neto entre ecosistemas (INE, la fuente de carbono neto) medido a partir de los flujos del ecosistema, en particular, en los bosques caducifolios (Baldocchi *et al.*, 2001). Sin embargo, cuando se usa este procedimiento, hay que tener muy en cuenta que es difícil tratar las diferencias de escala fina y que no todas las fases de vegetación sucesivas están cubiertas adecuadamente por el IDNV (procesos de recuperación, etc.). Además, la mayoría de los parámetros del ecosistema derivados de las correlaciones con el IDNV parecen ser específicos de una especie y/o específicos del bioma. Asimismo, el IDNV está influido por otros factores diferentes del IAF o de la fRAF del dosel, y las relaciones tienen tendencia a saturar los valores LAI por encima de los 3 m^2 m^{-2} aproximadamente (Moreau y Li, 1996; Carlson y Ripley, 1997; Gemmell y McDonald, 2000), aunque, para doseles de coníferas, la saturación no ocurrió para el IAF hasta los 10 m^2 m^{-2} (Chen *et al*., 2002). A causa de la saturación, se descubrió que el IDNV derivado de las imágenes LANDSAT apenas estaba correlacionado con las variables de estructura del rodal o con la biomasa total sobre el suelo dentro de las extensiones forestales de las regiones tropicales. En general, los procedimientos basados en el IDNV para estimar el IAF o la fRAF serán una función de la reflectancia del suelo, de la cubierta fraccional, del tipo de bioma y de las condiciones de iluminancia/visión. El resultado de estos factores es una amplia variación en las ecuaciones empleadas para calcular el IAF (o la fRAF) a partir del IDNV (Moreau y Li, 1996). Los usuarios deberían tener en cuenta esta variación si seleccionan o derivan ecuaciones. Si se toman índices espectrales como base para construir una relación con el IAF o la fRAF, se debería considerar la posibilidad de utilizar un índice menos afectado por las variaciones en parámetros como la reflectancia del suelo (Kaufman y Tanré, 1992; Huete *et al*., 1997). El Índice de Vegetación Mejorado (IVM) es quizás el más prometedor de todos ellos, no sólo porque es fácil aplicarlo en la mayoría de los sensores sino también porque está relacionado linealmente con la fRAF (Huete *et al*., 1997; Gobron *et al*., 2000). Para los conjuntos de datos en que 1 Km/píxel es suficiente, los usuarios pueden utilizar también los datos de MODIS o fRAF MERIS y los datos de IAF MODIS. Además, se dispone gratuitamente del programa informático para generar valores fRAF de alta calidad (Gobron *et al*., 2000) a partir de datos obtenidos a través de los sensores SeaWIFS, MERIS, VEGETATION o GLI.

La biomasa sobre el suelo también puede estimarse eficientemente mediante el sensor aéreo LIDAR que mide al mismo tiempo la superficie del dosel y la altura de elevación del suelo emitiendo impulsos láser con longitudes de onda que se reflejan sobre la superficie del dosel pero pasan a través de los árboles, y también se reflejan en el

suelo. Sin embargo, dado el pequeño diámetro de los haces del láser, para cartografiar grandes superficies se requieren importantes misiones de vuelo (Dubayah y Drake, 2000). El sensor láser de imágenes de vegetación (LVIS) mediante instrumentos aéreos o por satélite como el Dosel de Vegetación de LIDAR con grandes huellas resolverá probablemente este tipo de problemas (Blair *et al*., 1999; Means *et al*, 1999; Dubayah y Drake, 2000). También se puede estimar la estructura de la vegetación a partir de datos ópticos obtenidos por satélite usando la propiedad de reflectancia bidireccional basada en la geometría sol-objetivo-sensor.

Uso de teledetección para detectar incendios y superficies quemadas

La teledetección también se utiliza a menudo para la detección de incendios forestales. Entre los ejemplos de detección de incendios forestales o de cicatrices por fuego cabe citar desde la detección de cicatrices por fuego de 1 ha a escala nacional utilizando Landsat TM (p. ej., ITALSCAR, 2003: Cartografía regional de bosques quemados en Italia, http://www.esa.int/dup) o en los Estados miembros de la Unión Europea (http://natural-hazards.jrc.it/fires/) hasta el uso de ERS SAR en Indonesia (Page *et al*., 2002), la detección mundial de incendios activos (ATSR World Fire Atlas, 2003: http://earth.esa.int/ionia/FIRE/), cicatrices por fuego (GLOBSCAR, 2003 Cartografía mundial de bosques quemados, http://earth.esa.int/ionia/FIRE/; GLOBCARBON, 2003: Global Land Products for Carbon Model Assimilation, http://www.esa.int/dup) y áreas quemadas (Global Burnt Area 2000: http://www.gvm.sai.jrc.it/fire/gba2000_website/index.htm). Así, por ejemplo, en un estudio reciente en el que se han utilizado técnicas de teledetección se ha estimado el área total deforestada a causa de los incendios en las regiones tropicales húmedas entre 1990 y 1997, obteniendo una cifra diferente de la que figura en las estadísticas de la FAO, en las cuales se utilizan los datos de deforestación suministrados por países y por expertos (Achard *et al*., 2002).

CUADRO 5.7.2 CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES PLATAFORMAS DE TELEDETECCIÓN

Satélite	Nombre del sensor	País (Operación)	Resolución espacial	Extensión	Tipo de sensor y escala		Información espectral				Disponibilidad de datos (período de adquisición)			
			(m.) en el nadir	(km.)	Tipo	Escala	VNIR				(m.) en el	(km.)	Tipo	Escala
NOAA (POES)	AVHRR	EE.UU.	1100	2700	O	Co-G	M	S	M	-	A	A	A	A
SPOT	Vegetation	UE	1150	2250	O	Co-G	M	S		-		PA	PA	MA
ADEOS-II	GLI	Japón	250, 1000	1600	O	Co-G	M	M	M	-			PA	MA
Terra/Aqua	MODIS	EE.UU.	250, 500, 1000	2330	O	Co-G	M	M	M	-			A	PA
Terra	MISR	EE.UU.	275, 550, 1000	360	O	Co-G	M			-			PA	
ERS-1/2	ATSR-1/2	Europa	1000	500	O	Co-G	M	M	M			PA	A	MA
Envisat	AATSR	Europa	1000	500	O	Co-G	M	M	M				PA	MA
NPOESS	VIRS	EE.UU.	400	3000	O	Co-G	M	M	M	-				A
Envisat	MERIS	Europa	300 (Land)	1150	O	Co-G	M	M		-			PA	MA
Landsat	MSS	EE.UU.	80	185	O	R	M			-	A	A		
Landsat	TM	EE.UU.	30, 120	185	O	R	M	M	S	-	PA	A	PA	
Landsat	ETM+	EE.UU.	15, 30, 60	185	O	R	M	M	S	-			A	A
SPOT	HRV/HRVIR/HRG	Francia	(2,5), 10, 20	60	O	R	M	(S)		-	PA	A	A	
Terra	ASTER	Japón/EE.UU.	15, 30, 90	60	O	R	M	M	M	-			A	
IRS-1C/D	PAN/LISS-3	India	6/23	70/141	O	R	M	S		-		PA	PA	
JERS-1	OPS (VNIR)	Japón	18*24	75	O	R	M					PA		
ALOS	AVNIR-2	Japón	10	70	O	R	M			-			PA	A
ALOS	PRISM	Japón	2,5	35/70	O	R	S			-			PA	MA
IKONOS	Pan/Multi	EE.UU.	0,82/3,3	11	O	R	M			-			A	MA
Orbview-3	Pan/Multi	EE.UU.	0,82/3,3	8	O	R	M			-			PA	MA
QuickBird	Pan/Multi	EE.UU.	0,61/2,5	17	O	R	M			-			PA	MA
EO-1	ALI	EE.UU.	10, 30	185	O	R	M	M		-			PA	
EO-1	Hyperion	EE.UU.	30	7.5	O	R	H	H		-			PA	
JERS-1	SAR	Japón	18	75	S	R	-	-	-	L		PA		
ALOS	PALSAR	Japón	10, 100	70, 250-350	S	R	-	-	-	L			PA	MA
ERS-1/2	AMI	Europa	30	100	S	R	-	-	-	C		PA	PA	MA
Envisat	ASAR	Europa	30, 100, 150	100, 400	S	R	-	-	-	C			PA	MA
Radarsat-1/2	SAR	Canadá	(3, 8), 10, 30	(20), 50, 100	S	R	-	-	-	C		PA	A	MA
TerraSAR	SAR	Alemania	1-3, 3-15	10, 40-60	S	R	-	-	-	X/L			PA	MA
LIDAR														
VCL	VCL	EE.UU.	25	8	L	R	S			-			PA	MA

O: óptico; S: radar de apertura sintética; L: LIDAR; Co: continental; G: mundial; R: regional; S: banda única; M: banda múltiple; H: hiperbanda; A: disponible para todo el período;

PA: disponible para una parte del período; MA: puede estar disponible durante el período.

Referencias

INTRODUCCIÓN

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

Cullen A.C. y Frey H.C. (1999). "Probabilistic Techniques in Exposure and Risk Assessment: a Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs". Plenum Press, Nueva York.

Eggleston H. S., Charles D., Jones B.M.R., Salway A.G. y Milne R. (1998). "Treatment of uncertainties for national greenhouse gas emissions". *Report AEAT 2688-1 for DETR* Global Atmosphere Division. AEA Technology, Culham, Reino Unido.

Fishman G.S. (1996). Monte Carlo: concepts, algorithms, and applications. Springer-Verlag, Nueva York.

Frey H.C. y Burmaster D.E. (1999). "Method for characterization of variability and uncertainty: comparison of bootstrap simulation and likelihood-based approaches". *Risk Analysis*, 19: págs. 109 a 129.

Frey H.C. y Rhodes D.S. (1996). "Characterizing, simulating, and analyzing variability and uncertainty: an illustration of methods using an air toxics emissions example". *Human and Ecological Risk Assessment*, 2: págs. 762 a 797.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R. y Liski J. (2004). "Biomass expansion factors (BEF) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forest". *Forest Ecology and Management*, 188: 211 a 224.

Morgan M.G. y Henrion M. (1990). "Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis", Cambridge University Press, Nueva York.

Ogle S.M., Eve M.D., Breidt F.J. y Paustian K. (2003). "Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agroecosystems between 1982 and 1997". *Global Change Biology*, 9: págs. 1521 a 1542.

Oreskes N., Shrader-Frechette K. y Belitz K. (1994). "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences". *Science*, 263: págs. 641 a 646.

Rypdal K. y Winiwarter W. (2001). "Uncertainties in GHG emission inventories". *Environmental Policy and Science*, 4(2-3): págs. 107 a 116.

Winiwarter W. y Rypdal K. (2000). "Uncertainties in the Austrian GHG emission inventory". *Atmospheric Environment*, 35/32: págs. 5425 a 5440.

MUESTREO

Cochran W.G. (1977). "Sampling techniques". John Wiley & Sons, Nueva York.

Dees M., Koch B. y Pelz D.R. (1998). "Integrating satellite based forest mapping with Landsat TM in a concept of a large scale forest information system". *PFG*, 4/1998: págs. 209 a 220.

De Vries P.G. (1986). "Sampling theory for forest inventory". Springer-Verlag, Nueva York.

Gertner G. y Köhl M. (1992). "An assessment of some nonsampling errors in a national survey using an error budget". *Forest Science*, 38(3): págs. 525 a 538.

Köhl M., Scott C.T. y Zingg A. (1995). "Evaluation of Permanent Sample Surveys for Growth and Yield Studies". *Forest Ecology and Management*, 71(3): págs. 187 a 194.

Lund G.H. (ed.) (1998). "IUFRO Guidelines for designing multipurpose resource inventories. IUFRO World Service Volume 8". Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). Viena, Austria.

Raj D. (1968). "Sampling theory". McGraw-Hill, Nueva York.

Reed D.D. y Mroz G.D. (1997). "Resource assessment in forested landscapes". John Wiley & Sons, Nueva York. pág. 386.

Särndal C.-E., Swensson B. y Wretman J. (1992). "Model assisted survey sampling". Springer, Nueva York.

Schreuder H.T., Gregoire T.G. y Wood G.B, (1993). "Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory". John Wiley & Sons, Nueva York.

Scott C.T. y Köhl M. (1994). "Sampling with partial replacement and stratification", *Forest Science*, 40(1): págs. 30 a 46.

Thompson S.K. (1992). "Sampling". John Wiley & Sons, Nueva York.

ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA – IDENTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES

Cullen A.C. y Frey H.C. (1999). "Probabilistic Techniques in Exposure Assessment, A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs". ISBN 0-306-45957-4. Plenum Press, Nueva York y Londres.

Flugsrud K., Irving W. y Rypdal K. (1999). "Methodological Choice in Inventory Preparation. Suggestion for Good Practice Guidance". Documentos 1999/19. Statistics Norway, Noruega.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.

Morgan M.G. y Henrion M. (1990). "Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Análisis". Cambridge University Press, Nueva York.

Rypdal K. y Flugsrud K. (2001). "Sensitivity Analysis as a Tool for Systematic Reductions in GHG Inventory Uncertainties". *Environmental Policy and Science*. Vol. 4 (2 a 3): págs. 117 a 135.

GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.

COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES Y REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.

VERIFICACIÓN

Achard F., Eva H.D., Stibig H.J., Mayaux P., Gallego J., Richards T. y Malingreau J.-P. (2002). "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests". *Science*, 297: págs. 999 a 1002.

Alexandrov G.A., Oikawa T. y Yamagata Y. (2002). "The scheme for globalization of a process-based model explaining gradations in terrestrial NPP and its application", *Ecological Modelling*, 148: págs. 293 a 306.

Aubinet M., Grelle A., Ibrom A., Rannik U., Moncrieff J., Foken T., Kowalski A.S., Martin P.H., Berbigier P., Bernhofer C., Clement R., Elbers J., Granier A., Grünwald T., Morgenstern K., Pilegaard K., Rebmann C., Snijders C.W., Valentini R. y Vesala T. (2000). "Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology". *Advances in Ecological Research*, 30: págs. 113 a 175.

Baldocchi D., Falge E., Gu L., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer C., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., Paw T., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K. y Wofsy S. (2001). "FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem-Scale Carbon Dioxide, Water Vapor, and Energy Flux Densities". *Bull. Amer. Met. Soc.*, 82 (11): págs. 2415 a 2434.

Bakwin P., Tans P., Ussler W. III y Quesnell E. (1995). "Measurements of carbon dioxide on a very tall tower". *Tellus*, 47B: págs. 535 a 549.

Birdsey R.A. (1996). "Carbon storage for major forest types and regions in the conterminous United States". En: Sampson R.N. y Hair D. (eds.). *Forests and Global Change*, Vol. 2: *Forest Management Opportunities for Mitigating Carbon Emission American Forests*. Washington, D.C., EE.UU., págs. 1 a 25.

Blair J.B., Rabine D.L. y Hofton M.A. (1999). "The Laser Vegetation Imaging Sensor: a medium-altitude, digitization only, airborne laser altimeter for mapping vegetation". *ISPRS Journal of Photogrammetric & Remote Sensing*, 54: págs. 115 a 122.

Butterbach-Bahl K., Breuer L., Gasche R., Willibald G. y Papen H. (2002). "Exchange of trace gases between soils and the atmosphere in Scots pine forest ecosystems of the northeastern German lowlands 1. Fluxes of N_2O, NO/NO_2 and CH_4 at forest sites with different N-deposition". *Forest Ecology and Management*, 167: págs. 123 a 134.

Butterbach-Bahl K. y Papen H. (2002). "Four years continuous record of CH_4-exchange between the atmosphere and untreated and limed soil of a N-saturated spruce and forest ecosystem in Germany". *Plant and Soil*, 240: págs. 77 a 90.

Carlson T.N. y Ripley D.A. (1997). "On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index". *Remote Sensing of Environment*, 62: págs. 241 a 252.

Chen W., Chen J.M., Liu J. y Cihlar J. (2000a). "Approaches for reducing uncertainties in regional forest carbon balance". *Global Biogeochemical Cycles*, 14(3): págs. 827 a 838.

Chen W., Chen J.M. y Cihlar J. (2000b). "An integrated terrestrial carbon-budget model based on changes in disturbance, climate, and atmospheric chemistry". *Ecol. Modelling*, 135: págs. 55 a 79.

Chen, J.M., Pavlic G., Brown L., Cihlar J., Leblanc S.G., White H.P., Hall R.J., Peddle D., King D.J., Trofymow J.A., Swift E., Van der Sanden J. y Pellikka P. (2002). "Validation of Canada-wide leaf area index maps using ground measurements and high and moderate resolution satellite imagery". *Remote Sensing of Environment*, 80: págs. 165 a 184.

Dubayah R.O. y Drake J.B. (2000). "Lidar remote sensing for forestry". *J. Forestry*, 98: págs. 44 a 46.

Foody C.M., Green R.M., Lucas R.M., Curran P.J., Honzak M. y Do Amaral I. (1997). "Observations on the relationship between SIR-C radar backscatter and the biomass of regenerating tropical forests". *Int. J. Remote Sens*., 18: págs. 687 a 694.

Gemmell F. y McDonald A.J. (2000). "View zenith angle effects on the forest information content of three spectral indices". *Remote Sensing of Environment*, 72: págs. 139 a 158.

Gholz H.L. (1982). "Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest". *Ecology*, 63: págs. 469 a 481.

Gobron N., Pinty B., Verstraete M.M. y Widlowski J.-L. (2000). "Advanced vegetation indices optimised for up-coming sensors: design, performance, and applications". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38: págs. 2489 a 2505.

Gurney K.R., Law R.M., Scott Denning A., Rayner P.J., Baker D., Bousquet P., Bruhwilerk L., Chen Yu-Han, Ciais P., Fan S., Fung I.Y., Gloor M., Heimann M., Higuchi K., John J., Maki T., Maksyutov S., Masariek K., Peylin P., Prather M., Pakk B.C., Randerson J., Sarmiento J., Taguchi S., Takahashi T. y Yuen C.-W. (2002). "Towards robust regional estimates of CO_2 sources and sinks using atmospheric transport models". *Nature*, 415: págs. 626 a 630.

Huete A.R., Liu H.Q., Batchily K. y van Leeuwen W. (1997). "A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS". *Remote Sensing of Environment*, 59: págs. 440 a 451.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.

Janssens I.A., Lankreijer H., Matteucci G., Kowalski A.S., Buchmann N., Epron D., Pilegaard K., Kutsch W., Longdoz B., Grünwald T., Montagnani L., Dore S., Rebmann C., Moors E.J., Grelle A., Rannik Ü., Morgenstern K., Oltchev S., Clement R., Guðmundsson J., Minerbi S., Berbigier P., Ibrom A., Moncrieff J., Aubinet M., Bernhofer C., Jensen N.O., Vesala T., Granier A., Schulze E.-D., Lindroth A., Dolman A.J., Jarvis P.G., Ceulemans R. y Valentini R. (2001). "Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests", *Global Change Biology*, 7: págs. 269 a 278.

Kaufman Y.J. y Tanré D. (1992). "Atmospherically-resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30: págs. 261 a 270.

Kauppi P.E., Mielikäinen K. y Kuusela K. (1992). "Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990". *Science*, 256: págs. 70 a 74.

Körner C. (2003). "Slow in, rapid out – Carbon flux studies and Kyoto targets". *Science*, 300: págs.1242 a 1243.

Kramer K., Leinonen I., Bartelink H.H., Berbigier P., Borghetti M., Bernhofer C., Cienciala E., Dolman A.J., Froer O., Gracia C.A., Granier A., Grünwald T., Hari P., Jans W., Kellomäki S., Loustau D., Magnani F., Markkanen T., Matteucci G., Mohren G.M.J., Moors E., Nissinen A., Peltola H., Sabaté S., Sánchez A., Sontag M., Valentini R. y Vesala T. (2002). "Evaluation of 6 process-based forest growth models based on eddy-covariance measurements of CO_2 and H_2O fluxes at 6 forest sites in Europe". *Global Change Biology*, 8: págs. 213 a 230.

Kurz W. y Apps M. (1999). "A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector". *Ecological Applications*, 9(2): págs. 526 a 547.

Landsberg J.J. y Waring R.H. (1997). "A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance, and partitioning". *Forest Ecology and Management*, 95: págs. 209 a 228.

Luckman A., Baker J., Honzák M. y Lucas R. (1998). "Tropical forest biomass density estimation using JERS-1 SAR: Seasonal variation, confidence limits, and application to image mosaics". *Remote Sens. Environ*., 63: págs. 126 a 139.

McGuire A.D., Sitch S., Clein J.S., Dargaville R., Esser G., Foley J., Heimann M., Joos F., Kaplan J., Kicklighter D.W., Meier R.A., Melillo J.M., Moore B. III, Prentice I.C., Ramankutty N., Reichenau T., Schloss A., Tian H., Williams L.J. y Wittenberg U. (2001). "Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO2, climate and land-use effects with four process-based ecosystem models". *Global Biogeochemical Cycles*, 15: págs. 183 a 206.

Means J.E., Acker S.A., Harding D.J., Blair J.B., Lefsky M.A., Cohen W.B., Harmon M.E. y Mckee W.A. (1999). "Use of large-footprint scanning airborne lidar to estimate forest stand characteristics in the Western Cascades of Oregon". *Remote Sens. Environ*., 67: págs. 298 a 308.

Mollicone D., Matteucci G., Koble R., Masci A., Chiesi M. y Smits P.C. (2003). "A model based approach for the estimation of carbon sink in European forest". En: Valentini R. (ed.) Fluxes of carbon, water and energy of European forests. *Ecological Studies*, Vol. 163, Springer-Verlag, Berlín, págs.179 a 206.

Monteith J.L. (1977). "Climate and the efficiency of crop production in Britain". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Serie B, 281: págs. 277 a 294.

Moreau L. y Li Z. (1996). "A new approach for remote sensing of canopy absorbed photosynthetically active radiation. II.: proportion of canopy absorption". *Remote Sensing of Environment*, 55: págs. 192 a 204.

Nabuurs G.J., Pavinen R., Sikkema R. y Mohren G.M.J. (1997). "The role of European forests in the global carbon cycle – a review". *Biomass and Bioenergy*, 13: págs. 345 a 358.

Nilsson S., Jonas M., Obersteiner M. y Victor D.G. (2001). "Verification: the gorilla in the struggle to slow global warming". *The Forestry Chronicle*, 77(3): págs. 475 a 478.

Okuda T. y Nakane K. (1988). "Application of Landsat MSS data to the vegetation classification—a case study of the northwestern part of Fukuoka prefecture, Japan". *Jpn. J. Ecol*., 38: págs. 85 a 97.

Okuda T., Suzuki M., Adachi N., Yoshida K., Niiyama K., Nur Supardi M.N., Manokaran N. y Mazlan H. (2003). "Logging history and its impact on forest structure and species composition in the Pasoh Forest Reserve - Implication for the sustainable management of natural resources and landscapes". En Okuda T, Niiyama K., Thomas S.C., y Ashton P.S. (eds.). *Pasoh: Ecology of a Rainforest in South East Asia*. Springer, Tokyo, págs. 15 a 34.

Oreskes N., Shrader-Frechette K. y Belitz K.(1994). "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences". *Science*, 263: págs. 641 a 646.

Page S.E., Siegert F., Rieley J.O., Boehm H.-D.V., Jaya A. y Limin S. (2002). "The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997". *Nature*, 420: págs. 61 a 65.

Rauste Y., Häme T., Pulliainen J., Heiska K. y Hallikainen M. (1994). "Radar-based forest biomass estimation". *Int. Jour. Remote Sensing*, 15(14): págs. 2797 a 2808.

Running S.W. (1994). "Testing FOREST-BGC ecosystem process simulations across a climatic gradient in Oregon", *Ecol. Appl*., 4(2): págs. 238 a 247.

Running S.W. y Coughlan J.C. (1988). "A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. Hydrological balance, canopy gas exchange and primary production processes". *Ecol. Model.*, 42: págs. 125 a 154.

Running S.W. y Hunt E.R. Jr. (1993). "Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC, and an application for global-scale models". En: Ehleringer J.R. y Field C. (eds.), *Scaling physiological processes: Leaf to globe*. Academic Press, San Diego, CA, págs. 141 a 158.

Saatchi S.S., Nelson B., Podest E. y Holt J. (2000). "Mapping land cover types in the Amazon Basin using 1 km JERS-1 mosaic". *Int. J. Remote Sens*., 21: págs. 1201 a 1234.

Schulze E.-D., Valentini R. y Sanz M.-J. (2002). "The long way from Kyoto to Marrakesh: implication of the Kyoto Protocol negotiations for global ecology". *Global Change Biology*, 8: págs. 505 a 518.

Smith P. (2001). "Verifying sinks under the Kyoto Protocol". VERTIC Briefing Paper 01/03, 1-9 (http://www.vertic.org/briefing/briefing.html).

Steinkamp R., Butterbach-Bahl K. y Papen H. (2001). "Methane oxidation by soils of an N limited and N fertilized spruce forest in the Black Forest, Germany". *Soil Biology & Biochemistry*, 33: págs. 145 a 153.

Terhikki Manninen A. y Ulander L.M.H. (2001). "Forestry parameter retrieval from texture in CARABAS VHF-Band SAR images". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(12): págs. 2622 a 2633.

Trotter C.M., Dymond J.R. y Goulding C.J. (1997). "Estimation of timber volume in a coniferous plantation forest using Landsat TM". *International Journal of Remote Sensing*, 18: págs. 2209 a 2223.

Uchijima Z. y Seino H. (1985). "Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetation. (1) Chikugo model for evaluating net primary productivity". *J. Agr. Met*., 40: págs. 343 a 352.

Waring R.H. (1983). "Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area". *Adv. Ecol. Res.*, 13: págs. 327 a 354.

Waring R.H. y Running S.W. (1998). *Forest Ecosystems. Analysis at multiple scales.* Academic Press, San Diego, CA, EE.UU.

ANEXO A

GLOSARIO

ACTIVIDAD

Práctica o conjunto de prácticas que tienen lugar en una zona determinada durante un período dado.

ALTERACIONES

Procesos que reducen o redistribuyen depósitos de carbono en ecosistemas terrestres.

ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE

Definición estadística: El análisis de incertidumbre de un modelo tiene por objeto proporcionar mediciones cuantitativas de la incertidumbre de los valores finales del modelo como consecuencia de las incertidumbres en el propio modelo y en los valores introducidos inicialmente en éste (o "valores de entrada"), y examinar la importancia relativa de esos factores.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Definición estadística: El análisis de sensibilidad es el estudio del algoritmo de un modelo para determinar en qué medida responde (o se mantiene estable) ante las variaciones de los datos introducidos en el modelo o de los supuestos en los que éste se basa. Se lleva a cabo modificando los valores introducidos en el modelo o las ecuaciones del modelo y observando de qué manera varían en consecuencia los resultados del modelo. El objetivo de dicho análisis de sensibilidad puede ser:

- observar el rango de los valores resultantes que corresponden a las variables introducidas en el modelo, que se encuentren dentro de rangos "razonables"; y
- calcular aproximaciones por diferencias finitas para elasticidades y sensibilidades, tal como lo exigen algunas metodologías para el estudio de la propagación de errores dentro de un sistema.

ANTROPÓGENO

Artificial, resultante de actividades humanas. En la *Directrices del IPCC*, las emisiones antropógenas se distinguen de las emisiones naturales. Muchos de los gases de efecto invernadero se emiten también naturalmente. Sólo los incrementos antropógenos sobre las emisiones naturales pueden perturbar los equilibrios naturales.

En esta O*BP-UTCUTS*, todas las emisiones y absorciones de tierras cultivadas se consideran antropógenas.

APROVECHAMIENTO

Parte de las talas (la parte comercial destinada a la elaboración).

ÁRBOL DE DECISIONES

Definición para los inventarios: Un árbol de decisiones es un diagrama de flujo que describe los pasos ordenados específicos que deben darse para preparar un inventario o un componente de inventario de conformidad con los principios de las *buenas prácticas*.

ARMONIZACIÓN DE DEFINICIONES

En este contexto significa armonizar o aumentar las posibilidades de comparación y/o convergencia entre definiciones.

ASENTAMIENTOS

Esta categoría comprende toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con la selección de definiciones nacionales.

ASIMETRÍA

Definición estadística: Es la medida de la asimetría de una FDP. Es una función simple de dos momentos de la FDP, dada por: $\gamma = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$ donde μ_2, μ_3, y σ , son momentos centrales. En las distribuciones simétricas, se tiene: $\gamma = 0$. Con frecuencia se utiliza el mismo nombre para hacer referencia a la asimetría de la muestra, en cuyo caso ambos momentos de la población son sustituidos por momentos de la muestra.

BALANCE DE CARBONO

Balance de los intercambios de carbono entre depósitos de carbono o entre depósitos concretos (p. ej., atmósfera-biosfera) del ciclo de carbono. El examen del balance de un depósito o reservorio proporcionará información acerca de si actúa como fuente o como sumidero.

BIOMASA

Material orgánico sobre el suelo y bajo el suelo, y vivo o muerto; por ejemplo, árboles, cultivos, hierbas, mantillo, raíces, etc. La biomasa comprende la definición de depósito para la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo.

BIOMASA BAJO EL SUELO

Toda la biomasa viva de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de (sugerido) 2mm de diámetro porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo.

BIOMASA SECA

Véase *materia seca*.

BIOMASA SOBRE EL SUELO

Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, con inclusión de tallos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje.

Nota: Cuando el sotobosque es un componente relativamente pequeño del depósito de carbono de biomasa sobre el suelo se puede excluir de las metodologías y datos asociados utilizados en algunos niveles, siempre y cuando los niveles se utilicen de manera coherente en todas las series cronológicas de inventarios, según se específica en el Capítulo 5.

BOREAL

Véase *polar/boreal*.

BOSQUE[1]

Superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez *in situ*. Un bosque puede consistir en formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara. Se consideran bosques también las masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado una densidad de copas de entre 10 y el 30% o una altura de los árboles de entre 2 y 5 m, así como las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo de la explotación, o de causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.

BOSQUE GESTIONADO

Todos los bosques objeto de alguna clase de interacciones humanas (sobre todo gestión con fines comerciales, recolección de rollizos (trozas) con fines industriales y leña, producción y uso de productos de madera, y bosques gestionados con fines de valor recreativo o protección del medio ambiente si lo especifica el país), con límites geográficos definidos.

BOSQUES CLAROS

Bosques caracterizados por una cubierta de copas de entre 10 y 40% (FAO), o inferior al umbral de la cubierta de dosel conforme al adoptado por la parte.

BOSQUES DENSOS

Bosques caracterizados por una cubierta de dosel superior al 40%.

BUENAS PRÁCTICAS

Definición para los inventarios: Las *buenas prácticas* son un conjunto de procedimientos encaminados a garantizar que los inventarios de gases de efecto invernadero sean exactos en el sentido de que no presenten sistemáticamente una estimación por exceso o por defecto, en la medida en que pueda juzgarse, y que las incertidumbres se reduzcan lo más posible.

Las *buenas prácticas* comprenden la elección de métodos de estimación apropiados a las circunstancias nacionales, la garantía de la calidad y el control de calidad en el plano nacional, la cuantificación de las incertidumbres y el archivo y la notificación de los datos a fin de promover la transparencia.

CAPAS MFH

Horizontes del suelo. Para los detalles, véanse las distintas definiciones en horizonte de mantillo, horizonte fermentado y horizonte húmico.

CARBONO ALMACENADO

Cantidad de carbono en un depósito.

CARTOGRAFÍA TOTAL

Cobertura espacial completa de un área terrestre; p.ej., por datos satelitales.

[1] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

CASILLA

Unidad de tierra definida por los límites de una casilla imaginaria colocada sobre un mapa. También se puede denominar celda reticular o píxel.

CATEGORÍA ESENCIAL

Categoría prioritaria en el sistema de inventarios nacionales porque su estimación influye considerablemente en el inventario total de gases de efecto invernadero directos de un país en cuanto al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambos.

CENSO

Datos reunidos interrogando a la población. Normalmente se entrevista a la población total de interés (pero a veces se hace por muestreo).

CICLO DEL CARBONO

Todas las partes (depósitos) y flujos de carbono; normalmente se considera como una serie de los cuatro principales depósitos de carbono interconectados por vías de intercambio. Los cuatro depósitos son la atmósfera, la biosfera, los océanos y los sedimentos. El carbono pasa de un depósito a otro por procesos químicos, físicos y biológicos.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

Definición estadística: Un número ubicado entre −1 y +1 que mide la dependencia recíproca entre dos variables que se observan al mismo tiempo. Un valor de +1 significa que las variables tienen una relación lineal directa perfecta; un valor de −1 significa que existe una relación lineal inversa perfecta; y un valor de 0 significa que no existe una relación lineal. Se define como la covarianza de las dos variables dividida por el producto de sus desviaciones estándar.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Definición estadística: El coeficiente de variación, vx es la razón entre la desviación estándar de la población, σx , y la media, μx,, donde $vx = \sigma x/\mu x$. Con frecuencia se refiere también al coeficiente de variación de la muestra, que es la razón entre la desviación estándar de la muestra y la media muestral.[2]

COHERENCIA

Definición para los inventarios: Coherencia significa que el inventario debe ser internamente coherente en todos sus elementos con inventarios de otros años. Un inventario es coherente si se utilizan las mismas metodologías para el año de base y todos los años subsiguientes y si se utilizan conjuntos de datos coherentes para estimar las emisiones o absorciones de fuentes o sumideros. En determinadas circunstancias mencionadas en los párrafos 10 y 11 del documento FCCC/SBSTA/1999/6/Add.1, se podrá considerar que un inventario en el que se hayan utilizado metodologías diferentes en años diferentes es coherente si los nuevos cálculos se han hecho de manera transparente, teniendo en cuenta cualquiera de las *buenas prácticas*.

Definición estadística: Se dice que un estimador estadístico de un parámetro es coherente si el estimador tiende al parámetro a medida que aumenta el tamaño de la muestra utilizada para el estimador – es decir, la precisión es mayor cuando aumenta el número de observaciones.

[2] "Coeficiente de variación" es el término que suele sustituirse por la palabra "error" cuando se dice por ejemplo que "el error es de 5%".

COMPARABILIDAD

Definición para los inventarios: Comparabilidad significa que las estimaciones de las emisiones y absorciones de que informen las Partes en sus inventarios deben ser comparables entre las Partes. A este fin, las Partes deben utilizar las metodologías y formatos acordados por la Conferencia de las Partes (CP) para estimar los inventarios e informar sobre ellos.

CONFIANZA

Definición para los inventarios: El término "confianza" se utiliza para indicar que se confía en la exactitud o precisión de una medición o estimación. La confianza que se tenga en las estimaciones de un inventario no determina que esas estimaciones sean más exactas o precisas; sin embargo, en definitiva contribuirá a que se logre un consenso en cuanto a si los datos pueden utilizarse para resolver un problema. Este uso de la palabra confianza difiere sustancialmente del uso estadístico que se hace de ella en el término intervalo de confianza.

CONTABILIDAD

Reglas para comparar emisiones y absorciones notificadas con arreglo a los compromisos.

CONTABILIZACIÓN NETO-NETO

Sumidero o fuente de carbono en el año de información menos sumidero o fuente de carbono en el año de base. Es el método para contabilizar la gestión de las tierras de pastoreo, la gestión de las tierras agrícolas y el restablecimiento de la vegetación según el párrafo 4 del artículo 3.

CONTROL DE LA CALIDAD

Definición para los inventarios: El control de la calidad (CC) es un sistema de actividades técnicas rutinarias para medir y controlar la calidad de un inventario a medida que se prepara. El sistema de CC está diseñado con los siguientes fines:

i) hacer controles rutinarios y coherentes que garanticen la integridad de los datos, su corrección y su exhaustividad;

ii) detectar y subsanar errores y omisiones;

iii) documentar y archivar el material de los inventarios y registrar todas las actividades de CC.

Las actividades de CC comprenden métodos generales como los controles de exactitud aplicados a la adquisición de los datos y a los cálculos, y la utilización de procedimientos normalizados aprobados para los cálculos de las emisiones, las mediciones, la estimación de las incertidumbres, el archivo de la información y la presentación de informes. Las actividades de CC de nivel superior comprenden exámenes técnicos de las categorías de fuentes, los datos de actividad, los factores de emisión y los métodos.

CONVERSIÓN

Cambio de un uso de la tierra a otro.

CORRELACIÓN

Definición estadística: Dependencia recíproca entre dos cantidades. Véase *coeficiente de correlación*.

COVARIANZA

Definición estadística: La covarianza entre dos variables es una medida de dependencia recíproca entre dos variables.

La covarianza muestral de una muestra pareada de variables aleatorias X e Y se calcula utilizando la fórmula siguiente: $s_{xy}^2 = \frac{1}{n}\sum_i^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ donde x_i, y_i, $i = 1,\ldots,n$ son elementos de la muestra y $\bar{x}$ e $\bar{y}$ son medias muestrales.

CRONOSECUENCIA

Las cronosecuencias consisten en mediciones en lugares similares pero separados que representan una secuencia temporal en el uso o gestión de la tierra; por ejemplo, años desde la deforestación. Se realizan esfuerzos para controlar todas las demás diferencias entre sitios (p. ej., seleccionando zonas con tipo de suelo, topografía y vegetación previa similares). Las cronosecuencias se utilizan a menudo en sustitución de estudios o mediciones experimentales repetidos en el transcurso del tiempo en el mismo lugar.

CUBIERTA DE COPAS

Véase *cubierta de dosel*.

CUBIERTA DE DOSEL

Porcentaje del suelo cubierto por una proyección vertical del perímetro extremo de la extensión natural del follaje de las plantas. No puede exceder de 100%. (Se denomina también acercamiento de las copas de los árboles.)

Lo mismo que *cubierta de copas*.

CUBIERTA TERRESTRE

Tipo de vegetación que cubre la superficie de la tierra.

CUESTIONES MULTISECTORIALES

Materias que se tratan en más de una parte de la *Orientación sobre las buenas prácticas*. En esta publicación, la identificación y cuantificación de incertidumbres, muestreo y elección de la metodología: determinación de las categorías principales, garantía de la calidad y control de calidad, coherencia y nuevos cálculos, y verificación, se tratan en un capítulo separado denominado "Cuestiones multisectoriales".

CULTIVOS PERENNES

Cultivos plurianuales, que comprenden árboles y arbustos, en combinación con cultivos herbáceos; por ejemplo, agrosilvicultura, o huertas frutales, viñedos y plantaciones como cacao, café, té, palma oleaginosa, coco, caucheros y bananos, salvo cuando esas tierras cumplen los criterios de umbral de cubierta de dosel para tierras forestales.

DATOS DE ACTIVIDAD

Definición para los inventarios: Datos sobre la magnitud de las actividades humanas que dan lugar a las emisiones o absorciones que se producen durante un período de tiempo determinado.

En el sector de UTCUTS son ejemplos de datos de actividad los relativos a áreas terrestres, sistemas de ordenación, cal y uso de fertilizantes.

DATOS DE RADAR

Datos obtenidos por teledetección desde la porción de microondas del espectro electromagnético, transmitidos entre aeronaves o satélites después de reflejarse en el objetivo.

DATOS DE TELEDETECCIÓN

Datos generalmente obtenidos por medio de escáneres o cámaras a bordo de aeronaves o satélites.

DATOS EN REJILLA

Información almacenada en una retícula regular de puntos.

DATOS ESPECÍFICOS DE UN PAÍS

Datos de las actividades o de las emisiones que se basan en investigaciones realizadas en lugares nacionales.

DEFORESTACIÓN[3]

Conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales.

DENSIDAD DE LA MADERA BÁSICA

Relación entre la masa exenta de humedad y el volumen del tronco de madera fresco sin corteza. Permite calcular la biomasa boscosa en la masa de materia seca.

DEPÓSITO DE CARBONO

El reservorio que contiene carbono.

DEPÓSITO/DEPÓSITO DE CARBONO

Reservorio. Todo sistema capaz de acumular o liberar carbono. Algunos ejemplos de depósitos de carbono son la biomasa forestal, los productos de la madera, los suelos, o la atmósfera. Se expresa en unidades de masa.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Definición estadística: La desviación estándar de la población es la raíz cuadrada positiva de la varianza. Se estima en base a la desviación estándar de la muestra, que es la raíz cuadrada positiva de la varianza de la muestra.

DICTAMEN DE EXPERTOS

Definición para los inventarios: Un dictamen cualitativo o cuantitativo bien documentado, cuidadosamente analizado, formulado en ausencia de pruebas inequívocas derivadas de la observación, por una o varias personas con conocimientos especializados comprobables en la materia de que se trate.

[3] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Definición estadística: Es una función que indica la probabilidad de que una variable aleatoria tome un valor determinado cualquiera, o que pertenezca a un determinado conjunto de valores. La probabilidad en todo el conjunto de valores de la variable aleatoria es igual a 1.

DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL

Definición estadística: La distribución lognormal es una distribución asimétrica, que comienza a partir de 0, aumenta hasta llegar a un máximo y luego va disminuyendo lentamente hacia el infinito. Está relacionada con la distribución normal: *X* tiene una distribución lognormal si ln (*X*) tiene una distribución normal.

La FDP de la distribución lognormal está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_l x\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu_l)^2}{2\sigma_l^2}} \text{ , para } 0 \le x \le \infty .$$

Los parámetros necesarios para especificar la función son: μ_l, que es la media de la transformada del logaritmo natural de los datos; y $\sigma_l^{\,2}$, que es la varianza de la transformada del logaritmo natural de los datos. Los datos y la información que puede utilizar el compilador del inventario para determinar los parámetros de entrada son: la media = μ; la varianza = σ^2; y las relaciones:

$$\mu_l = \ln \frac{\mu^2}{\sqrt{(\sigma^2 + \mu^2)}}$$

y

$$\sigma_l = \sqrt{\ln\left(\frac{\sigma^2}{\mu^2} + 1\right)} .$$

DISTRIBUCIÓN NORMAL

Definición estadística: La distribución normal (o Gaussiana) tiene la FDP dada en la siguiente ecuación y está definida por dos parámetros (la media μ y la desviación estándar σ):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ , para } -\infty \le x \le \infty .$$

DISTRIBUCIÓN UNIFORME

Definición estadística: Una variable aleatoria con una distribución uniforme o rectangular se circunscribe necesariamente a un rango dentro del cual todos los valores son igualmente probables. Si los límites superior e inferior del rango son a y b respectivamente, la FDP es una función uniforme de a a b (los dos parámetros definen la FDP).

La FDP de una distribución uniforme está dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a} & \text{para } a \le x \le b \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

donde

$$\mu = \frac{a+b}{2}$$

es la media y

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$$

es la varianza.

EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN

La fracción del carbono liberado en forma de CO_2.

EMBALSES

Masas de agua reguladas por actividades humanas (producción de energía, regadío, navegación, actividades recreativas, etc.) en las que se producen sustanciales cambios debido a la regulación del nivel de agua.

EMISIONES

Liberación de gases de efecto invernadero y/o sus precursores en la atmósfera en una zona y por un tiempo determinados.

EQUIVALENTE EN DIÓXIDO DE CARBONO

Medida utilizada para comparar diferentes gases de efecto invernadero basados en sus potenciales de calentamiento atmosférico (PCA). Los PCA se calculan como la relación entre el forzamiento radiativo de un kilogramo de gas de efecto invernadero emitido a la atmósfera y la de un kilogramo de CO_2 en un período de tiempo (normalmente 100 años).

ERROR

Definición estadística: En lenguaje estadístico, el término "error" es un término general que se refiere a la diferencia entre el valor observado (medido) de una cantidad y su valor "verdadero" (aunque generalmente desconocido), y no tiene el sentido peyorativo de equivocación o error garrafal.

ERROR ABSOLUTO

Máximo error admisible, que se define como una gama real independiente del valor de la variable estimada.

ERROR ALEATORIO

Véase *Errores sistemáticos y aleatorios*.

ERROR RELATIVO

Error máximo tolerable que es una fracción del valor de la variable que se esté estimando.

ERROR SISTEMÁTICO

Definición estadística: Véase *Errores sistemáticos y aleatorios*.

ERRORES SISTEMÁTICOS Y ALEATORIOS

Definición estadística: El error sistemático es la diferencia entre el valor verdadero, aunque generalmente desconocido, de una cantidad que se está midiendo, y el valor medio observado tal como se estimaría en base a la media muestral de un conjunto infinito de observaciones. El error aleatorio de una medición individual es la diferencia entre una medición individual y el valor del límite superior de la media muestral.

ESPACIALMENTE EXPLÍCITO

Cartografiado o referenciado geográficamente de otro modo.

ESTACIONAL (BOSQUE)

Bosques semicadizufolios con una clara temporada húmeda y seca y precitaciones comprendidas entre 1.200 y 2.000 mm al año.

ESTADÍSTICA

Definición estadística: La estadística se puede referir, en sentido general, a la compilación de datos, con frecuencia sobre actividades humanas, o, en un sentido más específico, a la rama de las ciencias que se ocupa del tratamiento numérico sistemático de los datos derivados de agregados de elementos.

ESTADÍSTICO

Definición estadística: Un estadístico es una función de las variables aleatorias de la muestra.

ESTIMACIÓN

Definición para los inventarios: El proceso de calcular emisiones.

Definición estadística: La estimación es la evaluación del valor de una cantidad o de su incertidumbre mediante la asignación de valores numéricos de observación en una fórmula de estimación, o estimador. Los resultados de una estimación pueden expresarse de la siguiente manera:

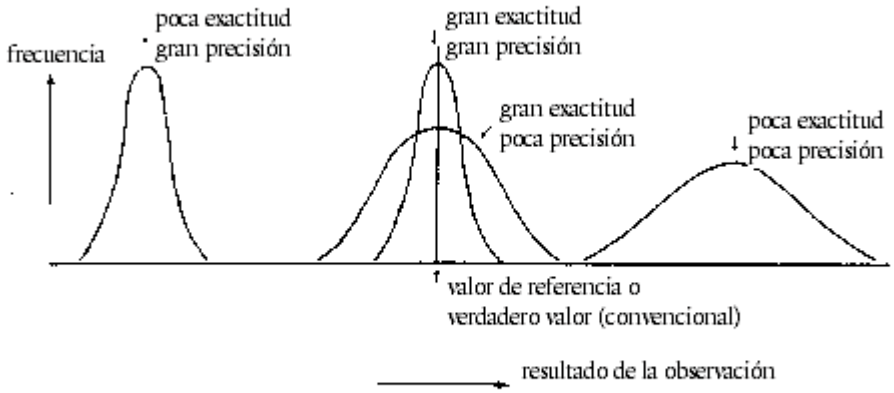
- una estimación por puntos que proporciona un número que puede utilizarse como una aproximación a un parámetro (como la desviación estándar de la muestra, que estima la desviación estándar de la población), o
- una estimación del intervalo que especifica un nivel de confianza.

Ejemplo: Una afirmación como la siguiente: "Se estima que la emisión total es de 100 kt y que su coeficiente de variación es de 5%", se basa en estimaciones por puntos de la media muestral y la desviación estándar, mientras que la afirmación de que, por ejemplo, "La emisión total está entre 90 y 110 kt con una probabilidad del 95%" expresa los resultados de la estimación en términos de un intervalo de confianza.

EXACTITUD

Definición para los inventarios: La exactitud es una medida relativa de la exactitud de una estimación de emisión o absorción. Las estimaciones deben ser exactas en el sentido de que no sean sistemáticamente estimaciones que queden por encima o por debajo de las emisiones auténticas, por lo que pueda juzgarse, y de que las incertidumbres se hayan reducido lo más posible. Deben utilizarse metodologías adecuadas que cumplan las orientaciones sobre *buenas prácticas* a fin de promover la exactitud de los inventarios. (FCCC/SBSTA/1999/6/Add. 1)

Definición estadística: La exactitud es un término general que describe la medida en que una estimación de una cantidad se mantiene inalterada ante la introducción de un sesgo causado por un error sistemático. Debe distinguirse del término precisión, como se ilustra a continuación.



EXHAUSTIVIDAD

Definición para los inventarios: Exhaustividad significa que un inventario abarca todas las fuentes y sumideros, así como todos los gases que figuran en las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*, así como otras categorías pertinentes de fuentes y sumideros que son específicas de determinadas Partes (y que, por consiguiente, no puedan incluirse en las Directrices del IPCC).

EXHAUSTIVIDAD DE QUEMA POR INCENDIO

Parte de la cantidad total de biomasa en una unidad o superficie dada que se quema en un incendio. Con frecuencia se utiliza en combinación con la eficiencia de la combustión.

EXPLOTACIÓN COMERCIAL

Véase *talas*.

FACTOR DE EMISIÓN

Definición para los inventarios: Coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones. Los factores de emisión se basan a menudo en una muestra de datos sobre mediciones, calculados como promedio para determinar una tasa representativa de las emisiones correspondientes a un determinado nivel de actividad en un conjunto dado de condiciones de funcionamiento.

FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA (FEB)

Factor de multiplicación que aumenta la madera en pie, o el volumen de recolección comercial de rollizos, o los datos de incremento del volumen de madera en pie, para tener en cuenta componentes de biomasa no vendibles, como ramas, follaje y árboles no comerciales.

FLUJO DE CARBONO

Transferencia de carbono de un contingente de carbono a otro, expresada en unidades de masa por unidad de área y tiempo; por ejemplo, t C/ha anuales.

FORESTACIÓN[4]

Conversión, por actividad humana directa de tierras, que carecieron de bosque durante un período mínimo de 50 años en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales.

FUENTE

Todo proceso, actividad o mecanismo que libere en la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero o de un aerosol. La anotación en las últimas fases de la información es el signo positivo (+).

FUENTE ESENCIAL

Véase *categoría esencial*.

FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD

Definición estadística: Una función de densidad de probabilidad (FDP) es una función matemática que caracteriza el comportamiento probable de una población. Es una función f(x) que especifica la posibilidad relativa de que una variable aleatoria continua X tome un valor cercano a x, y se define como la probabilidad de que X tome un valor entre x y x+dx, dividido por dx cuando dx es un número infinitesimalmente pequeño.

GARANTÍA DE LA CALIDAD

Definición para los inventarios: Las actividades de garantía de la calidad (GC) comprenden un sistema planificado de procedimientos de examen a cargo de personal que no participa directamente en el proceso de compilación y preparación de los inventarios, y que verifica si se han cumplido los objetivos sobre calidad de los datos, si el inventario representa la mejor estimación posible de las emisiones y los sumideros, habida cuenta de la situación actual de los conocimientos científicos y de los datos disponibles, y si apoya la eficacia del programa de control de la calidad (CC).

GESTIÓN DE BOSQUES[5]

Sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales con el objeto de permitir que el bosque cumpla funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales de manera sostenible.

GESTIÓN DE PASTIZALES[6]

Sistema de prácticas en tierras dedicadas a la ganadería para manipular la cantidad y el tipo de vegetación y de ganado producidos.

[4] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

[5] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

[6] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

GESTIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS[7]

Sistema de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola.

HORIZONTE DE MANTILLO (M)

Horizonte consistente en material vegetal muerto relativamente fresco; puede tener color, pero no contiene excrementos de fauna del suelo. No está fragmentado, o sólo lo está parcialmente.

HORIZONTE FERMENTADO (F)

Horizonte consistente en mantillo parcialmente descompuesto en el que quedan partes de plantas reconocibles microscópicamente. Casi siempre existe materia orgánica fina, consistente en excrementos de macrofauna, pero en sustancia inferior al material vegetal reconocible.

HORIZONTE HÚMICO (H)

Horizonte que consiste, sobre todo, en materia orgánica finamente distribuida (pero todavía sobre los horizontes de suelo mineral). Subsisten partes de plantas reconocibles macroscópicamente, pero se dan en mucho menor grado que la materia orgánica distribuida finamente. El horizonte puede contener partículas de suelo mineral.

HUMEDALES

Esta categoría comprende la tierra cubierta o saturada por agua durante la totalidad o parte del año (p. ej., turbera) que no entra en las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales o asentamientos. Esta categoría puede subdividirse en gestionados y no gestionados, según las definiciones nacionales. Comprende embalses como subdivisión gestionada y ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas.

HÚMEDO (BOSQUE)

Los regímenes de humedad para las zonas boreales y templadas se definen por la relación de la precipitación media anual (PMA) y la evapotranspiración potencial (EP): seco (PMA/EP<1) y húmedo (PMA/EP>1); y para las zonas tropicales por la precipitación solamente: seco (PMA<1.000 mm), húmedo (PMA: 1.000-2.000 mm) y muy húmedo (PMA: >2.000 mm).

IMÁGENES DE REJILLA

Por datos en rejilla se entiende la información almacenada en una retícula regular de puntos, por oposición a datos poligonales, que es información almacenada como coordenadas de una zona delimitadora que comparte un atributo común.

INCERTIDUMBRE

Definición estadística: La incertidumbre es un parámetro asociado al resultado de la medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente atribuirse a la cantidad medida. (P. ej., la varianza de la muestra o el coeficiente de variación).

Definición para los inventarios: Es un término general e impreciso que se refiere a la falta de certeza (en cuanto a los componentes del inventario) que se deriva de cualquier factor causal, como pueden ser la existencia de fuentes y sumideros no identificados, la falta de transparencia, etc.

[7] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 62.

INCREMENTO

Véase *incremento anual bruto* y *neto*.

INCREMENTO ANUAL BRUTO

Incremento anual medio de volumen en el período de referencia de todos los árboles medidos hasta un diámetro mínimo especificado a la altura del pecho (que varía según los países). Comprende el incremento de árboles talados o muertos.

INCREMENTO ANUAL NETO

Volumen anual medio en el período de referencia dado de incremento bruto menos mortalidad natural de todos los árboles hasta un diámetro mínimo especificado a la altura del pecho.

INFORMACIÓN

Proceso de proporcionar estimaciones a la CMCC.

INTERPOLACIÓN ESPACIAL

Deducción de las características de la tierra mediante la información conocida sobre las ubicaciones circundantes.

INTERVALO DE CONFIANZA

Definición estadística: Un intervalo de confianza es el rango dentro del cual se cree que se encuentra el verdadero valor de una cantidad. El grado de convicción se expresa mediante la probabilidad, cuyo valor está relacionado con la magnitud del intervalo. Es una de las formas en que puede expresarse la incertidumbre (véase *Estimación*, definición estadística).

En la práctica, un intervalo de confianza se define mediante un valor de probabilidad, digamos de 95%, y los límites de confianza que están a cada lado del valor medio x. En este caso, los límites de confianza L1 y L2 se calcularían utilizando la función de densidad de probabilidad, de manera que hubiese una probabilidad de 95% de que el verdadero valor de la cantidad que se quiere estimar tuviese su valor x entre L1 y L2. Los límites de confianza L1 y L2 son comúnmente el percentil 2,5 y el percentil 97,5 respectivamente.

Ejemplo: "Una emisión está entre 90 y 100 kt con una probabilidad de 95%". Esta afirmación puede hacerse cuando se ha calculado el intervalo de confianza (los valores numéricos utilizados en este ejemplo se han elegido arbitrariamente).

INVENTARIO FORESTAL

Sistema para medir la extensión, la cantidad y la condición de un bosque normalmente por muestreo.

INVENTARIOS COHERENTES CON LAS BUENAS PRÁCTICAS

Inventarios que no contienen sobreestimaciones ni subestimaciones en la medida en que puedan juzgarse, y en los que las incertidumbres se reducen lo más posible.

MADERA EN PIE

Componente de árboles vivos del volumen en pie (medido en m^3 con corteza).

MADERA MUERTA

Comprende toda la biomasa boscosa no viva no contenida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en el suelo. La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones de 10 cm de diámetro o más o de cualquier otro diámetro utilizado por el país.

MANTILLO

Comprende toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo elegido por el país (por ejemplo, 10 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de detritus, fúmica y húmica. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen en el mantillo cuando no se pueden distinguir empíricamente de él.

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad especificada elegida por el país y aplicada coherentemente mediante las series cronológicas. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella.

MATERIA SECA (m.s.)

Por materia seca se entiende la biomasa seca a un estado de secado en estufa, con frecuencia a 70º C.

MATRIZ DE CONFUSIÓN

Técnica convencional por la que se establece una matriz que muestra, para determinada clasificación de tierra, la probabilidad de clasificación errónea por una de las otras clasificaciones posibles.

MATRIZ DE ERROR

Véase *matriz de confusión*.

MEDIA

Definición estadística: La media, media de la población, esperanza o valor esperado es, en términos generales, una medida del valor central en torno al cual tienden a ubicarse los valores muestrales de una distribución de probabilidades. La media muestral o promedio aritmético es un estimador de la media. Es un estimador insesgado y coherente de la media de la población (valor esperado) y es en sí misma una variable aleatoria con su propio valor de varianza. La media muestral es la suma de todos los valores dividida por el número de valores:

$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} x_i$ (x_i, $i = 1,\ldots, n$ son elementos de una muestra).

MEDIA ARITMÉTICA

Definición estadística: La suma de los valores dividida por el número de valores.

MEDIANA

Definición estadística: La mediana o mediana de la población es un valor que divide en dos mitades la integral de una FDP. En el caso de las FDP simétricas, es igual a la media. La mediana es el percentil 50 de la población.

La mediana de la muestra es un estimador de la mediana de la población. Es el valor que divide en dos mitades iguales una muestra ordenada. Si hay 2n + 1 observaciones, se toma la mediana como el valor ubicado en la posición (n + 1) de la muestra ordenada. Si existen 2n observaciones, se considera que la mediana es el valor ubicado en el punto medio entre el enésimo (n) componente de la muestra y el componente ubicado en la posición (n + 1).

METADATOS

Información sobre datos, es decir, la descripción de los parámetros y variables que se almacenan en una base de datos: su ubicación, momento de registro, posibilidades de acceso, representatividad, propietario, etc.

MÉTODO DE MONTE CARLO

Definición para los inventarios: El principio del análisis de Monte Carlo consiste en realizar muchas veces los cálculos del inventario con una computadora electrónica, permitiendo que la computadora seleccione al azar, en cada caso, los factores de emisión inciertos o los parámetros del modelo y los datos de actividad dentro de la distribución de las incertidumbres especificadas inicialmente por el usuario. Las incertidumbres relativas a los factores de emisión o los datos de actividad suelen ser considerables y pueden no tener distribuciones normales. En ese caso, las normas estadísticas convencionales que se utilizan para combinar incertidumbres se vuelven muy aproximadas. El análisis de Monte Carlo puede resolver esta situación, generando una distribución de la incertidumbre para la estimación del inventario que sea congruente con las distribuciones de la incertidumbre de los datos introducidos con respecto a los factores de emisión, los parámetros del modelo y los datos de actividad.

MODELIZACIÓN ASCENDENTE

Método de modelización que comienza a partir de procesos a una escala detallada (es decir, escala de parcela/rodal/ecosistema) y proporciona resultados a una escala global mayor (regional/nacional/continental/mundial).

MODELIZACIÓN DESCENDENTE

Método de modelización con el que se trata de deducir procesos y parámetros a menor escala de las mediciones realizadas a una escala global (regional/nacional/continental/mundial).

MODELO

Definición estadística: Un modelo es una abstracción de base cuantitativa de una situación real que puede simplificar o pasar por alto ciertos aspectos de ésta para centrar la atención en sus elementos más importantes.

Ejemplo: La relación en la cual las emisiones son iguales a un factor de emisión multiplicado por un nivel de actividad es un modelo sencillo. El término “modelo” se utiliza también a menudo para hacer referencia a la ejecución, mediante un programa de computadora, de una abstracción de modelo.

MUESTRA

Significado estadístico: Una muestra es un conjunto finito de observaciones obtenidas de una población.

MUESTRA ALEATORIA SIMPLE

Definición estadística: Una muestra de n elementos elegidos de una población tal que cada una de las muestras posibles tiene la misma probabilidad de ser elegida.

MUY HÚMEDO (BOSQUE)

Los regímenes de humedad para las zonas boreales y templadas se definen por la relación de la precipitación media anual (PMA) y la evapotranspiración potencial (EP): seco (PMA/EP<1) y húmedo (PMA/EP>1); y para las zonas tropicales por la precipitación solamente: seco (PMA<1.000 mm), húmedo (PMA: 1.000-2.000 mm) y muy húmedo (PMA: >2.000 mm).

OTRAS TIERRAS (COMO CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA)

Esta categoría comprende suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra que no entran en ninguna de las otras cinco categorías. Cuando se dispone de datos, permite equiparar el total de las áreas de tierra identificadas con el área nacional.

PASTO

Pradera gestionada para pastoreo.

PASTOS/PRADERAS/PASTIZALES MEJORADOS

Tierras objeto de intenso pastoreo controlado con frecuencia objeto de fertilización y/o reestablecimiento regular de la cubierta herbácea.

PERCENTIL

Definición estadística: El percentil k-ésimo o percentil de la población es un valor que separa la parte k inferior de la integral de la FDP – es decir, una integral de una FDP que disminuye a partir del percentil k-ésimo hacia densidades de menor probabilidad.

POBLACIÓN

Definición estadística: La población o universo es la totalidad de los elementos estudiados. En el caso de una variable aleatoria, se considera que la distribución de probabilidad define la población de esa variable.

POLAR/BOREAL

Temperatura media anual (TMA) inferior a 0º C.

PRÁCTICA

Actuación o conjunto de actuaciones que afectan a las tierras o a las reservas de los depósitos a ellas asociados, o que afectan en algún otro aspecto al intercambio de gases de efecto invernadero con la atmósfera.

PRADERA GESTIONADA

Praderas en las que se realizan actividades de origen humano, como pastoreo o retirada de heno.

PRADERAS

Esta categoría comprende los pastizales y la tierra de pastoreo que no se considera tierra agrícola. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras forestales y no se espera que rebase, sin intervención humana, los umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. Esta categoría comprende asimismo todas las praderas, desde las tierras incultas hasta las zonas recreativas, así como

los sistemas agrícolas y de silvopastoreo, subdivididos en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones nacionales.

PRECISIÓN

Definición para los inventarios: La precisión es lo opuesto a la incertidumbre en el sentido de que cuanto más preciso es algo, menos incierto es.

Definición estadística: Bastante coincidencia entre resultados independientes de mediciones obtenidas en condiciones estipuladas (véase también *exactitud*).

PREDICCIÓN RETROSPECTIVA

Predicción de las condiciones pasadas a partir de las actuales.

PROBABILIDAD

Definición estadística: Una probabilidad es un número real en la escala de 0 a 1 asociado a un acontecimiento aleatorio. La probabilidad puede interpretarse de distintas maneras. Según una interpretación, la probabilidad tiene la naturaleza de una frecuencia relativa (es decir, la proporción de todos los resultados que corresponden a un acontecimiento), mientras que, según otra interpretación, la probabilidad es una medida del grado de convicción.

PROPAGACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

Definición estadística: Las normas de propagación de las incertidumbres establecen la forma de combinar de manera algebraica las medidas cuantitativas de la incertidumbre vinculadas a los valores de entrada de las fórmulas matemáticas utilizadas en la compilación de los inventarios, a fin de obtener las medidas correspondientes de la incertidumbre de los valores de salida. Véase el Capítulo 6, "La cuantificación de las incertidumbres en la práctica", y el Anexo 1, "Base conceptual del análisis de la incertidumbre", de *OBP2000*.

REFORESTACIÓN[8]

Conversión por actividad humana directa de tierras no boscosas en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales en terrenos donde antiguamente hubo bosques, pero que están actualmente desforestados. En el primer período de compromiso, las actividades de reforestación se limitarán a la reforestación de terrenos carentes de bosques al 31 de diciembre de 1989.

RESERVAS DE CARBONO

Es preferible utilizar carbono almacenado. Véase *carbono almacenado*.

RESOLUCIÓN

Unidad más pequeña de tierra respecto a la cual se puede determinar la cubierta terrestre o el uso de la tierra. Alta resolución significa que las unidades de tierra resolubles son pequeñas.

[8] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

RESTABLECIMIENTO DE LA VEGETACIÓN[9]

Actividad humana directa que tiene por objeto aumentar el carbono almacenado en determinados lugares mediante el establecimiento de vegetación en una superficie mínima de 0,05 ha y que no se ajusta a las definiciones de forestación y reforestación enunciadas en este artículo.

SECO (BOSQUE)

Los regímenes de humedad para las zonas boreales y templadas se definen por la relación de la precipitación media anual (PMA) y la evapotranspiración potencial (EP): seco (PMA/EP<1) y húmedo (PMA/EP>1); y para las zonas tropicales por la precipitación solamente: seco (PMA<1.000 mm), húmedo (PMA: 1.000-2.000 mm) y muy húmedo (PMA: >2.000 mm).

SECUESTRO

Proceso de aumentar el contenido de carbono de un depósito de carbono distinto de la atmósfera. Es preferible utilizar el término "sumidero".

SENSIBILIDAD

Definición estadística: La sensibilidad es la medida en que una cantidad responde a un cambio en otra cantidad conexa. La sensibilidad de una cantidad Y que es afectada por cambios en otra cantidad X se define como el cambio producido en Y, dividido por el cambio producido en X que provocó los cambios en Y.

SERIE TEMPORAL

Definición estadística: Una serie temporal es una serie de valores que resultan afectados por procesos aleatorios y que se observan como puntos sucesivos (pero generalmente equidistantes) en el tiempo.

SESGO

Definición para los inventarios: Un error sistemático del método de observación, cuyo valor se desconoce en la mayoría de los casos. El sesgo puede introducirse debido al uso de instrumentos de medición que no están correctamente calibrados, o si se seleccionan elementos de una población equivocada, o si se favorecen determinados elementos de una población, etc.

SUELOS ARENOSOS

Todos los suelos (con independencia de la clasificación taxonómica) >70% de arena y <8% de arcilla (sobre la base de mediciones de textura estándar (en la clasificación de la FAO comprenden: aeronosoles, regosoles arenosos)).

SUELOS DE ARCILLA DE ALTA ACTIVIDAD (AAA)

Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos entre ligera y moderadamente meteorizados en los que predominan en una relación de 2:1 los minerales arcillosos con silicato (en la clasificación de la FAO comprenden: vertisoles, chernozems, phaezems, luvisoles).

[9] En el contexto del Protocolo de Kyoto, según se estipula en los acuerdos de Marrakesh, véase el párrafo 1 del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 61.

SUELOS DE ARCILLA DE BAJA ACTIVIDAD (ABA)

Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy meteorizados en los que predominan en una relación de 1:1 el mineral de arcilla y los óxidos de hierro y aluminio amorfos (en la clasificación de la FAO comprenden: acrisoles, nitosoles, ferrasoles).

SUELOS ESPÓDICOS

Suelos que presentan una fuerte podzolización (en la clasificación de la FAO comprende muchos grupos podzólicos).

SUELOS ORGÁNICOS

Los suelos son orgánicos si cumplen los requisitos 1 y 2 o 1 y 3 siguientes (FAO, 1998):

1. Espesor de 10 cm o más. Un horizonte inferior a 20 cm de espesor ha de tener un 12 por ciento más de carbono orgánico cuando está mezclado a una profundidad de 20 cm;
2. El suelo no está nunca saturado con agua durante más de unos días, y contiene más del 20% (en peso) de carbono orgánico (aproximadamente el 35% de materia orgánica);
3. Si el suelo está sujeto a episodios de saturación de agua y tiene:
   - i) Al menos un 12% (en peso) de carbono orgánico (aproximadamente el 20% de materia orgánica) si carece de arcilla; o
   - ii) Al menos 18% (en peso) de carbono orgánico (aproximadamente el 30% de materia orgánica) y tiene un 60% o más de arcilla; o
   - iii) Una cantidad intermedia, proporcional, de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

SUMIDERO

Todo proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero o de un aerosol. La anotación en las últimas fases de la información es el signo negativo (-).

TALAS

Volumen en pie de todos los árboles vivos o muertos, medidos con corteza a un diámetro mínimo especificado a la altura del pecho que se talan durante el período de referencia, incluidas las partes de árboles que no se retiran del bosque. El aprovechamiento es una parte de la tala (parte comercial destinada a la elaboración).

TASAS DE ACUMULACIÓN DE BIOMASA

Composición neta, es decir, todos los incrementos menos todas las pérdidas. Cuando se utiliza la tasa de acumulación de carbono sólo se aplica un nuevo paso de conversión, es decir, el uso de contenido de carbono de 50% en materia seca (valor por defecto).

Las tasas de acumulación de biomasa se pueden calcular utilizando la Ecuación 3.2.4 del Capítulo 3 de la presente publicación.

TASAS DE ACUMULACIÓN DE CARBONO

Véase *tasas de acumulación de biomasa*.

TELEDETECCIÓN

Práctica de obtener y utilizar datos desde satélites y fotografías aéreas para deducir o medir la cubierta terrestre y el uso de la tierra. Se puede utilizar en combinación con estudios de campo para verificar la exactitud de interpretación.

TEMPLADO, CÁLIDO

Temperatura media anual (TMA) comprendida entre 10 y 20º C.

TEMPLADO, FRÍO

Temperatura media anual (TMA) entre 0 y 10º C.

TENDENCIA

Definición para los inventarios: La tendencia de una cantidad mide su tendencia relativa a lo largo de un período de tiempo, de tal modo que un valor de tendencia positiva indica un aumento de la cantidad, y un valor negativo indica una disminución. Se define como la proporción del cambio que sufre la cantidad a lo largo del período, dividido por el valor inicial de la cantidad, y generalmente se expresa ya sea como un porcentaje o como una fracción.

TIERRA TURBOSA (También HISTOSOL)

Suelo húmedo típico con una gran capa freática y una capa orgánica de 40 cm como mínimo de espesor (suelo orgánico poco avenado).

TIERRAS AGRÍCOLAS

Esta categoría comprende tierras de cultivo y labranza, y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal, con arreglo a la selección de definiciones nacionales.

TIERRAS FORESTALES

Esta categoría comprende toda la tierra con vegetación leñosa coherente con umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de GEI subdivididas a nivel nacional y cultivadas y no cultivadas, y también por tipo de ecosistema, según se especifica en las *Directrices del IPCC*.[10] También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera que lo rebase.

TRANSPARENCIA

Definición para los inventarios: Transparencia significa que las hipótesis y metodologías utilizadas en un inventario deberán explicarse con claridad para facilitar la reproducción y evaluación del inventario por los usuarios de la información suministrada. La transparencia de los inventarios es fundamental para que tenga éxito el proceso de comunicación y examen de la información.

TROPICAL

Temperatura media anual (TMA) superior a 20º C.

USO DE LA TIERRA

Tipo de actividad realizada en una unidad de tierra.

[10] La gestión de bosques tiene un significado particular en los acuerdos de Marrakech, que puede requerir la subdivisión de los bosques gestionados conforme se describe en el Capítulo 4.

En la *OBP-UTCUTS* este término se utiliza para las categorías generales y uso de la tierra definidas en el Capítulo 2. Se reconoce que esas categorías de tierras son una mezcla de clases de cubierta terrestre (p. ej., bosques, pastizales, humedales) y de uso de la tierra (p. ej., asentamientos de tierras agrícolas).

VALIDACIÓN

Definición para los inventarios: La validación es el establecimiento de métodos y fundamentos sólidos. En el contexto de los inventarios de emisiones, la validación consiste en verificar que el inventario se haya compilado correctamente, de conformidad con las directrices e instrucciones para la presentación de los informes. La validación comprueba la coherencia interna del inventario. Se utiliza en el plano jurídico para dar una confirmación o aprobación oficial a un acto o un producto.

VALOR EXTREMO

Definición estadística: Los valores extremos de una muestra son los valores máximo y mínimo de la muestra. La teoría estadística de los valores extremos se refiere a la estimación de las distribuciones de esos valores extremos para grandes números de valores muestreados.

VARIABILIDAD

Definición estadística: La variabilidad se refiere a las diferencias observadas que pueden atribuirse a la verdadera heterogeneidad o diversidad de una población. La variabilidad deriva de procesos que, o bien son intrínsecamente aleatorios, o bien tienen una naturaleza y efectos influyentes pero desconocidos. Generalmente, la variabilidad no se reduce mediante nuevas mediciones o estudios, pero se puede caracterizar utilizando cantidades como la varianza de la muestra.

VARIABLE ALEATORIA

Definición estadística: Una variable que puede asumir cualquiera de los valores de un determinado conjunto de valores y con la cual se asocia una distribución de probabilidad. Una variable aleatoria que sólo puede asumir valores aislados se denomina “discreta”. Una variable aleatoria que puede asumir cualquier valor dentro de un intervalo finito o infinito se denomina “continua”.

VARIACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO

El carbono almacenado en un depósito puede cambiar debido a la diferencia entre adiciones de carbono y pérdidas de carbono. Cuando las pérdidas son mayores que las adiciones, el carbono almacenado disminuye, y por lo tanto el depósito actúa como fuente de la atmósfera; cuando las pérdidas son menores que las adiciones, el depósito actúa como sumidero de la atmósfera.

VARIANZA

Definición estadística: La varianza, o varianza de la población, es un parámetro de una FDP, que expresa la variabilidad de la población. Es el segundo momento central de una variable aleatoria. La varianza de la muestra se define como una medida de dispersión, que es la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones de su promedio, dividida por el número de observaciones menos uno.

$$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i}^{n}(x_i - \bar{x})^2$$

VARIANZA DE LA MEDIA MUESTRAL

Definición estadística: La media de una muestra tomada de una población es en sí misma una variable aleatoria, con su propio comportamiento característico y su propia varianza. Para esas medias muestrales, la estimación

apropiada de la varianza no es la varianza de la muestra, que estima la variabilidad asociada a un único valor simple, sino un valor inferior, igual a la varianza de la muestra dividida por el tamaño de la muestra.

VERIFICACIÓN

Definición para los inventarios: La verificación se refiere al conjunto de actividades y procedimientos que pueden llevarse a cabo durante la planificación y la elaboración de un inventario, o después de terminarlo, y que puede contribuir a establecer su confiabilidad para los usos que se le pretende dar a ese inventario.

Generalmente se emplean métodos ajenos al inventario para comprobar la veracidad del inventario, entre ellos comparaciones con estimaciones realizadas por otros organismos o con mediciones de las emisiones y las absorciones determinadas a partir de las concentraciones atmosféricas o gradientes de concentración de esos gases.

VERIFICACIÓN EN TIERRA

Término utilizado para datos obtenidos mediante mediciones en tierra, normalmente como validación de datos satelitales, por ejemplo.

VOLUMEN EN PIE

Volumen de árboles en pie, vivos o muertos, sobre un tocón medido con corteza hasta un diámetro del raberón definido previamente. Comprende todos los árboles con diámetro superior a un diámetro dado a la altura del pecho (dap). El dap mínimo y el diámetro del raberón varían según los países y en general se definen nacionalmente.

Referencias

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Watson R., Noble I. R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D. J. y Dokken D. J. (Eds). *Uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura: informe especial.* Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2001). Houghton J. T. y otros (Eds). Cambio climático 2001: la base científica. Contribución del grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

FAO (1998). World Reference Base for Soil Resources. Word Soil Resources Reports 84. FAO, Roma. 88 págs. ISBN 92-5-104141-5.

FAO. (2002). Proceedings of the Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for use by various stakeholders. FAO, Roma, Italia.

Mekkink P. (1999). Soils of Forest Reserves in the Netherlands. Informe 98/35, Staring Centre, Wageningen, Países Bajos.

CMCM (2001). Párrafos 1 a) a e) del Anexo al proyecto de decisión -/CMP.1 (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), contenidos en el documento FCCC/CP/2001/13/Add. 1, pág. 61.

ANEXO B

INFORMACIÓN BÁSICA

INFORMACIÓN BÁSICA

Prefijos y factores de multiplicación

Factor de multiplicación	Abreviatura	Prefijo	Símbolo
1 000 000 000 000 000	10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000	10^{12}	tera	T
1 000 000 000	10^{9}	giga	G
1 000 000	10^{6}	mega	M
1 000	10^{3}	kilo	k
100	10^{2}	hecto	h
10	10^{1}	deca	da
0,1	10^{-1}	deci	d
0,01	10^{-2}	centi	c
0,001	10^{-3}	mili	m
0,000 001	10^{-6}	micro	μ

Abreviaturas de los compuestos químicos

CH_4	Metano
N_2O	Óxido nitroso
CO_2	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
NO_X	Óxidos de nitrógeno
COVDM	Compuesto orgánico volátil diferente del metano
NH_3	Amoniaco
CFC	Clorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
PFC	Perfluorocarbonos
SF_6	Hexafluoruro de azufre
CCl_4	Tetracloruro de carbono
C_2F_6	Hexafluoretano
CF_4	Tetrafluorometano

Equivalentes estándar

1 tonelada equivalente de petróleo (tep)	1 x 10^{10} calorías
10^3 tep	41,868 TJ
1 tonelada corta	0,9072 tonelada
1 tonelada	1,1023 tonelada corta
1 tonelada	1 megagramo
1 kilotonelada	1 gigagramo
1 megatonelada	1 teragramo
1 gigatonelada	1 petagramo
1 kilogramo	2,2046 libras
1 hectárea	10^4 m^2
1 caloría$_{IT}$	4,1868 julios
1 atmósfera	101,325 kPa

Unidades y abreviaturas

Metro cúbico	m^3
Hectárea	ha
Gramo	g
Tonelada	t
Julio	J
Grado Celsius	℃
Caloría	cal

ANEXO C

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AA	Asentamientos que siguen siendo asentamientos
AAA	Arcilla de alta actividad
AARS	Asian Association on Remote Sensing
ABA	Arcilla de baja actividad
AGO	Australian Greenhouse Gas Office
AM	Acuerdos de Marrakech
ASAR	Radar perfeccionado de apertura sintética
AT	Altura total
AVHRR	Radiómetro perfeccionado de muy alta resolución
BMR	Base mundial de referencia
CC	Control de la calidad
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CEPENU	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas
CIFOR	Centro de investigación forestal internacional
CMCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNO	Carta de navegación operacional
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo
CORINE	Coordinación de la información sobre el medio ambiente
COS	Carbono orgánico del suelo
CP	Conferencia de las Partes
CRP	Programa de Reserva de Tierras para Conservación (Estados Unidos)
CSIRO	Organización de investigaciones científicas e industriales de la Commonwealth
CTC	Cubierta terrestre CORINE
D	Densidad de la madera
DAAC	Distributed Active Archive Centre
dap	Diámetro a la altura del pecho
DBR	Distribución de biomasa de la raíz
DBSS	Densidad de biomasa sobre el suelo
DE	Desviación estándar
EMEP	Programa de cooperación para la vigilancia y la evaluación del transporte de los contaminantes atmosféricos a larga distancia en Europa
EP	Evapotranspiración potencial
ERF	Evaluación de recursos forestales
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETM+	Trazador temático mejorado más
FAO	Base de datos sobre estadísticas de la FAO
FAOSTAT	Base de datos sobre estadísticas de agricultura y alimentación
FDP	Función de densidad de probabilidad
FE	Factor de emisión
FEB	Factor de expansión de biomasa
GC	Garantía de la calidad
GEI	Gas de efecto invernadero
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición
GSB	Gestión sostenible de los bosques
HAOT	Humedades, asentamientos y otras tierras
HH	Humedales que siguen siendo humedales
IAF	Índice de área foliar
IAF	Inventario y análisis forestal
ICOLD	Comisión Internacional de Grandes Presas
ID	Identificación
INE	Intercambio neto entre ecosistemas
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ISCGM	Comité Directivo Internacional de la Cartografía Mundial
LCDB	Base de datos Uso de la tierra/Cubierta terrestre
LIDAR	Detección y localización por ondas luminosas
LVIS	Sensor láser de imágenes de vegetación
m.s.	Materia seca
MDL	Mecanismo para un desarrollo limpio
MHF	Mantillo-húmico-fermentado (capas de suelo)

MOM	Materia orgánica muerta
MOS	Materia orgánica del suelo
MSS	Escáner multiespectral
n.s.	No significativo
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
NDVI	Índice de diferencia normalizada de vegetación
NMHC	Hidrocarburos no parafínicos
NOAA	Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera
NZLCDB	Base de datos de uso de la tierra/cubierta terrestre de Nueva Zelandia
OBP	Orientación sobre las buenas prácticas
OBP2000	Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
ONG	Organizaciones no gubernamentales
OPF	Otra pulpa de fibra
ORNL	Laboratorio Nacional de Oak Ridge
OTOT	Otras tierras que siguen siendo otras tierras
PCA	Potencial de calentamiento atmosférico
PCI	Programa cooperativo internacional
PFR	Pulpa de fibra recuperada
PIDH	Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas
PIGB	Programa Internacional Geosfera-Biosfera
PM	Pulpa de madera
PMIC	Programa Mundial de Investigaciones Climáticas
PMR	Productos de madera recolectada
PNB	Producción neta del bioma
PNE	Producción neta del ecosistema
PNUMA-GRID	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Base de datos de información sobre los recursos mundiales
PP	Praderas que siguen siendo praderas
PPB	Producción primaria bruta
PPN	Producción primaria neta
PPNBS	Productividad primaria neta bajo el suelo (g/m^2/año)
PPNT	Productividad primaria neta total (g/m^2/año)
PPP	Pastizales, praderas, pastos
R/V	Relación raíz–vástago
RI	Rollizos industriales
SCRN	Servicio de conservación de recursos naturales
SAR	Radar de apertura sintética
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMOC	Sistema Mundial de Observación del Clima
SMOT	Sistema Mundial de Observación Terrestre
SPOT	Système Probatoire d'Observation de la Terre
TA	Tierras convertidas en asentamientos
TATA	Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas
TFTF	Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales
TH	Tierras convertidas en humedales
TMA	Temperatura media anual
TOT	Tierras convertidas en otras tierras
TP	Tierras convertidas en praderas
TTA	Tierras convertidas en tierras agrícolas
TTF	Tierras convertidas en tierras forestales
UE	Unión Europea
URL	Localizador de recursos uniforme
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
USGS	Estudio geológico de los Estados Unidos
UTM	Mercator Transversa Universal
VI	Vigilancia integrada
WCD	Comisión Mundial de Presas

ANEXO D

LISTA DE REVISORES

Lista de revisores

Alemania

Appel, V.	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL)
Augustin, S.	Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft (BFH)
Beerbaum	BMVEL
Benndorf, R.	Umwelt Bundes Amt
Butterbach-Bahl, K.	Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Atmosphärische Umweltforschung Garmisch-Partenkirchen (IMK-IFU)
Dieter, M.	BFH
Glatzel, S.	Universidad de Göttingen
Heinemeyer, O.	BMVEL-Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Rogasik, J.	FAL/PB
Schmitz	BMVEL
Strich, S.	BMVEL
Strogies, M.	Umwelt Bundes Amt

Argentina

Ginzo, H.	Ministerio de Relaciones Exteriores
Glaz, D.	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
Marín, N.	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
Nine, M.	Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional
Norverto, C.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos

Australia

Barrett, D.	Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting (CRC GA)
Barry, S.	CRC GA
Brack, C.	CRC GA
Carter, J.	CRC GA Queensland Natural Resources and Mines (Qld NR&M)
Cowie, A.	CRC GA State Forest of New South Wales (SF NSW)
Dalal, R.	CRC GA Qld NR&M
Dean, C.	CRC GA
Farquar, G.	CRC GA Australian National University
Gardner, D.	CRC GA SF NSW
Gifford, R.	CRC GA Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation (CSIRO)
Henry, B.	CRC GA Qld NR&M
Kirschbaum, M.	CRC GA
Mitchell, C.	CRC GA
Mokany, K.	CRC GA

Australia (cont.)

Montagu, K.	CRC GA NSW SF
Raison, J.	CRC GA CSIRO
Ritson, P.	CRC GA CALM, WA
Turner, B.	CRC GA
Ximenes, F.	CRC GA SF NSW

Austria

Radunsky, K.	Organismo Federal del Medio Ambiente

Azerbaiyán

Gobierno de Azerbaiyán

Bélgica

Vanderstraeten, M.	
Walle, I.	Universidad de Gante

Benin

Guendehou, S.	Centre béninois de la recherche scientifique et technique (CBRST)

Brasil

de Oliveira Santos, M.	
dos Santos, M.	
Fearnside, P.	Instituto Nacional de Investigación de la Amazonia (INPA)
Fujihara, M.	Price Waterhouse Coopers
Gualda, R.	
Krug, T.	Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IIICG)
Miguez, J.D.	Ministerio de Ciencia y Tecnología
Monteiro Lourenço, R.	
Paciornik, N.	Ministerio de Ciencia y Tecnología
Tavares de Lima, I.	
Vianna Rodrigues, R.	

Canadá

Bernier, P.	Canadian Forest Service
Blain, D.	Environment Canada
Boehm, M.	Agriculture and Agri-Food Canada
Boysen, E.	Ontario Ministry of Natural Resources
Brierley, T.	Department of Agriculture and Agri-Food
Chang, L.	Environment Canada
Chen, J.	University of Toronto
Chen, W.	Narural Resources Canada CCRS
Fernandes, R.	Natural Resources Canada CCRS
Graham, P.	Canadian Forest Service
Gray, P.	Ontario Ministry of Natural Resources
Henderson, L	Environment Canada

Canadá (cont.)

Jaques, A.	Government of Canada/Environment Canada
Leckie, D.	Canadian Forest Service
Lempriere, T.	Canadian Forest Service
Magnussen, S.	Canadian Forest Service
McConkey, B	Agricultue and Agri-Food Canada
McGovern, M.	Environment Canada
Trofymow, J.	Canadian Forest Service
Varfalvy, L.	Hydro-Québec
Wellisch, M.	Environment Canada

Chile

Bahamondez, C.	Centro de Información Forestal (CINFOR)

China, República Popular de

Chen, Z.	Administración Meteorológica de China
Gao, Y.	Administración Meteorológica de China
Gao, Y.	Administración Meteorológica de China
Kong, X.	Ministerio de Relaciones Exteriores
Li, L.	Comisión Estatal para la Planificación del Desarrollo
Li, Y.	Academia de Agricultura de China
Liu, H.	Centro Meteorológico Nacional
Liu, S.	Academia de Silvicultura de China
Lv, X.	Ministerio de Ciencia y Tecnología
Ma, A.	Comisión Estatal para la Planificación del Desarrollo
Qin, D.	Administración Meteorológica de China
Wang, B.	Administración Meteorológica de China
Wang, X.	Administración Estatal de Silvicultura
Xu, D.	Academia de Silvicultura de China
Yan, C.	Ministerio de Agricultura
Yang, Z.	Centro Nacional de Meteorología por Satélite
Yi, X.	Ministerio de Relaciones Exteriores
Ying, N.	Administración Meteorológica de China
Zhang, L.	Centro Nacional de Meteorología por Satélite
Zhang, X.	Academia de Silvicultura de China
Zheng, G.	Administración Meteorológica de China

Colombia

Gobierno de Colombia

Congo, República Democrática de

Ntombi	IPCC/ Coordinador

España

Díaz, C.	OECC-MMA
Sánchez-Peña, G.	Ministerio de Medio Ambiente
Sanz, M.	Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)
Vallejo, R.	Universidad de Barcelona

Estados Unidos

Andrasko, K.	USEPA
Birdsey, R.	USDA Forest Service
Buford, M.	USDA Forest Service R&D
DeAngelo, B.	USEPA
Franzluebbers, A.	USDA ARS
Goklany, I.	USDA Forest Service
Higgs, M.	USDA Forest Service R&D
Hohenstein, W	USDA
Hrubovcak, J.	USDA
Irving, W.	USEPA
Kruger, D.	USEPA
Lund, H.	Forest Information Services
Norfleet, L.	USDA NRCS
Sampson, R.	The Sampson Group, Inc.
Sperow, M.	West Virginia University
Stokes, B.	USDA Forest Service R&D
Wirth, T.	USEPA

Federación de Rusia

Bedritsky, A.	Servicio Federal Ruso de Hidrometeorología y Vigilancia del Medio Ambiente
Filipchuk, A.	Instituto Científico y de Investigación Panruso para la Silvicultura y la Mecanización/Centro Internacional de Bosques/Instituto de Silvicultura y Mecanización Forestal (VNIILM)
Gytarsky, M.	Instituto del Clima Global y Ecología
Karaban, R.	Instituto del Clima Global y Ecología
Moiseev, B.	Centro Internacional de Bosques
Nazarov, I.	Instituto del Clima Global y Ecología
Romanovskaya, A.	Instituto del Clima Global y Ecología

Finlandia

Alm, J.	Instituto Finlandés de Investigación Forestal
Esala, M.	MTT – Investigación Agroalimentaria de Finlandia
Heikinheimo, P.	Ministerio de Medio Ambiente
Heino, P.	Federación Filandesa de Industrias Forestales
Laine, J.	Universidad de Helsinki

Finlandia (cont.)

Lapveteläinen, T.	Ministerio de Agricultura y Silvicultura
Lehtonen, A.	Instituto Finlandés de Investigación Forestal
Monni, S.	VTT – Centro de Investigación Técnica de Finlandia
Muukkonen, J.	STAT, Estadística de Finlandia
Myllys, M.	MTT – Investigación Agroalimentaria de Finlandia
Pajukallio, A.	Ministerio de Medio Ambiente
Perälä, P.	MTT – Investigación Agroalimentaria de Finlandia
Pingoud, K.	VTT – Centro de Investigación Técnica de Finlandia
Regina, K.	MTT – Investigación Agroalimentaria de Finlandia
Savolainen, I.	VTT – Centro de Investigación Técnica de Finlandia
Seppänen, A.	Ministerio de Medio Ambiente
Smolander, A.	Instituto Finlandés de Investigación Forestal
Starr, M.	Instituto Finlandés de Investigación Forestal
Tomppo, E.	Instituto Finlandés de Investigación Forestal
Vainio-Mattila, M.	Ministerio de Agricultura y Silvicultura
Yli-Halla, M.	MTT – Investigación Agroalimentaria de Finlandia

Francia

Loisel, C.	Office National des Forêts (ONF) - Inventaire Forestier National (INF)
Pignard, G.	ONF - INF, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - Mission Interministérielle de l'Effet de Serre (MIES)
Riedacker, A.	ONF - IFN, INRA -MIES
Seguin, B.	IFN

Irlanda

Fay, D.	The Irish Agriculture and Food Development Authority (TEAGASC)
Gallagher, G.	National Council for Forest Research and Development (COFORD)
Hendrick, E.	COFORD
Michael, Y.	AT ENVIRON

Islandia

The Ministry for the Environment

Italia

Lumicisi, A.	Ministerio de Medio Ambiente y Territorio
Tubiello, F.	Universidad de Columbia

Japón

Fujimori, T.	Asociación de Tecnología Forestal de Japón
Handa, M.	Organización para el Desarrollo Tecnológico de Parques y Jardines
Harada, T.	Organismo de Silvicultura, Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca
Hayashi, Y.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Higashi, M.	Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte
Hiranuma, K.	Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca
Honda, Y.	Universidad de Chiba
Inoue, G.	Instituto Nacional de Estudios sobre el Medio Ambiente
Ishizuka, M.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Itakura, T.	Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología
Itakura, K.	Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte
Kato, J.	Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte
Kobayashi, S.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Kohyama, T.	Universidad de Hokkaido
Koike, T.	Universidad de Hokkaido (Silvicultura), FSC
Matsumoto, M.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Minami, K.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Morikawa, Y.	Universidad de Waseda
Muto, N.	Organismo de Silvicultura, Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca
Nara, C.	Ministerio de Medio Ambiente
Nouchi, I.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Ogiwara, H.	Organismo de Silvicultura, Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca
Ohta, S.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Oikawa, K.	Universidad de Tsukuba
Okuda, T.	Instituto Nacional de Estudios sobre el Medio Ambiente
Shibasaki, R.	Universidad de Tokyo
Shimizu, K.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Shirato, Y.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Sweda, T.	Universidad de Ehime

Japón (cont.)

Takahashi, M.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Taniyama, I.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Tanouchi, H.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Tonosaki, M.	Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales
Tsuruta, H.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Watanabe, T.	Organismo de Silvicultura, Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca
Yagi, K.	Instituto Nacional de Ciencias Agroambientales
Yamagata, Y.	Instituto Nacional de Estudios del Medio Ambiente
Yasuoka, Y.	Universidad de Tokyo

Kenya

Ambenje, P.	
Marigi, S.	
Munah, P.	
Njihia, J.	
Wairoto, J.	Departamento Meteorológico de Kenya

Malasia

Ministry of Science, Technology and the Environment (MOSTE)

Chan, K.	Malaysian Palm Oil Board (MPOB)

Nigeria

Obioh, I.	DERD, OAU

Noruega

Aalde, H.	Instituto Noruego de Inventarios de la Tierra (NIJOS)
de Wit, H.	Skogforsk/NIJOS
Eldhuset, T.	Skogforsk
Flugsrud, K.	Instituto Nacional de Estadística de Noruega
Grønlund, A.	Centro Noruego de Investigación del Suelo y el Medio Ambiente
Klokk, T.	Dirección General de Gestión de la Naturaleza
Lindstad, B.	Universidad de Agricultura de Noruega
Nilsen, P.	Skogforsk
Njøs, A.	Jordforsk
Pettersen, M.	Organismo Noruego de Control de la Contaminación
Rosland, A.	Organismo Noruego de Control de la Contaminación
Rypdal, K.	Centro para la Investigación Internacional del Clima y el Medio Ambiente de Oslo (CICERO)

Noruega (cont.)

Sletnes, A.	Ministerio de Agricultura
Solberg, B.	Dirección General para Gestión de la Naturaleza
Tomter, S.	NIJOS
Torvanger, A.	CICERO
Utseth, A.	Dirección General para la Gestión de de la Naturaleza
Vestgarden, L.	Jordforsk

Nueva Zelandia

Baisden, T.	Landcare Research
Barton, J.	New Zealand Climate Change Office
Beets, P.	Forest Research
Edwards, S.	Ministry of Agriculture and Forestry (MAF)
Ford-Robertson, J.	Ford-Robertson Initiatives Ltd
Goulding, C.	Forest Research
Jebson, M.	MAF
Lane, P.	MAF
Maclaren, P.	Piers Maclaren and Associates
Manley, B.	School of Forestry, Canterbury University
Novis, J.	MAF
Plume, H.	New Zealand Climate Change Ofice
Reisinger, A.	New Zealand Climate Change Office
Robertson, K.	Force Consulting Ltd
Rys, G.	MAF
Smith, B.	MAF
Stephens, P.	Landcare Research
Tate, K.	Landcare Research
Trotter, C.	Landcare Research
Ward, M.	New Zealand Climate Change Office
Wratt, D.	National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA)

Omán

bin Ali Al-Hakmani, M.	Ministerio de Municipalidades Regionales, Medio Ambiente y Recursos Hídricos

Países Bajos

Abeelen, C.	Organismo para la Energía y el Medio Ambiente (Novem)
Batjes, N.	Centro Internacional de Referencia e Información sobre Suelos (ISRIC)/WDC para suelos
Clabbers, B.	Ministerie Landbouw, Natuur en Visserij (LNV)
Dirkse, G.	ALTERRA
Groesz, F.	NEO
Moors, E.	ALTERRA
Nabuurs, G.	ALTERRA
Paasman, J.	Bosdata
Trines, E.	LNV
van Tol, G.	EC-LNV

Polonia

Olecka, A.	Instituto de Meteorología y Ordenación de los Recursos Hídricos, Centro de Meteorología

Portugal

Ferreira, C.	Dirección General de Bosques
Seixas, J.	Universidad Nueva de Lisboa

Reino Unido

Broadmeadow, M.	Forest Research
Grace, J.	University of Edinburgh
Gregory, S.	FC
Penman, J.	Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA)
Smith, K.	University of Edinburgh

Sri Lanka

Punyawardena, B.	Departamento de Agricultura

Sudán

Elgizouli, I.	Consejo Superior de Medio Ambiente y Recursos Naturales (HCENR)
Elhassan, N.	HCENR

Suecia

Boström, B.	Organismo de Protección del Medio Ambiente/Organismo Sueco de Energía
Eriksson, H.	Junta Nacional de Silvicultura/Organismo de Protección del Medio Ambiente
Jacobsson, J.	Naturvårds-verket
Lillieskölд, M.	Organismo Sueco de Protección del Medio Ambiente
Österberg, K.	Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas/Organismo de Protección del Medio Ambiente
Ståhl, G.	Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas

Suiza

Filliger, P.	Gobierno de Suiza
Robledo, C.	Laboratorios Federales Suizos para Prueba e Investigación de Materiales (EMPA)
Romero, J.	Gobierno de Suiza

Tayikistán

Novikov, V.	Servicio Hidrometeorológico de Tayikistán

Turquía

Sensoy, S.	Servicio Meteorológico Estatal

Tuvalu

Fry, I.	Departamento de Medio Ambiente

Comisión Europea (CE)

Herold, A.	Öko-Institut
Matteucci, G.	Centro Mixto de Investigación, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad (JRC IES)
Seufert, G.	Centro Mixto de Investigación, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad (JRC IES)
Wenning, M.	

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Friedrich, T.	FAO
Holmgren, P.	FAO
Killmann, W.	FAO
Schoene, D.	FAO

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Forner, C.	CMCC
Granholm, H.	CMCC

Agencia Espacial Europea

Arino, O.	ESA
Dees, M.	GAF, Munich
Fernández-Prieto, D.	ESA
Volden, E.	ESA

Fondo Mundial para la Naturaleza

Rakonczay, Z.	WWF