

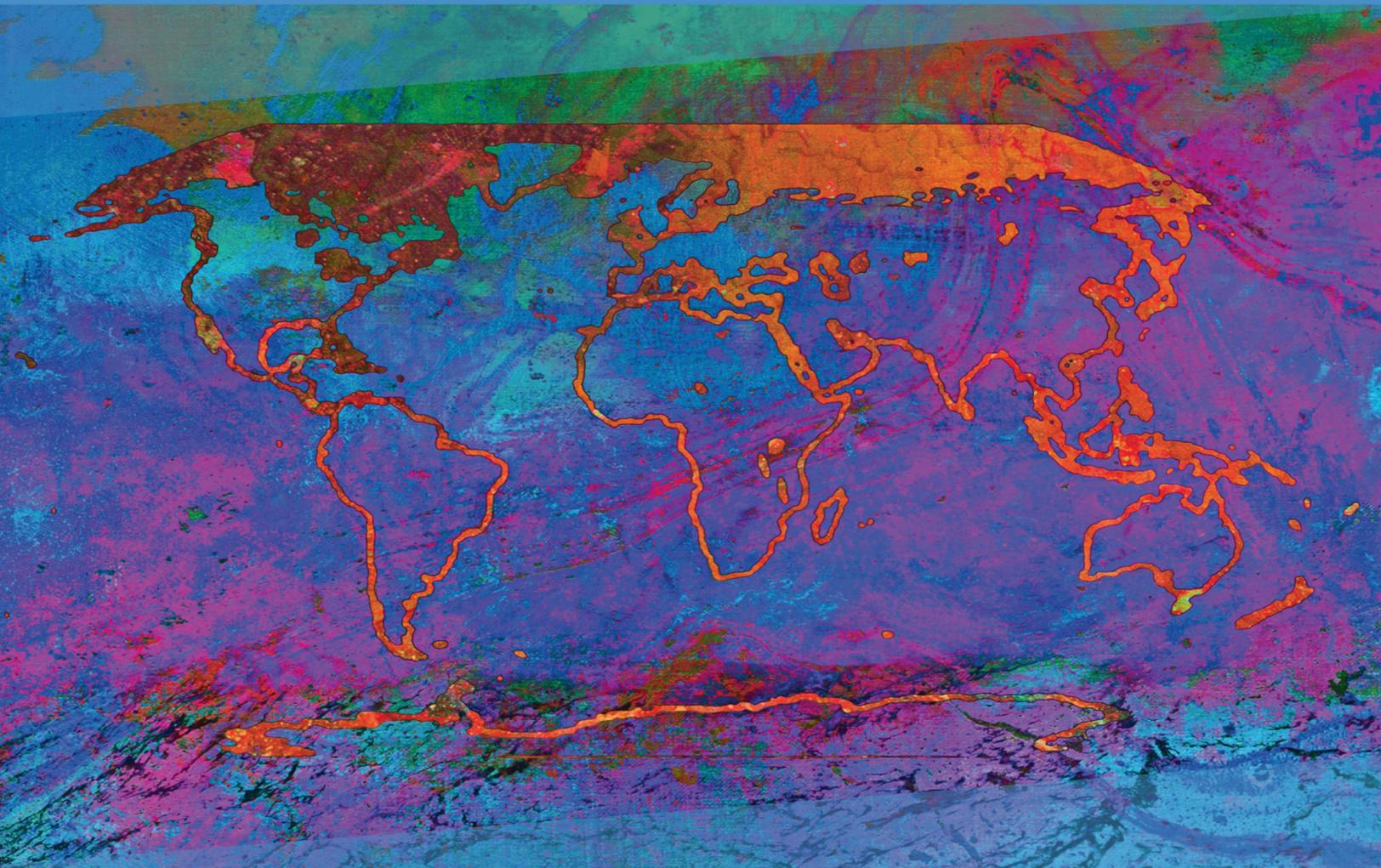
ipcc

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL cambio climático

Cambio climático 2021

Bases físicas

Resumen para responsables de políticas



GTI

Contribución del Grupo de Trabajo I
al Sexto Informe de Evaluación del Grupo
Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático



Cambio climático 2021

Bases físicas

Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Edición a cargo de

Valérie Masson-Delmotte
Copresidenta del Grupo de Trabajo I

Panmao Zhai
Copresidente del Grupo de Trabajo I

Anna Pirani
Jefa de la Unidad de Apoyo Técnico

Sarah L. Connors
Jefa del Equipo Científico

Clotilde Péan
Jefa de Operaciones

Yang Chen
Funcionario Científico Principal

Leah Goldfarb
Funcionaria Científica Principal

Melissa I. Gomis
Funcionaria Científica Principal

J.B.Robin Matthews
Funcionario Científico Principal

Sophie Berger
Funcionaria Científica

Mengtian Huang
Funcionaria Científica

Ozge Yelekçi
Funcionaria Científica

Rong Yu
Funcionaria Científica

Baiquan Zhou
Funcionario Científico

Elisabeth Lonnoy
Asistente de Proyecto

Thomas K. Maycock
Editor Científico

Tim Waterfield
Funcionario de Tecnología de la Información

Katherine Leitzell
Directora de Comunicación

Nada Caud
Directora de Divulgación

Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo I del IPCC

Ilustración de la portada: *Changing* de Alisa Singer. www.environmentalgraphiti.org © 2021 Alisa Singer

© 2021 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Impreso en octubre de 2021 por el IPCC, Suiza.

Pueden descargarse copias electrónicas del presente Resumen para responsables de políticas del sitio web del IPCC: www.ipcc.ch

ISBN 978-92-9169-358-0

Resumen para responsables de políticas

Resumen para responsables de políticas

Autores del equipo de redacción:

Richard P. Allan (Reino Unido), Paola A. Arias (Colombia), Sophie Berger (Francia/Bélgica), Josep G. Canadell (Australia), Christophe Cassou (Francia), Deliang Chen (Suecia), Annalisa Cherchi (Italia), Sarah L. Connors (Francia/Reino Unido), Erika Coppola (Italia), Faye Abigail Cruz (Filipinas), Aïda Diongue-Niang (Senegal), Francisco J. Doblas-Reyes (España), Hervé Douville (Francia), Fatima Driouech (Marruecos), Tamsin L. Edwards (Reino Unido), François Engelbrecht (Sudáfrica), Veronika Eyring (Alemania), Erich Fischer (Suiza), Gregory M. Flato (Canadá), Piers Forster (Reino Unido), Baylor Fox-Kemper (Estados Unidos de América), Jan S. Fuglestedt (Noruega), John C. Fyfe (Canadá), Nathan P. Gillett (Canadá), Melissa I. Gomis (Francia/Suiza), Sergey K. Gulev (Federación de Rusia), José Manuel Gutiérrez (España), Rafiq Hamdi (Bélgica), Jordan Harold (Reino Unido), Mathias Hauser (Suiza), Ed Hawkins (Reino Unido), Helene T. Hewitt (Reino Unido), Tom Gabriel Johansen (Noruega), Christopher Jones (Reino Unido), Richard G. Jones (Reino Unido), Darrell S. Kaufman (Estados Unidos de América), Zbigniew Klimont (Austria/Polonia), Robert E. Kopp (Estados Unidos de América), Charles Koven (Estados Unidos de América), Gerhard Krinner (Francia/Alemania, Francia), June-Yi Lee (República de Corea), Irene Lorenzoni (Reino Unido/Italia), Jochem Marotzke (Alemania), Valérie Masson-Delmotte (Francia), Thomas K. Maycock (Estados Unidos de América), Malte Meinshausen (Australia/Alemania), Pedro M. S. Monteiro (Sudáfrica), Angela Morelli (Noruega/Italia), Vaishali Naik (Estados Unidos de América), Dirk Notz (Alemania), Friederike Otto (Reino Unido/Alemania), Matthew D. Palmer (Reino Unido), Izidine Pinto (Sudáfrica/Mozambique), Anna Pirani (Italia), Gian-Kasper Plattner (Suiza), Krishnan Raghavan (India), Roshanka Ranasinghe (Países Bajos/Sri Lanka, Australia), Joeri Rogelj (Reino Unido/Bélgica), Maisa Rojas (Chile), Alex C. Ruane (Estados Unidos de América), Jean-Baptiste Sallée (Francia), Bjørn H. Samset (Noruega), Sonia I. Seneviratne (Suiza), Jana Sillmann (Noruega/Alemania), Anna A. Sörensson (Argentina), Tannecia S. Stephenson (Jamaica), Trude Storelvmo (Noruega), Sophie Szopa (Francia), Peter W. Thorne (Irlanda/Reino Unido), Blair Trewin (Australia), Robert Vautard (Francia), Carolina Vera (Argentina), Noureddine Yassaa (Argelia), Sönke Zaehle (Alemania), Panmao Zhai (China), Xuebin Zhang (Canadá), Kirsten Zickfeld (Canadá/Alemania)

Autores contribuyentes:

Krishna M. AchutaRao (India), Bhupesh Adhikary (Nepal), Edvin Aldrian (Indonesia), Kyle Armour (Estados Unidos de América), Govindasamy Bala (India/Estados Unidos de América), Rondrotiana Barimalala (Sudáfrica/Madagascar), Nicolas Bellouin (Reino Unido/Francia), William Collins (Reino Unido), William D. Collins (Estados Unidos de América), Susanna Corti (Italia), Peter M. Cox (Reino Unido), Frank J. Dentener (Unión Europea/Países Bajos), Claudine Dereczynski (Brasil), Alejandro Di Luca (Australia, Canadá/Argentina), Alessandro Dosio (Italia), Leah Goldfarb (Francia/Estados Unidos de América), Irina V. Gorodetskaya (Portugal/Bélgica, Federación de Rusia), Pandora Hope (Australia), Mark Howden (Australia), A. K. M. Saiful Islam (Bangladesh), Yu Kosaka (Japón), James Kossin (Estados Unidos de América), Svitlana Krakovska (Ucrania), Chao Li (China), Jian Li (China), Thorsten Mauritsen (Alemania/Dinamarca), Sebastian Milinski (Alemania), Seung-Ki Min (República de Corea), Thanh Ngo Duc (Viet Nam), Andy Reisinger (Nueva Zelanda), Lucas Ruiz (Argentina), Shubha Sathyendranath (Reino Unido/Canadá, ciudadano de ultramar de la India), Aimée B. A. Slangen (Países Bajos), Chris Smith (Reino Unido), Izuru Takayabu (Japón), Muhammad Irfan Tariq (Pakistán), Anne-Marie Treguier (Francia), Bart van den Hurk (Países Bajos), Karina von Schuckmann (Francia/Alemania), Cunde Xiao (China)

Este Resumen para responsables de políticas debe ser citado del siguiente modo:

IPCC, 2021: Resumen para responsables de políticas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (editores)]. Cambridge University Press.

Introducción

En este Resumen para responsables de políticas (RRP) se presentan las principales conclusiones de la contribución del Grupo de Trabajo I (GTI) al Sexto Informe de Evaluación (IE6)¹ del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) sobre las bases físicas del cambio climático. El informe se basa en la contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5) de 2013 y a los informes especiales² del IPCC de 2018 y 2019 del ciclo del IE6, e incorpora nuevas evidencias posteriores de la climatología.³

En el presente resumen se presenta una síntesis de alto nivel sobre los conocimientos del estado actual del clima, en particular cómo está cambiando y el papel de la influencia humana, el estado del conocimiento sobre posibles futuros climáticos, la información climática pertinente para las distintas regiones y sectores, y la limitación del cambio climático inducido por el ser humano.

Sobre la base de los conocimientos científicos, las principales conclusiones pueden formularse como exposiciones de hechos o asociarse a un nivel de confianza expresado mediante el lenguaje calibrado del IPCC.⁴

La base científica de cada conclusión principal se encuentra en las secciones de los capítulos del informe principal y en la síntesis integrada presentada en el resumen técnico (RT), y se indica entre llaves. El Atlas Interactivo del GTI correspondiente al IE6 facilita el estudio de estas conclusiones principales de la síntesis, así como la información de apoyo sobre el cambio climático, en todas las regiones de referencia del GTI.⁵

A. El estado actual del clima

Desde el IE5, las mejoras en las estimaciones basadas en observaciones y la información de los archivos paleoclimáticos proporcionan una visión completa de cada componente del sistema climático y sus cambios hasta la fecha. Gracias a las simulaciones de los nuevos modelos climáticos, los nuevos análisis y los métodos que combinan diversas líneas de evidencia, se entiende mejor la influencia humana en una gama más amplia de variables climáticas, incluidos los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Los períodos analizados a lo largo de esta sección dependen de la disponibilidad de productos de observación, archivos paleoclimáticos y estudios examinados por homólogos.

A.1 El calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra debido a la influencia humana es inequívoco. Se han producido cambios rápidos y generalizados en la atmósfera, el océano, la criosfera y la biosfera. {2.2, 2.3, Recuadro general 2.3, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.8, 5.2, 5.3, 6.4, 7.3, 8.3, 9.2, 9.3, 9.5, 9.6, Recuadro general 9.1} (Figura RRP.1, Figura RRP.2)

A.1.1 Los aumentos observados en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) homogéneamente mezclados desde alrededor de 1.750 están causados de forma inequívoca por las actividades humanas. Desde 2011 (mediciones recogidas en el IE5), las concentraciones han seguido aumentando en la atmósfera y, en 2019,⁶ alcanzaron medias anuales de 410 partes por millón (ppm) de dióxido de carbono (CO₂), 1.866 partes por billón (ppb) de metano (CH₄) y 332 ppb de óxido nitroso (N₂O). La tierra y el océano han absorbido una proporción casi constante (a escala global,

1 Decisión IPCC/XXVI-2.

2 Los tres informes especiales son los siguientes: "Calentamiento global de 1,5 °C: informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza"; "El cambio climático y la tierra: informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres"; y el informe especial del IPCC sobre "El océano y la criosfera en un clima cambiante".

3 La evaluación comprende los trabajos científicos aceptados para su publicación hasta el 31 de enero de 2021.

4 Cada conclusión se fundamenta en una evaluación de la evidencia y el acuerdo subyacentes. El nivel de confianza se expresa mediante cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto, y se indica en letra cursiva (p. ej., *nivel de confianza medio*). Se emplean los siguientes términos para indicar el grado de probabilidad de un resultado: prácticamente seguro, del 99 % al 100 % de probabilidad; muy probable, del 90 % al 100 %; probable, del 66 % al 100 %; tan probable como improbable, del 33 % al 66 %; improbable, del 0 % al 33 %; muy improbable, del 0 % al 10 %; y extraordinariamente improbable, del 0 % al 1 %. También se utilizan otros términos (sumamente probable, del 95 % al 100 %; más probable que improbable, > 50 % al 100 %; y sumamente improbable, del 0 % al 5 %) cuando procede. El grado de probabilidad se indica en letra cursiva (p. ej., *muy probable*), a fin de mantener la coherencia con el IE5. En el presente informe, a menos que se indique lo contrario, los corchetes [x a y] se utilizan para proporcionar el rango muy probable evaluado, o el intervalo del 90 %.

5 El Atlas Interactivo está disponible en el siguiente sitio web: <https://interactive-atlas.ipcc.ch>.

6 Otras concentraciones de GEI en 2019: perfluorocarbonos (PFC), 109 partes por billón (ppb) equivalente a CF₄; hexafluoruro de azufre (SF₆), 10 ppb; trifluoruro de nitrógeno (NF₃), 2 ppb; hidrofluorocarbonos (HFC), 237 ppb equivalente a HFC-134a; otros gases del Protocolo de Montreal (principalmente clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC), 1.032 ppb equivalente a CFC-12). Los aumentos desde 2011 son de 19 ppm en el caso del CO₂, 63 ppb en el caso del CH₄ y 8 ppb en el caso del N₂O.

alrededor del 56 % anual) de las emisiones de CO₂ procedentes de las actividades humanas durante las últimas seis décadas, con diferencias regionales (*nivel de confianza alto*).⁷
{2.2, 5.2, 7.3, TS.2.2, Box TS.5}

- A.1.2 Cada una de las últimas cuatro décadas ha sido sucesivamente más cálida que cualquier década anterior desde 1850. La temperatura global en superficie⁸ de las dos primeras décadas del siglo XXI (2001–2020) fue 0,99 [de 0,84 a 1,10] °C más alta que en el período 1850–1900.⁹ La temperatura global en superficie fue 1,09 [de 0,95 a 1,20] °C más alta en 2011–2020 que en 1850–1900, y los aumentos fueron mayores sobre la tierra (1,59 [de 1,34 a 1,83] °C) que sobre el océano (0,88 [de 0,68 a 1,01] °C). El incremento estimado de la temperatura global en superficie desde el IE5 se debe principalmente a un mayor calentamiento a partir de 2003–2012 (+0,19 [de 0,16 a 0,22] °C). Además, gracias a los avances metodológicos y los nuevos conjuntos de datos, se añadió aproximadamente 0,1 °C a la estimación actualizada del calentamiento en el IE6.¹⁰
{2.3, Recuadro general 2.3} (Figura RRP.1)
- A.1.3 El rango *probable* del aumento total de la temperatura global en superficie provocado por las actividades humanas de 1850–1900 a 2010–2019¹¹ oscila entre 0,8 °C y 1,3 °C, cuya mejor estimación es de 1,07 °C. Es *probable* que los GEI homogéneamente mezclados hayan contribuido a un calentamiento de entre 1,0 °C y 2,0 °C, que otras fuerzas impulsoras humanas (principalmente los aerosoles) hayan contribuido a un enfriamiento de entre 0,0 °C y 0,8 °C, que las fuerzas impulsoras naturales hayan modificado la temperatura global en superficie entre -0,1 °C y +0,1 °C, y que la variabilidad interna la haya cambiado entre -0,2 °C y +0,2 °C. Es *muy probable* que los GEI homogéneamente mezclados hayan sido la principal fuerza impulsora¹² del calentamiento de la troposfera desde 1979, y es sumamente probable que el agotamiento de la capa de ozono estratosférico causado por el ser humano haya sido el principal factor de enfriamiento de la estratosfera inferior entre 1979 y mediados de la década de 1990.
{3.3, 6.4, 7.3, RT.2.3, Recuadro transversal RT.1} (Figura RRP.2)
- A.1.4 Es *probable* que la precipitación media mundial sobre las superficies continentales haya aumentado desde 1950, con un ritmo de aumento más rápido desde la década de 1980 (*nivel de confianza medio*). Es probable que la influencia humana haya contribuido a la tendencia de los cambios observados en las precipitaciones desde mediados del siglo XX, y es *sumamente probable* que la influencia humana haya contribuido a la tendencia de los cambios observados en la salinidad de los océanos cerca de la superficie. Con respecto a las trayectorias de tormentas en latitudes medias, es *probable* que se hayan desplazado hacia los polos en ambos hemisferios desde la década de 1980, con una marcada estacionalidad en las tendencias (*nivel de confianza medio*). En el hemisferio sur, es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido al desplazamiento hacia el polo del chorro extratropical, estrechamente relacionado en el verano austral.
{2.3, 3.3, 8.3, 9.2, RT.2.3, RT.2.4, Recuadro RT.6}
- A.1.5 Es *muy probable* que la influencia humana sea la principal fuerza impulsora del retroceso global de los glaciares desde la década de 1990, así como de la disminución de la superficie de hielos marinos del Ártico entre 1979–1988 y 2010–2019 (disminuciones de alrededor del 40 % en septiembre y de alrededor del 10 % en marzo). No se ha observado una tendencia importante en la superficie de hielos marinos de la Antártida desde 1979 hasta 2020 debido a tendencias regionalmente opuestas y a una gran variabilidad interna. Es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a la disminución del manto de nieve primaveral del hemisferio norte desde 1950. Asimismo, es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a la fusión superficial observada del manto de hielo de Groenlandia en las últimas dos décadas, pero solo se dispone de *evidencias limitadas*, con un *nivel de acuerdo medio*, de la influencia humana en la pérdida de masa del manto de hielo de la Antártida.
{2.3, 3.4, 8.3, 9.3, 9.5, RT.2.5}

7 La tierra y el océano no son sumideros importantes de otros GEI.

8 Nota de pie de página 8: En este resumen, el término “temperatura global en superficie” se utiliza en referencia tanto a la temperatura media global en superficie como a la temperatura global del aire en superficie. Se estima, con un *nivel de confianza alto*, que los cambios en estas cantidades difieren, como máximo, en un 10 % entre sí, pero las líneas de evidencia divergentes dan lugar a un *nivel de confianza bajo* en el signo (dirección) de cualquier diferencia en la tendencia a largo plazo. {Recuadro transversal RT.1}

9 El período 1850–1900 representa el primer período de observaciones suficientemente completas a nivel mundial para estimar la temperatura global en superficie y, en consonancia con el IE5 y el informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C, se utiliza como una aproximación a las condiciones preindustriales.

10 Desde el IE5, los avances metodológicos y los nuevos conjuntos de datos han proporcionado una representación espacial más completa de los cambios en la temperatura de la superficie, incluido el Ártico. A través de estas y otras mejoras, también se ha incrementado la estimación del cambio de la temperatura global en superficie en aproximadamente 0,1 °C, pero este aumento no representa un calentamiento físico adicional desde el IE5.

11 La distinción de períodos con A.1.2 se debe a que los estudios de atribución consideran este período levemente anterior. El calentamiento observado hasta 2010–2019 es de 1,06 [de 0,88 a 1,21] °C.

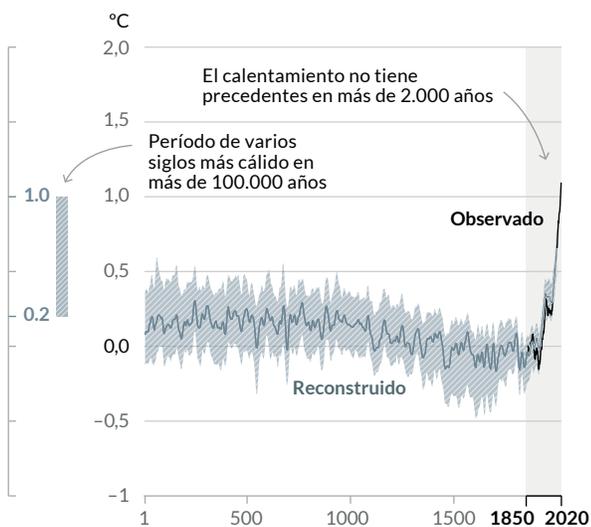
12 A lo largo del presente resumen, “principal fuerza impulsora” significa responsable de más del 50 % del cambio.

- A.1.6 Es *prácticamente seguro* que las capas superiores del océano (0 a 700 m) en todo el mundo se han calentado desde la década de 1970, y es *sumamente probable* que la influencia humana sea la principal fuerza impulsora. Es *prácticamente seguro* que las emisiones de CO₂ de origen humano son la principal fuerza impulsora de la actual acidificación global de las aguas superficiales del mar abierto. Existe un *nivel de confianza alto* en que los niveles de oxígeno han disminuido en muchas regiones de las capas superiores del océano desde mediados del siglo XX, y un *nivel de confianza medio* en que la influencia humana ha contribuido a esta disminución. {2.3, 3.5, 3.6, 5.3, 9.2, RT.2.4}
- A.1.7 El nivel medio del mar global aumentó 0,20 [de 0,15 a 0,25] m entre 1901 y 2018. La tasa media de aumento del nivel del mar fue de 1,3 [de 0,6 a 2,1] mm anuales entre 1901 y 1971, y se incrementó a 1,9 [de 0,8 a 2,9] mm anuales entre 1971 y 2006, y aún más a 3,7 [de 3,2 a 4,2] mm anuales entre 2006 y 2018 (*nivel de confianza alto*). Es *muy probable* que la influencia humana haya sido la principal fuerza impulsora de estos aumentos desde, al menos, 1971. {2.3, 3.5, 9.6, Recuadro general 9.1, Recuadro RT.4}
- A.1.8 Los cambios en la biosfera terrestre desde 1970 son coherentes con el calentamiento global: las zonas climáticas se han desplazado hacia los polos en ambos hemisferios, y la temporada de crecimiento se ha alargado, en promedio, hasta dos días por década desde la década de 1950 en las áreas extratropicales del hemisferio norte (*nivel de confianza alto*). {2.3, RT.2.6}

La influencia humana ha provocado un calentamiento en el clima a un ritmo sin precedentes en, al menos, 2.000 años

Cambios en la temperatura global en superficie con respecto al período 1850–1900

(a) Cambio en la temperatura global en superficie (media decadal) **reconstruido** (1–2000) y **observado** (1850–2020)



(b) Cambio en la temperatura global en superficie (media anual) **observado** y simulado utilizando **factores humanos y naturales** y solo factores **naturales** (ambos 1850–2020)

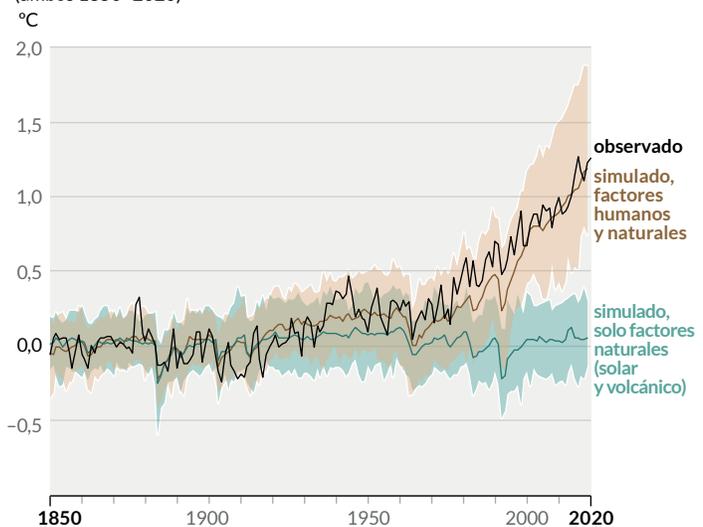


Figura RRP.1 | Historia del cambio de la temperatura global y causas del calentamiento reciente

Gráfico (a) Cambios en la temperatura global en superficie reconstruida a partir de archivos paleoclimáticos (línea gris continua, años 1–2.000) **y de observaciones directas** (línea negra continua, 1850–2020), tanto en relación con 1850–1900 como en promedio decenal. La barra vertical de la izquierda muestra la temperatura estimada (rango *muy probable*) durante el período de varios siglos más cálido en, al menos, los últimos 100.000 años, que se produjo hace unos 6.500 años durante el actual período interglacial (Holoceno). El último período interglacial, hace unos 125.000 años, es el siguiente candidato más reciente a un período de temperatura más elevada. Estos períodos cálidos pasados fueron causados por variaciones orbitales lentas (multimilenarias). El sombreado gris con líneas diagonales blancas muestra los rangos *muy probables* de las reconstrucciones de temperatura.

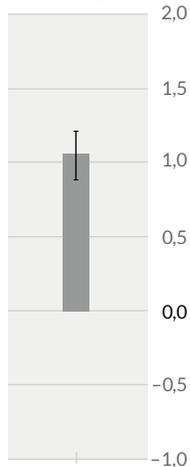
Gráfico (b) Cambios en la temperatura global en superficie durante los últimos 170 años (línea negra) en relación con 1850–1900 y promediados anualmente, en comparación con las simulaciones de los modelos climáticos de la sexta fase del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP6) (véase el Recuadro RRP.1) correspondientes a la respuesta de la temperatura a las fuerzas impulsoras humanas y naturales (marrón) y solo a las fuerzas impulsoras naturales (actividad solar y volcánica, verde). Las líneas de color continuas muestran la media de varios modelos, y las sombras de color muestran el rango muy probable de las simulaciones. (Véase la Figura RRP.2 para las contribuciones evaluadas al calentamiento).

[2.3.1; Recuadro general 2.3; 3.3; RT.2.2; Recuadro transversal RT.1, Figura 1a]

El calentamiento observado es impulsado por las emisiones procedentes de las actividades humanas. El calentamiento de los gases de efecto invernadero es parcialmente enmascarado por el enfriamiento de los aerosoles

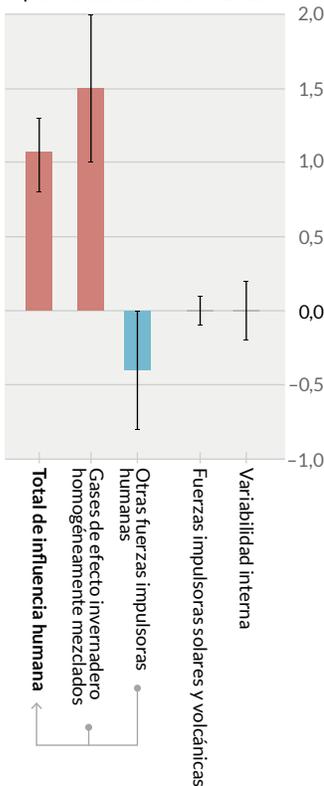
Calentamiento observado

(a) Calentamiento observado en 2010–2019, en relación con 1850–1900 °C



Contribuciones al calentamiento sobre la base de dos enfoques complementarios

(b) Contribuciones agregadas al calentamiento de 2010–2019 en relación con 1850–1900, evaluadas a partir de estudios de atribución °C



(c) Contribuciones al calentamiento de 2010–2019 en relación con 1850–1900, evaluadas a partir de estudios de forzamiento radiativo °C

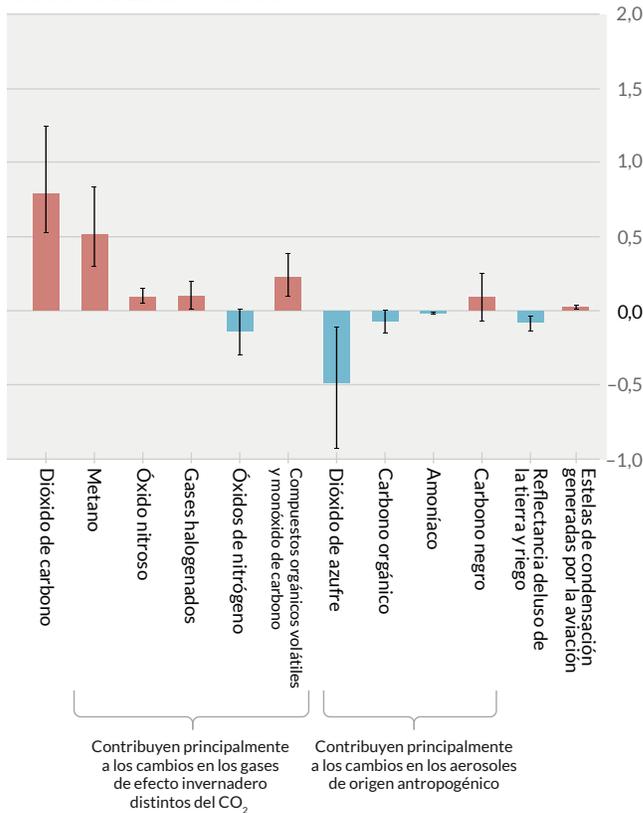


Figura RRP.2 | Contribuciones evaluadas al calentamiento observado en 2010–2019 en relación con 1850–1900

Gráfico (a) Calentamiento global observado (aumento de la temperatura global en superficie). Los bigotes muestran el rango *muy probable*.

Gráfico (b) Evidencia de los estudios de atribución, que sintetizan la información de los modelos climáticos y las observaciones. En el gráfico se muestra el cambio de temperatura atribuido a la influencia humana total; los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados; otras fuerzas impulsoras humanas debidas a los aerosoles, el ozono y el cambio de uso de la tierra (reflectancia del uso de la tierra); fuerzas impulsoras solares y volcánicas; y la variabilidad climática interna. Los bigotes muestran los rangos *probables*.

Gráfico (c) Evidencia de la evaluación del forzamiento radiativo y la sensibilidad climática. En el gráfico se muestran los cambios de temperatura debidos a los distintos componentes de la influencia humana: las emisiones de gases de efecto invernadero, los aerosoles y sus precursores; los cambios de uso de la tierra (reflectancia del uso de la tierra y riego); y las estelas de condensación generadas por la aviación. Los bigotes muestran los rangos *muy probables*. Las estimaciones tienen en cuenta tanto las emisiones directas a la atmósfera como su efecto, si lo hay, sobre otros factores climáticos. En el caso de los aerosoles, se consideran tanto los efectos directos (a través de la radiación) como los indirectos (a través de las interacciones con las nubes).

[Recuadro general 2.3, 3.3.1, 6.4.2, 7.3]

- A.2 La escala de los recientes cambios en el sistema climático en su conjunto, así como el estado actual de muchos aspectos del sistema climático, no tienen precedentes a lo largo de muchos siglos a muchos miles de años. {2.2, 2.3, Recuadro general 2.1, 5.1} (Figura RRP.1)**
- A.2.1 En 2019, las concentraciones atmosféricas de CO₂ fueron más altas que en cualquier momento en, al menos, 2 millones de años (*nivel de confianza alto*), y las concentraciones de CH₄ y N₂O fueron más altas que en cualquier momento en, al menos, 800.000 años (*nivel de confianza muy alto*). Desde 1750, los aumentos de las concentraciones de CO₂ (47 %) y CH₄ (156 %) superan con creces – y los aumentos de N₂O (23 %) son similares – a los cambios naturales multimilenarios entre periodos glaciales e interglaciales durante, al menos, los últimos 800.000 años (*nivel de confianza muy alto*). {2.2, 5.1, RT.2.2}
- A.2.2 La temperatura global en superficie ha aumentado más rápido desde 1970 que en cualquier otro período de 50 años durante, al menos, los últimos 2.000 años (*nivel de confianza alto*). Las temperaturas durante la última década (2011–2020) superan las del período cálido de varios siglos más reciente, de hace unos 6.500 años¹³ [de 0,2 °C a 1 °C con respecto a 1850–1900] (*nivel de confianza medio*). El siguiente período cálido más reciente fue hace unos 125.000 años, cuando la temperatura de varios siglos [0,5 °C a 1,5 °C con respecto a 1850–1900] coincide con las observaciones de la última década (*nivel de confianza medio*). {2.3, Recuadro general 2.1, Recuadro transversal RT.1} (Figura RRP.1)
- A.2.3 En 2011–2020, la superficie media anual de hielos marinos del Ártico alcanzó su nivel más bajo desde, al menos, 1850 (*nivel de confianza alto*). La superficie de hielos marinos del Ártico a finales del verano fue menor que en cualquier otro momento de, al menos, los últimos 1.000 años (*nivel de confianza medio*). El carácter global del retroceso de los glaciares desde la década de 1950, habida cuenta del retroceso sincronizado de casi todos los glaciares del mundo, no tiene precedentes en, al menos, los últimos 2.000 años (*nivel de confianza medio*). {2.3, RT.2.5}
- A.2.4 El nivel medio del mar global ha aumentado más rápido desde 1900 que en cualquier otro siglo anterior en, al menos, los últimos 3.000 años (*nivel de confianza alto*). El océano a escala mundial se ha calentado más rápido durante el último siglo que desde el final de la última transición de desglaciación (hace unos 11.000 años) (*nivel de confianza medio*). En los últimos 50 millones de años se produjo un aumento a largo plazo del pH en el mar abierto superficial (*nivel de confianza alto*). Sin embargo, un pH del mar abierto superficial tan bajo como el de las últimas décadas es inusual en los últimos 2 millones de años (*nivel de confianza medio*). {2.3, RT.2.4, Recuadro RT.4}
- A.3 El cambio climático causado por las actividades humanas ya influye en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las regiones del mundo. Desde la publicación del IE5, hay mas evidencia de que los fenómenos extremos – como olas de calor, precipitaciones intensas, sequías y ciclones tropicales – están cambiando, y que esa evolución se debe a la influencia humana. {2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, Recuadro 8.1, Recuadro 8.2, Recuadro 9.2, 10.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.8, 11.9, 12.3} (Figura RRP.3)**
- A.3.1 Es *prácticamente seguro* que ha aumentado la frecuencia y la intensidad de los episodios de calor extremo (incluidas las olas de calor) en la mayoría de las regiones terrestres desde la década de 1950, mientras que los fenómenos de frío extremo (incluidas las olas de frío) se han vuelto menos frecuentes y menos intensos, y hay un *nivel de confianza alto* en que el cambio climático inducido por el ser humano es la principal fuerza impulsora¹⁴ de estos cambios. Es *sumamente improbable* que algunos de los recientes episodios de calor extremo observados en la última década se hubieran producido sin la influencia humana en el sistema climático. La frecuencia de las olas de calor marinas se ha duplicado aproximadamente desde la década de 1980 (*nivel de confianza alto*), y es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a la mayoría de ellas desde, al menos, 2006. {Recuadro 9.2, 11.2, 11.3, 11.9, RT.2.4, RT.2.6, Recuadro RT.10} (Figura RRP.3)
- A.3.2 La frecuencia y la intensidad de las precipitaciones intensas han aumentado desde la década de 1950 en la mayor parte de las superficies continentales para la cual los datos de observación son suficientes para el análisis de las tendencias

13 Como se indica en la sección B.1, incluso en el escenario de emisiones muy bajas SSP1-1.9, se estima que las temperaturas seguirán siendo elevadas por encima de las de la última década hasta, al menos, 2100 y, por lo tanto, más cálidas que las del período a escala centenaria de hace 6.500 años.

14 Como se indica en la nota de pie de página 12, a lo largo del presente resumen, “principal fuerza impulsora” significa responsable de más del 50 % del cambio.

- (*nivel de confianza alto*), y es probable que el cambio climático provocado por las actividades humanas sea la principal fuerza impulsora. El cambio climático inducido por el ser humano ha contribuido al incremento de las sequías agrícolas y ecológicas¹⁵ en algunas regiones debido a una mayor evapotranspiración de la tierra¹⁶ (*nivel de confianza medio*). {8.2, 8.3, 11.4, 11.6, 11.9, RT.2.6, Recuadro RT.10} (Figura RRP.3)
- A.3.3 La disminución de las precipitaciones del monzón global¹⁷ en las superficies continentales entre las décadas de 1950 y 1980 se atribuye, en parte, a las emisiones antropogénicas de aerosoles en el hemisferio norte; no obstante, los aumentos registrados desde entonces son consecuencia de las mayores concentraciones de GEI y de la variabilidad interna decenal a multidecenal (*nivel de confianza medio*). En Asia Meridional y Oriental y en África Occidental, el aumento de las precipitaciones monzónicas debido al calentamiento provocado por las emisiones de GEI se vio contrarrestado por la disminución de las precipitaciones monzónicas debido al enfriamiento causado por las emisiones de aerosoles de origen humano durante el siglo XX (*nivel de confianza alto*). El incremento de las precipitaciones monzónicas en África Occidental desde la década de 1980 se debe, en parte, a la mayor influencia de los GEI y a la reducción del efecto de enfriamiento de las emisiones de aerosoles de origen humano sobre Europa y América del Norte (*nivel de confianza medio*). {2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, Recuadro 8.1, Recuadro 8.2, 10.6, Recuadro RT.13}
- A.3.4 Es *probable* que la proporción global de ciclones tropicales de mayor intensidad (categoría 3 a 5) haya aumentado en las últimas cuatro décadas, y es *muy probable* que la latitud en la que los ciclones tropicales del Pacífico Norte occidental alcanzan su máxima intensidad se haya desplazado hacia el norte; estos cambios no pueden explicarse únicamente por la variabilidad interna (*nivel de confianza medio*). Hay un *nivel de confianza bajo* en las tendencias a largo plazo (de multidecenales a centenarias) de la frecuencia de los ciclones tropicales de todas las categorías. Los estudios de atribución de estos fenómenos y la comprensión física indican que el cambio climático antropogénico incrementa las precipitaciones intensas asociadas a los ciclones tropicales (*nivel de confianza alto*), pero las limitaciones de los datos impiden detectar claramente las tendencias pasadas a escala global. {8.2, 11.7, Recuadro RT.10}
- A.3.5 Es probable que la influencia humana ha incrementado la posibilidad de que se produzcan fenómenos extremos¹⁸ compuestos desde la década de 1950. Esto incluye una mayor frecuencia de las olas de calor y sequías simultáneas a escala global (*nivel de confianza alto*), las condiciones meteorológicas favorables para la ocurrencia de incendios forestales en algunas regiones de todos los continentes habitados (*nivel de confianza medio*) y las inundaciones compuestas en algunos lugares (*nivel de confianza medio*). {11.6, 11.7, 11.8, 12.3, 12.4, RT.2.6, cuadro RT.5, Recuadro RT.10}

15 Sequía agrícola y ecológica (en función del bioma afectado): período con un déficit anormal de humedad del suelo, que es resultado de la escasez combinada de precipitaciones y del exceso de evapotranspiración, y que durante el período de crecimiento afecta la producción de los cultivos o el funcionamiento del ecosistema en general (véase el anexo VII: Glosario). Los cambios observados en las sequías meteorológicas (déficits de precipitación) y en las sequías hidrológicas (déficits de flujo fluvial) son distintos de los de las sequías agrícolas y ecológicas, y se abordan en los documentos de base del IE6 (capítulo 11).

16 Procesos combinados mediante los cuales se transfiere agua a la atmósfera desde las superficies de aguas libres y hielo, suelos desnudos y vegetación que componen la superficie de la Tierra (Glosario).

17 El monzón global se define como la zona en la que el intervalo anual de precipitaciones (tasa de precipitación local de verano menos la de invierno) es superior a 2,5 mm/día (Glosario). Las precipitaciones en la región monzónica global se refieren a la precipitación media sobre las zonas continentales dentro del monzón global.

18 Los fenómenos extremos compuestos son la combinación de diversas fuerzas impulsoras o amenazas que contribuye a un riesgo social y medioambiental (Glosario). Entre algunos ejemplos cabe mencionar las olas de calor y las sequías simultáneas, las inundaciones compuestas (por ejemplo, una marea meteorológica en combinación con precipitaciones extremas o el flujo fluvial), las condiciones meteorológicas compuestas propicias para los incendios forestales (es decir, una combinación de condiciones de calor, sequedad y viento), o los extremos simultáneos en diferentes lugares.

El cambio climático ya está afectando a todas las regiones habitadas del planeta, y la influencia humana ha contribuido a muchos de los cambios observados en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos

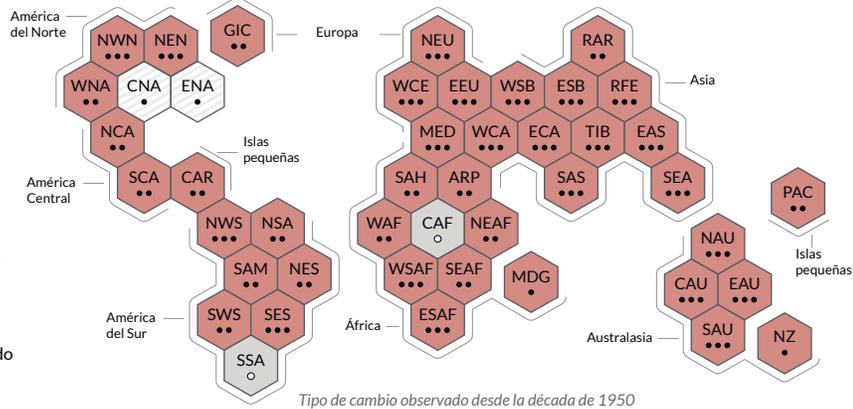
(a) Síntesis de la evaluación del cambio observado en los fenómenos de calor extremo y nivel de confianza en la contribución humana a los cambios en las regiones del mundo

Tipo de cambio observado en los fenómenos de calor extremo

- Aumento (41)
- Disminución (0)
- Nivel de acuerdo bajo en el tipo de cambio (2)
- Datos o publicaciones limitados (2)

Nivel de confianza en la contribución humana al cambio observado

- Alto
- Medio
- Bajo debido a un nivel de acuerdo limitado
- Bajo debido a evidencias limitadas



Tipo de cambio observado desde la década de 1950

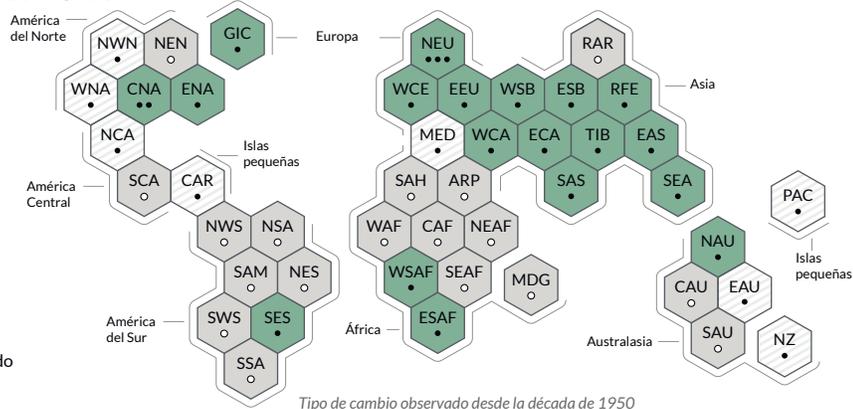
(b) Síntesis de la evaluación del cambio observado en las precipitaciones intensas y nivel de confianza en la contribución humana a los cambios observados en la región del mundo

Tipo de cambio observado en las precipitaciones intensas

- Aumento (19)
- Disminución (0)
- Nivel de acuerdo bajo en el tipo de cambio (8)
- Datos o publicaciones limitados (18)

Nivel de confianza en la contribución humana al cambio observado

- Alto
- Medio
- Bajo debido a un nivel de acuerdo limitado
- Bajo debido a evidencias limitadas



Tipo de cambio observado desde la década de 1950

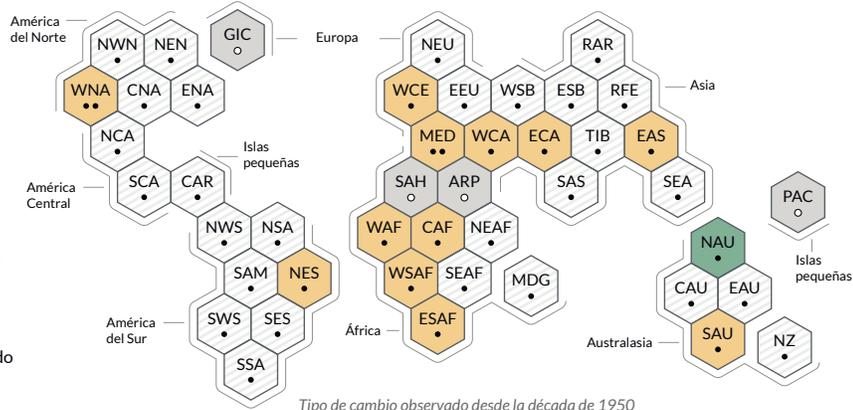
(c) Síntesis de la evaluación del cambio observado en las sequías agrícolas y ecológicas y nivel de confianza en la contribución humana a los cambios observados en las regiones del mundo

Tipo de cambio observado en las sequías agrícolas y ecológicas

- Aumento (12)
- Disminución (1)
- Nivel de acuerdo bajo en el tipo de cambio (28)
- Datos o publicaciones limitados (4)

Nivel de confianza en la contribución humana al cambio observado

- Alto
- Medio
- Bajo debido a un nivel de acuerdo limitado
- Bajo debido a evidencias limitadas



Tipo de cambio observado desde la década de 1950

Cada hexágono corresponde a una de las regiones de referencia del IE6 del GTI del IPCC

 Noroeste de América del Norte

Regiones de referencia del IE6 del GT1 del IPCC: **América del Norte:** *NWN* (noroeste de América del Norte), *NEN* (noreste de América del Norte), *WNA* (oeste de América del Norte), *CNA* (centro de América del Norte), *ENA* (este de América del Norte); **América Central:** *NCA* (norte de América Central), *SCA* (sur de América Central); **América del Sur:** *NWS* (noroeste de América del Sur), *NSA* (norte de América del Sur), *NES* (noreste de América del Sur), *SAM* (monzón de América del Sur), *SWS* (suroeste de América del Sur), *SES* (sureste de América del Sur), *SSA* (sur de América del Sur); **Europa:** *GIC* (Groenlandia/Islandia), *NEU* (norte de Europa), *WCE* (oeste y centro de Europa), *EEU* (este de Europa), *MED* (Mediterráneo); **África:** *MED* (Mediterráneo), *SAH* (Sahara), *WAF* (África Occidental), *CAF* (África Central), *NEAF* (noreste de África), *SEAF* (sureste de África), *WSAF* (suroeste de África), *ESAF* (África Oriental y Meridional), *MDG* (Madagascar); **Asia:** *RAR* (Ártico ruso), *WSB* (oeste de Siberia), *ESB* (este de Siberia), *RFE* (Lejano Oriente ruso), *WCA* (Asia Occidental y Central), *ECA* (Asia Oriental y Central), *TIB* (meseta tibetana), *EAS* (Asia Oriental), *ARP* (península arábiga), *SAS* (Asia Meridional), *SEA* (Asia Suroccidental); **Australasia:** *NAU* (Australia septentrional), *CAU* (Australia central), *EAU* (Australia oriental), *SAU* (Australia meridional), *NZ* (Nueva Zelandia); **Islas pequeñas:** *CAR* (Caribe), *PAC* (islas pequeñas del Pacífico)

Figura RRP.3 | Síntesis de los cambios regionales observados y atribuibles evaluados

Las regiones habitadas especificadas en el IE6 del GTI del IPCC se muestran como **hexágonos** de igual tamaño en su ubicación geográfica aproximada (véase la leyenda para los acrónimos regionales). Todas las evaluaciones se realizan para cada región en su conjunto y para el período desde la década de 1950 hasta la actualidad. Las evaluaciones realizadas en diferentes escalas temporales o en escalas espaciales más locales podrían diferir de lo que se muestra en la Figura. Los **colores** de cada gráfico representan los cuatro resultados de la evaluación sobre los cambios observados. Los hexágonos con rayas (de color blanco y gris claro) se utilizan cuando hay un *nivel de acuerdo bajo* en el tipo de cambio para la región en su conjunto, y los hexágonos grises se utilizan cuando hay datos o publicaciones científicas limitados que impiden una evaluación de la región en su conjunto. El resto de los colores indican, al menos, un *nivel de confianza medio* en el cambio observado. El **nivel de confianza** respecto de la influencia humana en estos cambios observados se basa en la evaluación de las publicaciones científicas relativas a la detección y atribución de tendencias y a la atribución de fenómenos, y se indica con el número de puntos: tres puntos para un *nivel de confianza alto*, dos puntos para un *nivel de confianza medio* y un punto para un *nivel de confianza bajo* (un solo punto relleno: un nivel de acuerdo limitado; un solo punto vacío: evidencias limitadas).

Gráfico (a) En el caso de los episodios de calor extremo, las evidencias se extraen principalmente de los cambios en las métricas basadas en las temperaturas máximas diarias; también se utilizan estudios regionales en los que se emplean otros índices (duración, frecuencia e intensidad de las olas de calor). Los hexágonos rojos indican las regiones en las que existe, al menos, un *nivel de confianza medio* en el aumento observado de los episodios de calor extremo.

Gráfico (b) En el caso de las precipitaciones intensas, las evidencias se extraen principalmente de los cambios en los índices basados en la cantidad de precipitación de un día o de cinco días utilizando estudios globales y regionales. Los hexágonos verdes indican las regiones en las que hay, al menos, un *nivel de confianza medio* en un aumento observado de las precipitaciones intensas.

Gráfico (c) Las sequías agrícolas y ecológicas se evalúan a partir de los cambios observados y simulados en la columna total de humedad del suelo, complementados con evidencias sobre los cambios en la humedad del suelo en superficie, el balance hídrico (precipitación menos evapotranspiración) y los índices impulsados por la precipitación y la demanda de evaporación atmosférica. Los hexágonos amarillos indican las regiones en las que hay, al menos, un *nivel de confianza medio* en un aumento observado de este tipo de sequía, y los hexágonos verdes indican las regiones en las que hay, al menos, un *nivel de confianza medio* en una disminución observada de la sequía agrícola y ecológica.

Para todas las regiones, el Cuadro RT.5 muestra una gama más amplia de cambios observados además de los incluidos en esta Figura. Obsérvese que el sur de América del Sur es la única región que no presenta cambios observados en las métricas mostradas en esta Figura, pero que se ve afectada por los aumentos observados en la temperatura media, la disminución de las heladas y el aumento de las olas de calor marinas.

{11.9, Atlas 1.3.3, Figura Atlas.2, Cuadro RT.5; Recuadro RT.10, Figura 1}

A.4 Un mayor conocimiento de los procesos climáticos, de las evidencias paleoclimáticas y de la respuesta del sistema climático al aumento del forzamiento radiativo facilita una mejor estimación de la sensibilidad climática en equilibrio de 3 °C, con un intervalo más reducido en comparación con el IE5. {2.2, 7.3, 7.4, 7.5, Recuadro 7.2, 9.4, 9.5, 9.6, Recuadro general 9.1}

A.4.1 El forzamiento radiativo de origen humano de 2,72 [de 1,96 a 3,48] W m⁻² en 2019 en relación con 1750 ha provocado un calentamiento en el sistema climático. Este calentamiento se debe principalmente al aumento de las concentraciones de GEI y se ve reducido, en parte, por el enfriamiento debido al incremento de las concentraciones de aerosoles. El forzamiento radiativo ha aumentado en 0,43 W m⁻² (19 %) con respecto al IE5, de los cuales 0,34 W m⁻² se deben al aumento de las concentraciones de GEI desde 2011. El resto se debe a la mejora de los conocimientos científicos y a los cambios en la evaluación del forzamiento de los aerosoles, que incluyen la disminución de su concentración y la mejora de su cálculo (*nivel de confianza alto*).
{2.2, 7.3, RT.2.2, RT.3.1}

A.4.2 El forzamiento radiativo positivo neto provocado por el ser humano causa una acumulación de energía adicional (calentamiento) en el sistema climático, que se reduce en parte por una mayor pérdida de energía hacia el espacio en respuesta al calentamiento de la superficie. La tasa media de calentamiento del sistema climático observada aumentó de 0,50 [de 0,32 a 0,69] W m⁻² para el período 1971–2006¹⁹ a 0,79 [de 0,52 a 1,06] W m⁻² para el período 2006–2018²⁰ (*nivel de confianza alto*). El calentamiento de los océanos representó el 91 % del calentamiento del sistema climático, mientras que el calentamiento de los continentes, la pérdida de hielo y el calentamiento atmosférico representaron aproximadamente el 5 %, el 3 % y el 1 %, respectivamente (*nivel de confianza alto*).
{7.2, Recuadro 7.2, RT.3.1}

A.4.3 El calentamiento del sistema climático ha provocado el aumento del nivel medio del mar global debido a la pérdida de hielo en los continentes y a la expansión térmica por el calentamiento de los océanos. La expansión térmica fue la causa del 50 % del aumento del nivel del mar durante 1971–2018, mientras que la pérdida de hielo de los glaciares contribuyó en un 22 %, los mantos de hielo en un 20 % y los cambios en el almacenamiento terrestre de agua en un 8 %. La tasa de pérdida de los mantos de hielo se cuadruplicó entre 1992–1999 y 2010–2019. En conjunto, la pérdida de masa de los mantos de hielo y de los glaciares fue lo que más contribuyó al aumento del nivel medio del mar global durante el período 2006–2018 (*nivel de confianza alto*).
{9.4, 9.5, 9.6, Recuadro general 9.1}

19 Aumento acumulado de energía de 282 [de 177 a 387] ZJ durante 1971–2006 (1 ZJ = 1 0²¹ julios).

20 Aumento acumulado de energía de 152 [de 100 a 205] ZJ durante 2006–2018.

- A.4.4 La sensibilidad climática de equilibrio es una métrica importante que se utiliza para estimar cómo responde el clima al forzamiento radiativo. Sobre la base de varias líneas de evidencia,²¹ el rango *muy probable* de sensibilidad climática de equilibrio se encuentra entre 2 °C (*nivel de confianza alto*) y 5 °C (*nivel de confianza medio*). La mejor estimación evaluada en el IE6 es de 3 °C con un rango probable de 2,5 °C a 4 °C (*nivel de confianza alto*), en comparación con el intervalo de 1,5 °C a 4,5 °C del IE5, en el que no se proporcionó una mejor estimación. {7.4, 7.5, RT.3.2}

B. Futuros climáticos posibles

En el presente informe se considera un conjunto de cinco nuevos escenarios ilustrativos de emisiones para estudiar la respuesta climática a un abanico más amplio de futuros de gases de efecto invernadero, usos de la tierra y contaminantes atmosféricos que los evaluados en el IE5. Este conjunto de escenarios sustenta las proyecciones de los modelos climáticos sobre los cambios en el sistema climático. Estas proyecciones tienen en cuenta la actividad solar y el forzamiento de los volcanes. Los resultados correspondientes al siglo XXI se presentan a corto plazo (2021–2040), a medio plazo (2041–2060) y a largo plazo (2081–2100) en relación con el período 1850–1900, salvo que se indique lo contrario.

Recuadro RRP.1. | Escenarios, modelos climáticos y proyecciones

Recuadro RRP.1.1: En este informe se evalúa la respuesta climática a cinco escenarios ilustrativos que abarcan el abanico de posibles evoluciones futuras de las fuerzas impulsoras antropogénicas del cambio climático que se mencionan en las publicaciones científicas. Comienzan en 2015 e incluyen escenarios²² con emisiones de GEI altas y muy altas (SSP3-7.0 y SSP5-8.5) y emisiones de CO₂ que prácticamente se duplican con respecto a los niveles actuales para 2100 y 2050, respectivamente; escenarios con emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5) y emisiones de CO₂ que se mantienen en torno a los niveles actuales hasta mediados de siglo; y escenarios con emisiones de GEI muy bajas y bajas que disminuyen hasta llegar a emisiones netas iguales a cero en torno a 2050 o después de esta fecha, seguidas de niveles variables de emisiones netas negativas de CO₂²³ (SSP1-1.9 y SSP1-2.6), como se ilustra en la Figura RRP.4. Las emisiones varían entre los escenarios en función de los supuestos socioeconómicos, los niveles de mitigación del cambio climático y, en el caso de los aerosoles y los precursores del ozono distintos del metano, los controles de la contaminación atmosférica. Los distintos supuestos pueden dar lugar a emisiones y respuestas climáticas similares, pero los supuestos socioeconómicos y la viabilidad o la probabilidad de cada escenario no forman parte de la evaluación.

{1.6, Recuadro general 1.4, RT.1.3} (Figura RRP.4)

Recuadro RRP.1.2: En el presente informe se evalúan los resultados de los modelos climáticos que participan en CMIP6 del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas. Estos modelos incluyen nuevas y mejores representaciones de los procesos físicos, químicos y biológicos, así como una mayor resolución, en comparación con los modelos climáticos considerados en anteriores informes de evaluación del IPCC. Esto ha mejorado la simulación del estado medio reciente de la mayoría de los indicadores a gran escala del cambio climático y de muchos otros aspectos en todo el sistema climático. Siguen existiendo algunas diferencias con respecto a las observaciones, por ejemplo, en los patrones regionales de precipitación. Las simulaciones históricas de CMIP6 evaluadas en este informe presentan un cambio de la temperatura media global en superficie del ensamble dentro de 0,2 °C respecto de las observaciones durante la mayor parte del período histórico, y el calentamiento observado está dentro del rango *muy probable* del ensamble CMIP6. Sin embargo, algunas simulaciones de los modelos CMIP6 muestran un calentamiento que está por encima o por debajo del rango evaluado como *muy probable* del calentamiento observado.

21 Conocimiento de los procesos climáticos, de los registros instrumentales, del paleoclima y de las limitaciones nuevas basadas en modelos (Glosario).

22 A lo largo de este informe, los cinco escenarios ilustrativos se denominan SSPx-y, donde “SSPx” se refiere a la trayectoria socioeconómica compartida o “SSP” que describe las tendencias socioeconómicas subyacentes del escenario, y “y” se refiere al nivel aproximado de forzamiento radiativo (en vatios por metro cuadrado, o W m⁻²) resultante del escenario en el año 2100. En la sección RT.1.3 y en las secciones 1.6 y 4.6, se ofrece una comparación detallada con los escenarios utilizados en informes anteriores del IPCC. El GTI no evalúa las SSP en las que se basan los escenarios de forzamiento específicos utilizados para generar los modelos climáticos. En cambio, la denominación SSPx-y garantiza la trazabilidad de las publicaciones científicas subyacentes en las que se utilizan trayectorias de forzamiento específicas como datos de entrada en los modelos climáticos. El IPCC es neutral con respecto a los supuestos en los que se basan las SSP, que no abarcan todos los escenarios posibles. Se pueden considerar o elaborar escenarios alternativos.

23 Las emisiones netas negativas de CO₂ se alcanzan cuando las remociones antropogénicas de CO₂ superan las emisiones antropogénicas. (Glosario)

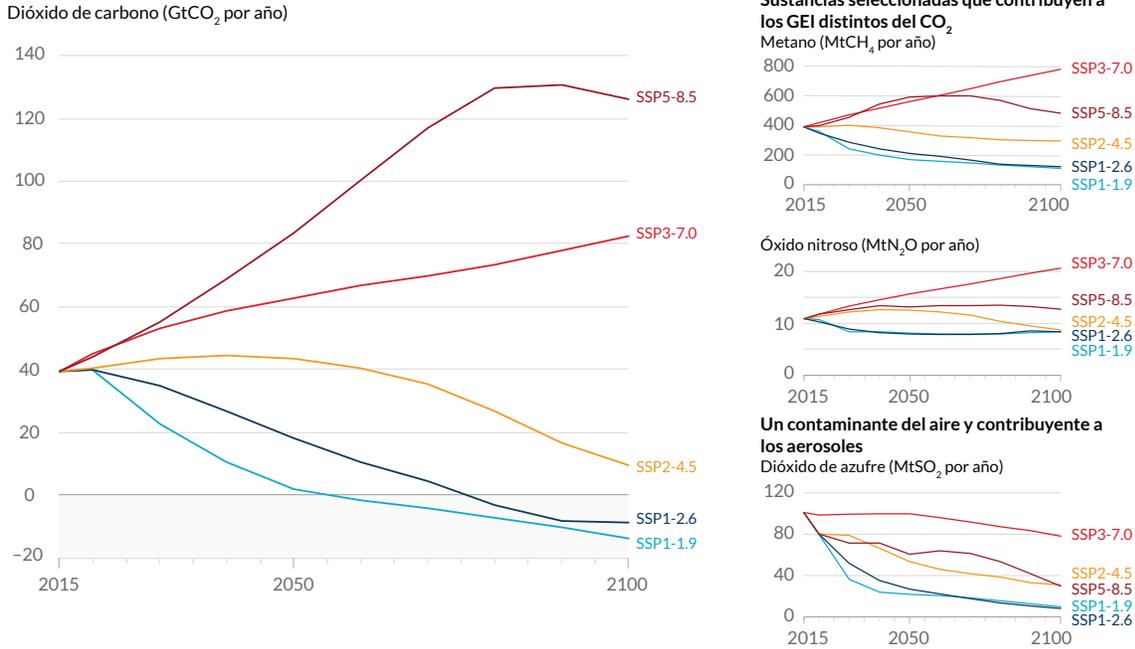
{1.5, Recuadro general 2.2, 3.3, 3.8, RT.1.2, Recuadro transversal RT.1} (Figura RRP.1 b, Figura RRP.2)

Recuadro RRP.1.3: Los modelos CMIP6 considerados en este informe tienen un rango de sensibilidad climática más amplio que el de los modelos CMIP5 y el rango *muy probable* evaluado en el IE6, que se basa en diversas líneas de evidencia. Estos modelos CMIP6 también muestran una sensibilidad climática media superior a la de la CMIP5 y a la mejor estimación evaluada en el IE6. Los valores de sensibilidad climática más elevados de los modelos CMIP6 en comparación con CMIP5 pueden deberse a una retroalimentación de nube amplificadora que es mayor en CMIP6 en aproximadamente un 20 %. {Recuadro 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, RT.3.2}

Recuadro RRP.1.4: Por primera vez en un informe del IPCC, los cambios futuros evaluados en la temperatura global en superficie, el calentamiento de los océanos y el nivel del mar se construyen combinando proyecciones multimodelos con restricciones de observación basadas en el calentamiento simulado en el pasado, así como la evaluación de la sensibilidad climática del IE6. Para otros valores, todavía no existen estos métodos robustos para restringir las proyecciones. No obstante, pueden determinarse patrones geográficos proyectados robustos de muchas variables en un nivel determinado de calentamiento global, comunes a todos los escenarios considerados e independientes del momento en que se alcance el nivel de calentamiento global. {1.6, 4.3, 4.6, Recuadro 4.1, 7.5, 9.2, 9.6, Recuadro general 11.1, Recuadro transversal RT.1}

Las emisiones futuras provocan un calentamiento adicional en el futuro, con un calentamiento total que obedece principalmente a las emisiones de CO₂ pasadas y futuras

(a) Emisiones anuales de CO₂ en el futuro (izquierda) y de un subconjunto de fuerzas impulsoras claves distintas del CO₂ (derecha), en los cinco escenarios ilustrativos



(b) Contribución al aumento de la temperatura global en superficie de diferentes emisiones, con un papel predominante de las emisiones de CO₂

Cambio en la temperatura global en superficie en 2081–2100 con respecto al período 1850–1900 (°C)

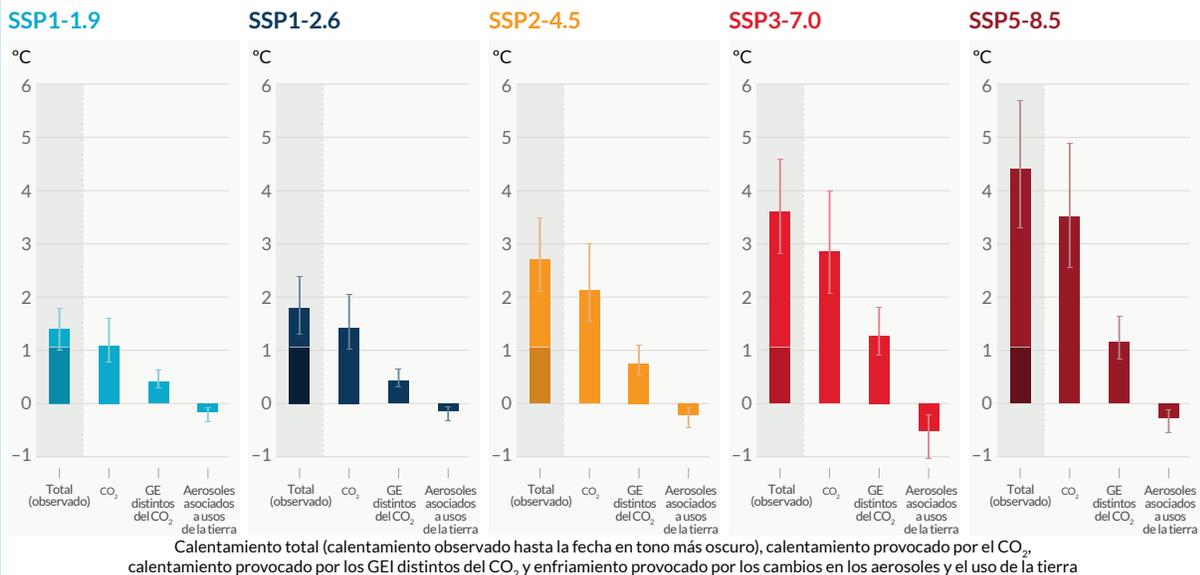


Figura RRP.4 | Emisiones antropogénicas futuras de las principales fuerzas impulsoras del cambio climático y contribuciones al calentamiento por grupos de fuerzas impulsoras en los cinco escenarios ilustrativos utilizados en este informe

Los cinco escenarios son SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5.

Gráfico (a) Emisiones anuales antropogénicas (causadas por el ser humano) durante el período 2015–2100. Se muestran las trayectorias de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) procedentes de todos los sectores (GtCO₂/año) (gráfico de la izquierda) y de un subconjunto de tres fuerzas impulsoras claves distintas del CO₂ que se analizan en los escenarios: metano (CH₄, MtCH₄/año, gráfico superior derecho); óxido nítrico (N₂O, MtN₂O/año, gráfico central derecho); y dióxido de azufre (SO₂, MtSO₂/año, gráfico inferior derecho, que contribuye a los aerosoles antropogénicos en el gráfico (b).

Gráfico (b) Las contribuciones al calentamiento por grupos de fuerzas impulsoras antropogénicas y por escenario se muestran como el cambio en la temperatura global en superficie (°C) en 2081–2100 en relación con 1850–1900, con indicación del calentamiento observado hasta la fecha. Las barras y los bigotes representan los valores de la mediana y el rango *muy probable*, respectivamente. En el marco de cada escenario, las barras representan el calentamiento global total (°C; barra “total”) (véase el Cuadro RRP.1); las contribuciones al calentamiento (°C) procedentes de los cambios en el CO₂ (barra de “CO₂”) y de los gases de efecto invernadero (GEI) distintos del CO₂ (la barra de “GEI distintos del CO₂” comprende los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados y el ozono); y el enfriamiento neto debido a otras fuerzas impulsoras antropogénicas (barra de “aerosoles y uso de la tierra”: aerosoles antropogénicos, cambios en la reflectancia debidos a cambios en el uso de la tierra y el riego, y estelas de condensación de la aviación) (véase la Figura RRP.2, gráfico (c), para las contribuciones al calentamiento hasta la fecha de cada fuerza impulsora). La mejor estimación del calentamiento observado en 2010–2019 en relación con 1850–1900 (véase la Figura RRP.2, gráfico (a) se indica en la columna más oscura de la barra “total”. Las contribuciones al calentamiento en el gráfico (b) se calculan como se explica en el Cuadro RRP.1 para la barra total. Para las demás barras, la contribución de los grupos de fuerzas impulsoras se calcula con un emulador climático físico de la temperatura global en superficie que se basa en evaluaciones de la sensibilidad climática y del forzamiento radiativo.

{Recuadro general 1.4; 4.6; Figura 4.35; 6.7; Figuras 6.18, 6.22 y 6.24; 7.3; Recuadro general 7.1; Figura 7.7; Recuadro RT.7; Figuras RT.4 y RT.15}

B.1 La temperatura global en superficie seguirá aumentando hasta, al menos, mediados de siglo en todos los escenarios de emisiones considerados. El aumento del calentamiento global de 1,5 °C y 2 °C se superará durante el siglo XXI, a menos que se logren profundas reducciones de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en las próximas décadas.

{2.3, Recuadro general 2.3, Recuadro general 2.4, 4.3, 4.4, 4.5} (Figura RRP.1, Figura RRP.4, Figura RRP.8, Cuadro RRP.1, Recuadro RRP.1)

B.1.1 En comparación con el período 1850–1900, es *muy probable* que la temperatura global en superficie promediada en el período 2081–2100 sea superior entre 1,0 °C y 1,8 °C en el escenario de emisiones de GEI muy bajas considerado (SSP1-1.9), entre 2,1 °C y 3,5 °C en el escenario de emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5), y entre 3,3 °C y 5,7 °C en el escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5).²⁴ La última vez que la temperatura global en superficie se mantuvo en 2,5 °C más que en el período 1850–1900, o por encima de ese valor, fue hace más de 3 millones de años (*nivel de confianza medio*).

{2.3, Recuadro general 2.4, 4.3, 4.5, Recuadro RT.2, Recuadro RT.4, Recuadro transversal RT.1} (Cuadro RRP.1)

Cuadro RRP.1 | Cambios en la temperatura global en superficie, que se evalúan sobre la base de diversas líneas de evidencia, para períodos de 20 años seleccionados y los cinco escenarios ilustrativos de emisiones considerados. Las diferencias de temperatura con respecto a la temperatura media global en superficie del período 1850–1900 se indican en °C. Esto incluye la evaluación revisada del calentamiento histórico observado para el período de referencia 1986–2005 del IE5, que en el IE6 es superior en 0,08 [de -0,01 a +0,12] °C a la del IE5 (véase la nota de pie de página 10). Los cambios relativos al reciente período de referencia 1995–2014 pueden calcularse aproximadamente restando 0,85 °C, la mejor estimación del calentamiento observado desde 1850–1900 hasta 1995–2014.

{Recuadro general 2.3, 4.3, 4.4, Recuadro transversal RT.1}

Escenario	Corto plazo, 2021–2040		Medio plazo, 2041–2060		Largo plazo, 2081–2100	
	Mejor estimación (°C)	Rango <i>muy probable</i> (°C)	Mejor estimación (°C)	Rango <i>muy probable</i> (°C)	Mejor estimación (°C)	Rango <i>muy probable</i> (°C)
SSP1-1.9	1,5	1,2 to 1,7	1,6	1,2 to 2,0	1,4	1,0 to 1,8
SSP1-2.6	1,5	1,2 to 1,8	1,7	1,3 to 2,2	1,8	1,3 to 2,4
SSP2-4.5	1,5	1,2 to 1,8	2,0	1,6 to 2,5	2,7	2,1 to 3,5
SSP3-7.0	1,5	1,2 to 1,8	2,1	1,7 to 2,6	3,6	2,8 to 4,6
SSP5-8.5	1,6	1,3 to 1,9	2,4	1,9 to 3,0	4,4	3,3 to 5,7

B.1.2 Según la evaluación de diversas líneas de evidencia, el calentamiento global de 2 °C, en relación con el período 1850–1900, se superaría durante el siglo XXI en el marco de los escenarios de emisiones de GEI altas y muy altas considerados en este informe (SSP3-7.0 y SSP5-8.5, respectivamente). En el escenario de emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5), es *sumamente probable* que se supere un calentamiento global de 2 °C. En el escenario de emisiones de GEI muy bajas, es *sumamente improbable* que se supere un calentamiento global de 2 °C (SSP1-1.9), y en el escenario de emisiones de GEI bajas, es *improbable* que se supere dicho calentamiento (SSP1-2.6).²⁵ Es *muy probable* que se supere el nivel de

24 Los cambios en la temperatura global en superficie se presentan como promedios de 20 años, a menos que se indique lo contrario.

25 Los SSP1-1.9 y SSP1-2.6 son escenarios que comienzan en 2015 y tienen emisiones de GEI muy bajas y bajas, respectivamente, y emisiones de CO₂ que disminuyen hasta llegar a emisiones netas iguales a cero, alrededor o después de 2050, seguido de niveles variables de emisiones netas negativas de CO₂.

calentamiento global de 2 °C en el período de medio plazo (2041–2060) en el escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5); es *probable* que esto se produzca en el escenario de emisiones de GEI altas (SSP3-7.0), y es *más bien probable* que esto se produzca en el escenario de emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5).²⁶ {4.3, Recuadro transversal RT.1} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.4, Recuadro RRP.1)

B.1.3 El calentamiento global de 1,5 °C con respecto al período 1850–1900 se superaría durante el siglo XXI en los escenarios de emisiones de GEI intermedias, altas y muy altas que se tienen en cuenta en el presente informe (SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5, respectivamente). En los cinco escenarios ilustrativos, a corto plazo (2021–2040), es *muy probable* que se supere el nivel de calentamiento global de 1,5 °C en el escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5), es *probable* que se supere en los escenarios de emisiones de GEI intermedias y altas (SSP2-4.5 y SSP3-7.0), es *más probable que improbable* que se supere en el escenario de emisiones de GEI bajas (SSP1-2.6) y es *más bien probable* que se alcance ese nivel de calentamiento en el marco del escenario de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9).²⁷ Asimismo, en el escenario de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9), es *más probable que improbable* que la temperatura global en superficie vuelva a descender por debajo de 1,5 °C hacia finales del siglo XXI, con un sobrepaso temporal de no más de 0,1 °C por encima de 1,5 °C de calentamiento global. {4.3, Recuadro general RT.1} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.4)

B.1.4 En cualquier año, la temperatura global en superficie puede variar por encima o por debajo de la tendencia a largo plazo inducida por el ser humano, debido a la importante variabilidad natural.²⁸ El hecho de que en ciertos años haya un cambio de la temperatura global en superficie por encima de un determinado nivel, por ejemplo 1,5 °C o 2 °C, con respecto al período 1850–1900 no implica que se haya alcanzado ese nivel de calentamiento global.²⁹ {Recuadro general 2.3, 4.3, 4.4, Recuadro 4.1, Recuadro transversal RT.1} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.1, Figura RRP.8)

B.2 Muchos cambios en el sistema climático son mayores en relación directa con el aumento del calentamiento global. Entre ellos se incluyen el incremento de la frecuencia y la intensidad de los episodios de calor extremo, las olas de calor marinas, las precipitaciones intensas y, en algunas regiones, las sequías agrícolas y ecológicas; un aumento de la proporción de ciclones tropicales intensos; y la reducción del hielo marino del Ártico, el manto de nieve y el permafrost. {4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 8.2, 8.4, Recuadro 8.2, 9.3, 9.5, Recuadro 9.2, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.9, Recuadro general 11.1, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} (Figura RRP.5, Figura RRP.6, Figura RRP.8)

B.2.1 Es *prácticamente seguro* que la superficie continental seguirá calentándose más que la oceánica (el rango *probable* es entre 1,4 y 1,7 veces más). Asimismo, es *prácticamente seguro* que la temperatura del Ártico seguirá aumentando más que la temperatura global en superficie, con un *nivel de confianza alto* por encima de dos veces el ritmo de calentamiento global. {2.3, 4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 11.1, 11.3, 11.9, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, Recuadro transversal RT.1, RT.2.6} (Figura RRP.5)

B.2.2 Con cada incremento adicional de calentamiento global, los cambios en los extremos siguen acentuándose. Por ejemplo, cada 0,5 °C adicional de calentamiento global provoca aumentos claramente perceptibles en la intensidad y la frecuencia de los episodios de calor extremo, incluidas las olas de calor (*muy probable*), y las precipitaciones intensas (*nivel de confianza alto*), así como las sequías agrícolas³⁰ y ecológicas en algunas regiones (*nivel de confianza alto*). En algunas regiones se observan cambios discernibles en la intensidad y la frecuencia de las sequías meteorológicas, de las cuales se registran aumentos, en lugar de disminuciones, en un mayor número de regiones, por cada 0,5 °C adicional de

26 En el presente informe, se supera el nivel cuando el cambio evaluado de la temperatura global en superficie, promediado a lo largo de un período de 20 años, supera un determinado nivel de calentamiento global.

27 En la evaluación del IE6 sobre el momento en que se supera por primera vez un determinado nivel de calentamiento global, se tienen en consideración los escenarios ilustrativos, las diversas líneas de evidencia que entran en la evaluación de la futura respuesta de la temperatura global en superficie al forzamiento radiativo y la estimación mejorada del calentamiento histórico. Por lo tanto, la evaluación del IE6 no es directamente comparable con la del informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C, en la que se daba cuenta de que probablemente se alcanzaría un calentamiento global de 1,5 °C entre 2030 y 2052, a partir de una simple extrapolación lineal de las tasas de calentamiento del pasado inmediato. Si se consideran escenarios similares a la SSP1-1.9 en lugar de la extrapolación lineal, la estimación del informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C relativa a cuándo se supera por primera vez el nivel de 1,5 °C de calentamiento global se aproxima a la mejor estimación que se consigna en el presente informe.

28 La variabilidad natural se refiere a las fluctuaciones climáticas que se producen sin ninguna influencia humana, es decir, la variabilidad interna combinada con la respuesta a factores naturales externos, como las erupciones volcánicas, los cambios en la actividad solar y, en escalas temporales más largas, los efectos orbitales y la actividad tectónica de las placas (Glosario).

29 Se estima que la variabilidad interna en cualquier año es de aproximadamente $\pm 0,25$ °C (rango del 5 % al 95 %, *nivel de confianza alto*).

30 Los cambios previstos en las sequías agrícolas y ecológicas se evalúan principalmente en función de la columna total de humedad del suelo. Véase la nota de pie de página 15 para la definición y la relación con la precipitación y la evapotranspiración.

- calentamiento global (*nivel de confianza medio*). El aumento de la frecuencia y la intensidad de las sequías hidrológicas es mayor con el incremento del calentamiento global en algunas regiones (*nivel de confianza medio*). Con un calentamiento global adicional, incluso con 1,5 °C de calentamiento global, habrá un incremento sin precedentes de algunos fenómenos extremos en los registros de observación. Los cambios porcentuales previstos en la frecuencia son mayores para los fenómenos menos comunes (*nivel de confianza alto*).
{8.2, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.9, Recuadro general 11.1, Recuadro general 12.1, RT.2.6} (Figura RRP.5, Figura RRP.6)
- B.2.3 Se prevé que en algunas regiones semiáridas y de latitudes medias, así como en la región monzónica de América del Sur, se registrará el mayor aumento de la temperatura de los días más cálidos, entre 1,5 y 2 veces el ritmo del calentamiento global (*nivel de confianza alto*). Según se prevé, el Ártico experimentará el mayor aumento de la temperatura de los días más fríos, a un ritmo aproximadamente tres veces superior al del calentamiento global (*nivel de confianza alto*). Con el calentamiento global adicional, la frecuencia de las olas de calor marinas seguirá aumentando (*nivel de confianza alto*), especialmente en el océano tropical y en el Ártico (*nivel de confianza medio*).
{Recuadro 9.2, 11.1, 11.3, 11.9, Recuadro general 11.1, Recuadro general 12.1, 12.4, RT.2.4, RT.2.6} (Figura RRP.6)
- B.2.4 Con un calentamiento global adicional, es *muy probable* que las precipitaciones intensas se intensifiquen y sean más frecuentes en la mayoría de las regiones. A escala mundial, se prevé que las precipitaciones diarias extremas se intensificarán en un 7 % por cada 1 °C de calentamiento global (*nivel de confianza alto*). De acuerdo con las proyecciones, la proporción de ciclones tropicales intensos (categoría 4 y 5) y las velocidades máximas de los vientos de los ciclones tropicales más intensos aumentarán a escala mundial con un mayor calentamiento global (*nivel de confianza alto*).
{8.2, 11.4, 11.7, 11.9, Recuadro general 11.1, Recuadro RT.6, RT.4.3.1} (Figura RRP.5, Figura RRP.6)
- B.2.5 Se proyecta que un calentamiento adicional intensificará el deshielo del permafrost y agudizará la pérdida del manto de nieve estacional, del hielo continental y del hielo marino del Ártico (*nivel de confianza alto*). Es *probable* que el Ártico esté prácticamente sin hielo marino en septiembre,³¹ al menos, una vez antes de 2050 en el marco de los cinco escenarios ilustrativos considerados en este informe, lo que podría suceder con una mayor frecuencia en los niveles de calentamiento más altos. Existe un *nivel de confianza bajo* en la disminución prevista del hielo marino de la Antártida.
{4.3, 4.5, 7.4, 8.2, 8.4, Recuadro 8.2, 9.3, 9.5, 12.4, Recuadro general 12.1, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, RT.2.5} (Figura RRP.8)

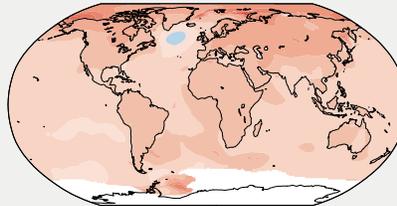
31 La superficie media mensual de hielo marino es inferior a 1 millón de km², lo que representa aproximadamente el 15 % de la superficie media de hielo marino de septiembre observada en el período 1979–1988.

Con cada incremento de calentamiento global, los cambios son mayores en las medias regionales de la temperatura, las precipitaciones y la humedad del suelo

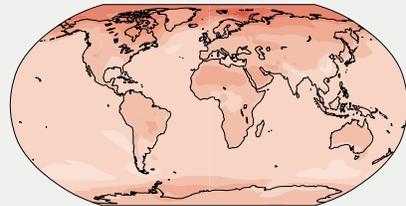
(a) Cambio de la temperatura media anual (°C) con un calentamiento global de 1 °C

Un calentamiento de 1 °C afecta a todos los continentes y, en general, es mayor sobre la superficie continental que sobre los océanos, tanto en las observaciones como en los modelos. En la mayoría de las regiones, los patrones observados y simulados son coherentes.

Cambio observado por un calentamiento global de 1 °C



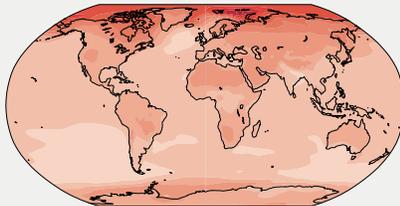
Cambio simulado con un calentamiento global de 1 °C



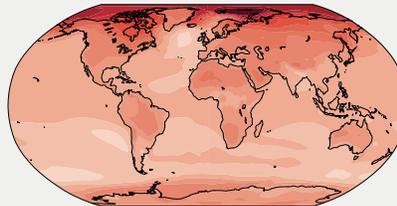
(b) Cambio de la temperatura media anual (°C) con respecto al período 1850–1900

En todos los niveles de calentamiento, las zonas continentales se calientan más que las oceánicas, y el Ártico y la Antártida se calientan más que los trópicos.

Cambio simulado con un calentamiento global de 1,5 °C



Cambio simulado con un calentamiento global de 2 °C



Cambio simulado con un calentamiento global de 4 °C

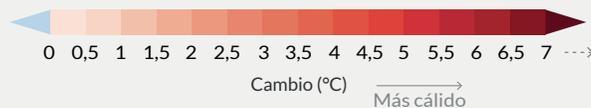
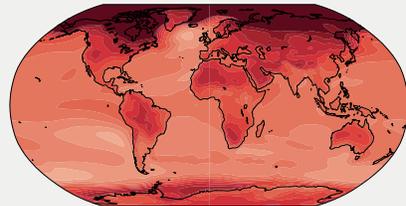


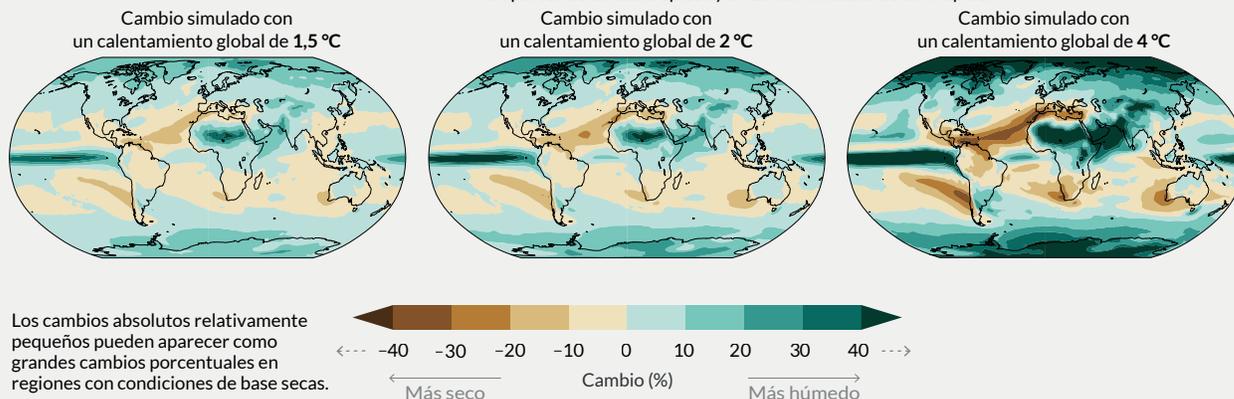
Figura RRP.5 | Cambios en las medias anuales de la temperatura en superficie, las precipitaciones y la humedad del suelo

Gráfico (a) Comparación de la variación de la temperatura media anual en superficie observada y simulada. El mapa de la izquierda muestra los cambios observados en la temperatura media anual en superficie del período 1850–2020 por °C de calentamiento global (°C). Las variaciones locales (es decir, los puntos reticulares) de la temperatura media anual en superficie observados se comparan linealmente con la temperatura global en superficie del período 1850–2020. Los datos de las observaciones de la temperatura proceden del Berkeley Earth, el conjunto de datos con mayor cobertura y resolución horizontal. La regresión lineal se aplica a todos los años de los que se dispone de datos en el punto reticular correspondiente. Se utilizó el método de regresión para tener en cuenta la serie temporal de observaciones completa y reducir así el papel que cumple la variabilidad interna a nivel de punto reticular. El color blanco indica las zonas en las que la cobertura temporal fue de 100 años o menos y, por lo tanto, resulta demasiado corta para calcular una regresión lineal fiable. El mapa de la derecha se basa en simulaciones de modelos y muestra la variación de las temperaturas medias anuales simuladas por varios modelos en un nivel de calentamiento global de 1 °C (cambio de la temperatura media global en superficie durante 20 años en relación con el período 1850–1900). Los triángulos situados en los extremos de la barra de colores indican los valores fuera de los límites, es decir, los valores que están por encima o por debajo de dichos límites.

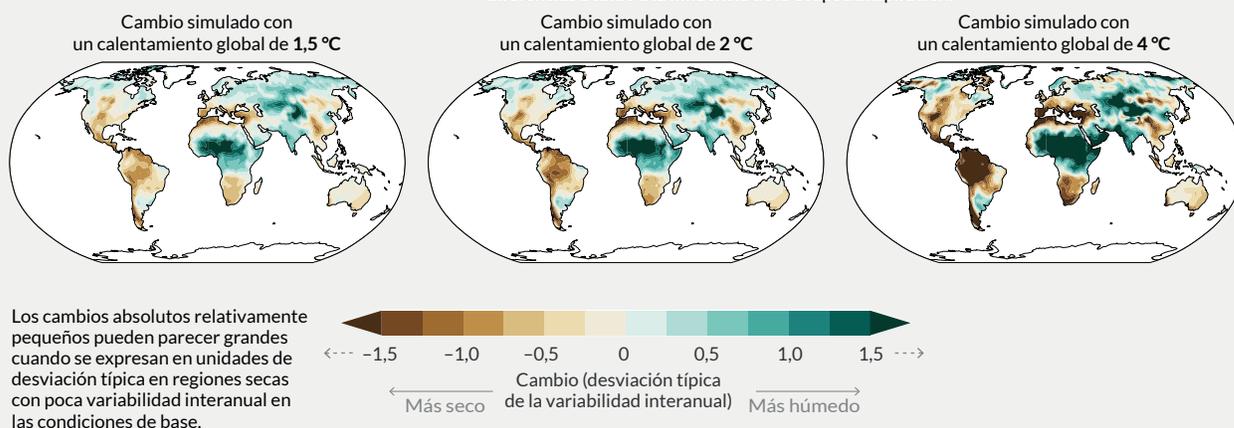
Gráfico (b) Variación de la temperatura media anual simulada (°C), gráfico (c) variación de la precipitación (%) y gráfico (d) variación de la columna total de humedad del suelo (desviación típica de la variabilidad interanual) en niveles de calentamiento global de 1,5 °C, 2 °C y 4 °C (variación de la temperatura media global en superficie durante 20 años en relación con el período 1850–1900). Los cambios simulados corresponden a la variación media de varios modelos CMIP6 (mediana de la variación para la humedad del suelo) en el nivel de calentamiento global correspondiente, es decir, el mismo método que para el mapa de la derecha del gráfico (a).

(c) Cambio de la precipitación media anual (°C) con respecto al período 1850–1900

Según se prevé, las precipitaciones aumentarán en las latitudes altas, en el Pacífico ecuatorial y en partes de las regiones monzónicas, pero disminuirán en partes de los subtropicos y en zonas limitadas de los trópicos.

**(d) Cambio anual de la columna total de humedad del suelo (desviación típica)**

En todos los niveles de calentamiento, los cambios en la humedad del suelo siguen en gran medida los cambios en las precipitaciones, pero también muestran algunas diferencias debido a la influencia de la evapotranspiración.



En el **gráfico (c)**, las variaciones porcentuales elevadas positivas en las regiones secas pueden corresponder a pequeños cambios absolutos. En el **gráfico (d)**, la unidad es la desviación típica de la variabilidad interanual de la humedad del suelo durante el período 1850–1900. La desviación típica es una métrica muy utilizada para caracterizar la gravedad de la sequía. Una reducción prevista de la humedad media del suelo en una desviación típica corresponde a las condiciones de humedad del suelo típicas de las sequías que se produjeron aproximadamente una vez cada seis años durante el período 1850–1900. En el gráfico (d), las grandes variaciones en las regiones secas con poca variabilidad interanual en las condiciones de base pueden corresponder a un pequeño cambio absoluto. Los triángulos situados en los extremos de las barras de colores indican valores fuera de los límites, es decir, valores por encima o por debajo de los límites dados. Se promedian los resultados de todos los modelos que alcanzan el nivel de calentamiento correspondiente en cualquiera de los cinco escenarios ilustrativos (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5). En la Figura 4.31 y en la Figura 4.32 de la sección 4.6, pueden consultarse los mapas de las variaciones de las precipitaciones y las temperaturas medias anuales para un nivel de calentamiento global de 3 °C. Los mapas correspondientes de los gráficos (b), (c) y (d), incluido el sombreado que indica el nivel de acuerdo entre los modelos a nivel de celdas reticulares, se encuentran en las Figuras 4.31, 4.32 y 11.19, respectivamente; como se pone de relieve en el Recuadro general Atlas.1, el sombreado a nivel de celdas reticulares no brinda información sobre escalas espaciales mayores (por ejemplo, sobre las regiones de referencia del IE6), donde las señales agregadas se ven menos afectadas por la variabilidad a pequeña escala, lo que genera un aumento de la robustez.

{Figura 1.14, 4.6.1, Recuadro general 11.1, Recuadro general Atlas.1, RT.1.3.2, Figuras RT.3 y RT.5}

Los cambios proyectados en los fenómenos extremos son mayores en términos de frecuencia e intensidad con cada incremento adicional de calentamiento global

RRP

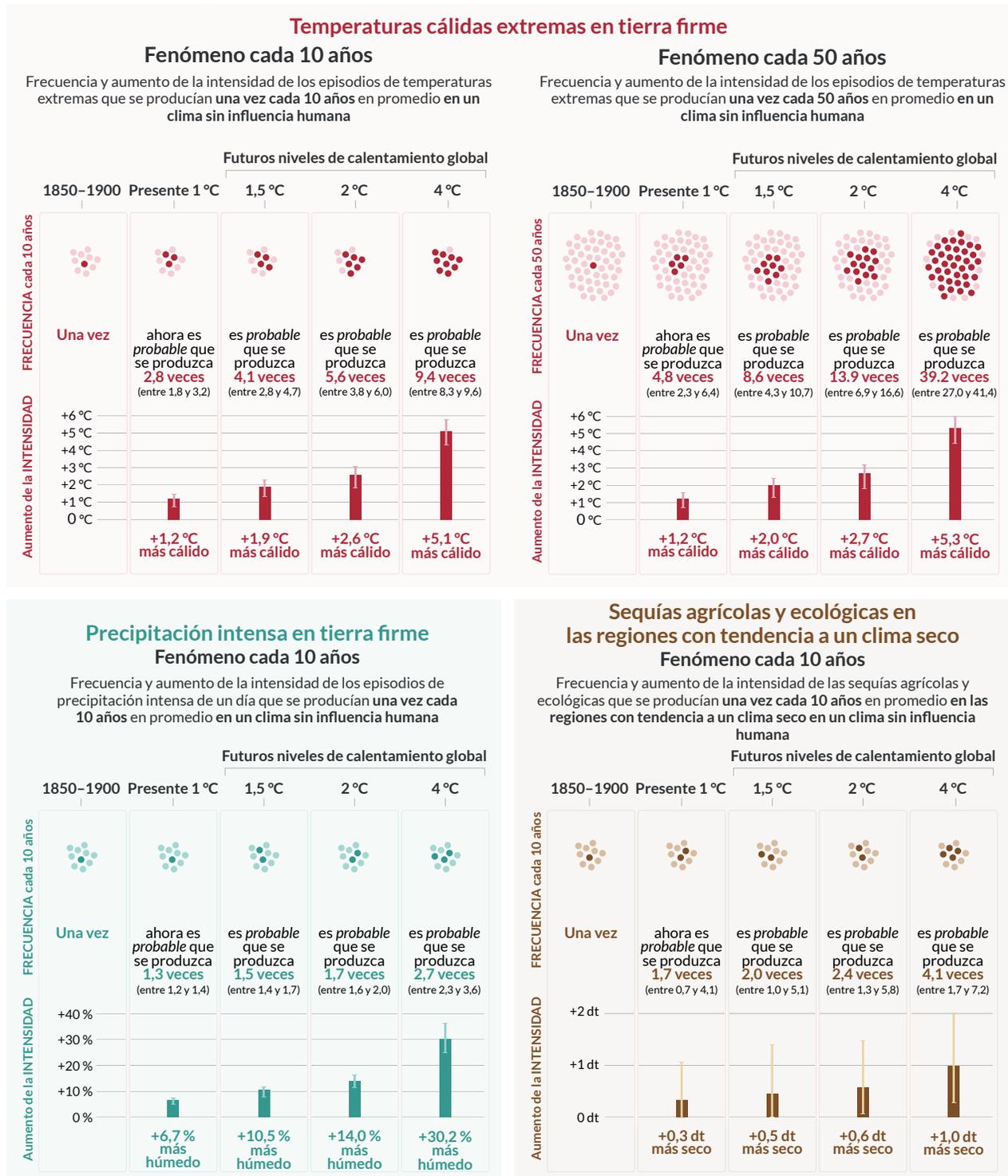


Figura RRP.6 | Cambios previstos en la intensidad y la frecuencia de las temperaturas elevadas extremas en tierra, las precipitaciones extremas en tierra y las sequías agrícolas y ecológicas en las regiones con tendencia a un clima seco

Los cambios proyectados se presentan con niveles de calentamiento global de 1 °C, 1,5 °C, 2 °C y 4 °C, con relación al período 1850–1900, y representan un clima sin influencia humana. La Figura muestra las frecuencias y los aumentos de intensidad de los fenómenos extremos de 10 o 50 años con respecto al período de base (1850–1900) en diferentes niveles de calentamiento global.

Las **temperaturas elevadas extremas** se definen como las temperaturas máximas diarias en tierra que se superaron en promedio una vez en una década (fenómeno cada 10 años) o una vez en 50 años (fenómeno cada 50 años) durante el período de referencia 1850–1900. Los **episodios de precipitación extrema** se definen como la cantidad de precipitación diaria en tierra que se superó en promedio una vez en una década durante el período de referencia 1850–1900. Los **episodios de sequías agrícolas y ecológicas** se definen como la media anual de la columna total de humedad del suelo por debajo del percentil 10 del período de base 1850–1900. Estos extremos se definen en la escala reticular de los modelos. En el caso de las temperaturas elevadas extremas y las precipitaciones extremas, los resultados se muestran para la superficie continental global. En el caso de las sequías agrícolas y ecológicas, los resultados se muestran solo para las regiones con tendencia a un clima seco, que corresponden a las regiones del IE6 en las que existe, al menos, un *nivel de confianza medio* en el aumento previsto de las sequías agrícolas y ecológicas en el nivel de calentamiento de 2 °C, en comparación con el período de base 1850–1900 en la CMIP6. Entre estas regiones se incluyen el oeste y el centro de América del Norte, el norte y el sur de América Central, el Caribe, el norte y el noreste de América del Sur, el monzón de América del Sur, el suroeste y el sur de América del Sur, el oeste y el centro de Europa, el Mediterráneo, el suroeste y el sureste de África, Madagascar, el este y el sur de Australia (el Caribe no está incluido en el cálculo de la Figura debido a que el número de celdas reticulares terrestres es demasiado bajo). Las regiones sin tendencia a un clima seco no presentan un aumento o una disminución general de la gravedad de la sequía. Las proyecciones de los cambios en las sequías agrícolas y ecológicas en los ensambles multimodelos CMIP5 difieren de CMIP6 en algunas regiones, en particular en partes de África y Asia. En el capítulo 11 se evalúan los cambios previstos en las sequías meteorológicas e hidrológicas.

En la sección relativa a la “**frecuencia**”, cada año está representado por un punto. Los puntos oscuros indican los años en los que se supera el umbral extremo, mientras que los puntos claros son los años en los que no se supera el umbral. Los valores corresponden a las medianas (en negrita) y a sus rangos *probables* respectivos basados en el rango del 5 % al 95 % del ensamble multimodelo de las simulaciones CMIP6 en el marco de diferentes escenarios de trayectorias socioeconómicas compartidas. Para conservar la coherencia, el número de puntos oscuros se basa en la mediana redondeada hacia arriba. En la sección relativa a la “**intensidad**”, las medianas y sus rangos *probables*, también basados en el rango del 5 % al 95 % del ensamble multimodelo de las simulaciones CMIP6, se muestran como barras oscuras y claras, respectivamente. Los cambios en la intensidad de las temperaturas elevadas extremas y las precipitaciones extremas se expresan en grados Celsius y en porcentaje. En cuanto a las sequías agrícolas y ecológicas, los cambios de intensidad se expresan como fracciones de la desviación estándar de la humedad del suelo anual.

{11.1; 11.3; 11.4; 11.6; 11.9; Figuras 11.12, 11.15, 11.6, 11.7 y 11.18}

B.3 Se prevé que el calentamiento global continuo intensificará aún más el ciclo del agua a escala global, incluida su variabilidad, las precipitaciones monzónicas globales y la gravedad de los fenómenos húmedos y secos. {4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, Recuadro 8.2, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, Atlas.3} (Figura RRP.5, Figura RRP.6)

- B.3.1** Desde el IE5 se han reforzado las evidencias que indican que el ciclo del agua a escala global seguirá intensificándose a medida que aumenten las temperaturas en todo el mundo (*nivel de confianza alto*), y se prevé que las precipitaciones y los flujos de aguas superficiales serán más variables en la mayoría de las regiones terrestres dentro de las estaciones (*nivel de confianza alto*) y de un año a otro (*nivel de confianza medio*). Se prevé que la media anual de las precipitaciones en la superficie terrestre aumentará entre un 0 % y un 5 % en el escenario de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9), entre un 1,5 % y un 8 % en el escenario de emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5), y entre un 1 % y un 13 % en el escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5) de aquí al período 2081–2100 en relación con el período 1995–2014 (rangos *probables*). Según se prevé, las precipitaciones aumentarán en las latitudes altas, en el Pacífico ecuatorial y en partes de las regiones monzónicas, pero disminuirán en partes de los subtropicos y en zonas limitadas de los trópicos en las SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (*muy probable*). De acuerdo con las proyecciones, la extensión de la superficie continental del mundo que experimenta incrementos o disminuciones detectables en la precipitación media estacional aumentará (*nivel de confianza medio*). Existe un *nivel de confianza alto* en un inicio más temprano del deshielo primaveral, con mayores caudales máximos a expensas de los caudales estivales en las regiones en las que predomina la nieve a nivel mundial. {4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, Atlas.3, RT.2.6, RT.4.3, Recuadro RT.6} (Figura RRP.5)
- B.3.2** En un clima más cálido se intensificarán las estaciones y los fenómenos meteorológicos y climáticos muy lluviosos y muy secos, con consiguientes inundaciones o sequías (*nivel de confianza alto*), pero la ubicación y la frecuencia de estos fenómenos dependerán de los cambios previstos en la circulación atmosférica regional, incluidos los monzones y las trayectorias de las tormentas en latitudes medias. Es muy probable que la variabilidad de las precipitaciones relacionada con El Niño-Oscilación del Sur se amplifique en la segunda mitad del siglo XXI en los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5. {4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, 8.5, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, RT.2.6, RT.4.2, Recuadro RT.6} (Figura RRP.5, Figura RRP.6)
- B.3.3** Se prevé un aumento de las precipitaciones monzónicas a medio y largo plazo a escala mundial, especialmente en Asia Meridional, Suroccidental y Oriental y África Occidental, aparte del extremo occidental del Sahel (*nivel de confianza alto*). De acuerdo con las proyecciones, se retrasará el inicio de la estación de los monzones en América del Norte, América del Sur y África Occidental (*nivel de confianza alto*), así como su fin en África Occidental (*nivel de confianza medio*). {4.4, 4.5, 8.2, 8.3, 8.4, Recuadro 8.2, Recuadro RT.13}

- B.3.4 Es *probable* que haya un desplazamiento hacia el sur y una intensificación de las trayectorias de las tormentas de latitudes medias en el verano del hemisferio sur y de las precipitaciones asociadas a largo plazo en los escenarios de emisiones de GEI altas (SSP3-7.0, SSP5-8.5), pero que a corto plazo el efecto de la recuperación del ozono estratosférico contrarreste estos cambios (*nivel de confianza alto*). Existe un *nivel de confianza medio* en un desplazamiento continuo hacia el polo de las tormentas y sus precipitaciones en el Pacífico Norte, mientras que existe *nivel de confianza bajo* en los cambios previstos en las trayectorias de las tormentas del Atlántico Norte. {4.4, 4.5, 8.4, RT.2.3, RT.4.2}
- B.4 En los escenarios con un aumento de las emisiones de CO₂, se prevé que los sumideros de carbono oceánicos y terrestres serán menos eficaces para frenar la acumulación de CO₂ en la atmósfera** {4.3, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6} (Figura RRP.7)
- B.4.1 Aunque se prevé que los sumideros de carbono terrestres y oceánicos naturales absorberán, en términos absolutos, una cantidad cada vez mayor de CO₂ en los escenarios de emisiones de CO₂ más elevadas en comparación con las más bajas, resultarán menos eficaces, es decir, la proporción de emisiones absorbidas por la tierra y el océano disminuye con el aumento de las emisiones acumuladas de CO₂. Se prevé que esto dará lugar a una mayor proporción de CO₂ emitido que permanecerá en la atmósfera (*nivel de confianza alto*). {5.2, 5.4, Recuadro RT.5} (Figura RRP.7)
- B.4.2 Según las proyecciones de los modelos, en el escenario de emisiones de GEI intermedias en el que se estabilizan las concentraciones de CO₂ en la atmósfera durante este siglo (SSP2-4.5), se prevé que las tasas de absorción de CO₂ por la tierra y el océano disminuirán en la segunda mitad del siglo XXI (*nivel de confianza alto*). En los escenarios de emisiones de GEI muy bajas y bajas (SSP1-1.9, SSP1-2.6), en los que las concentraciones de CO₂ alcanzan su punto máximo y disminuyen durante el siglo XXI, la tierra y el océano comienzan a absorber menos carbono en respuesta a la disminución de las concentraciones de CO₂ atmosférico (*nivel de confianza alto*) y se convierten en una fuente neta débil para 2100 en la SSP1-1.9 (*nivel de confianza medio*). Es *muy improbable* que el sumidero mundial combinado de la tierra y el océano se convierta en una fuente para 2100 en los escenarios sin emisiones netas negativas (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5).³² {4.3, 5.4, 5.5, 5.6, Recuadro RT.5, RT.3.3}
- B.4.3 La magnitud de las retroalimentaciones entre el cambio climático y el ciclo del carbono es mayor, pero también más incierta en los escenarios de emisiones de CO₂ altas (*nivel de confianza muy alto*). Sin embargo, las proyecciones de los modelos climáticos muestran que las incertidumbres en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera para 2100 están dominadas por las diferencias entre los escenarios de emisiones (*nivel de confianza alto*). Otras respuestas de los ecosistemas al calentamiento que aún no se han incluido plenamente en los modelos climáticos, como los flujos de CO₂ y CH₄ procedentes de los humedales, el deshielo del permafrost y los incendios forestales, incrementarían aún más las concentraciones de estos gases en la atmósfera (*nivel de confianza alto*). {5.4, Recuadro RT.5, RT.3.2}

32 Estos ajustes previstos de los sumideros de carbono a la estabilización o la disminución del CO₂ atmosférico se tienen en cuenta en los cálculos del presupuesto de carbono restante.

La proporción de emisiones de CO₂ que absorben los sumideros de carbono terrestres y oceánicos es menor en los escenarios con emisiones acumuladas de CO₂ más altas

Emisiones totales acumuladas de CO₂ absorbidas por la tierra y los océanos (colores) y que permanecen en la atmósfera (gris) en los cinco escenarios ilustrativos de 1850 a 2100

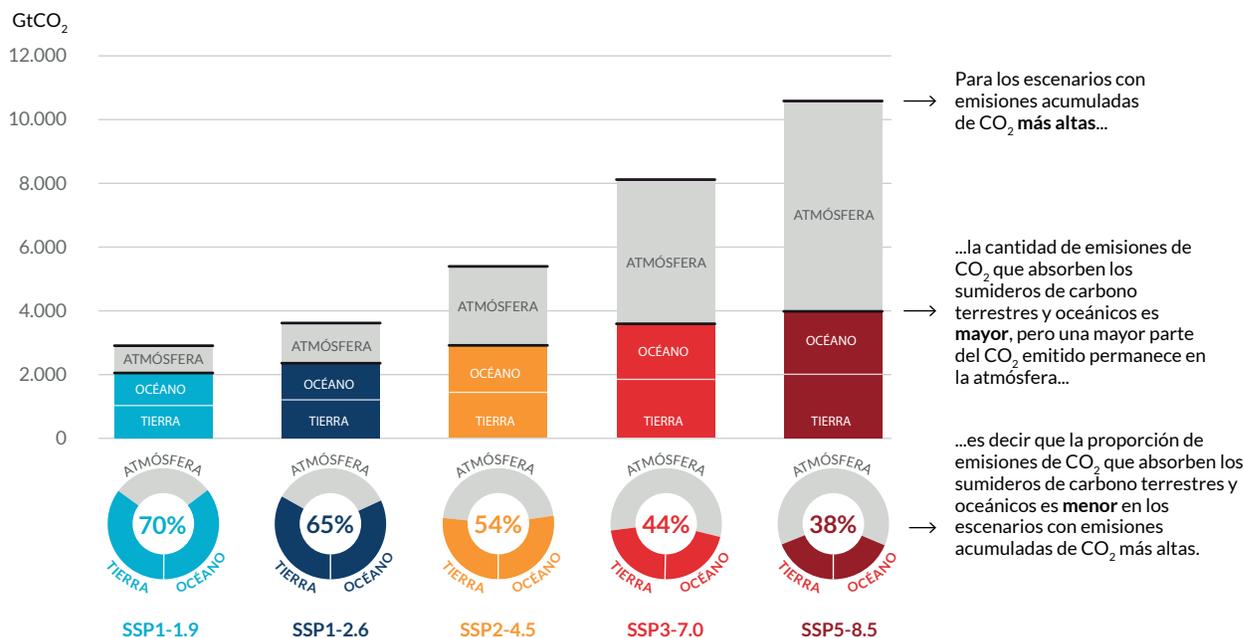


Figura RRP.7 | Emisiones antropogénicas acumuladas de CO₂ absorbidas por los sumideros terrestres y oceánicos en 2100 según los cinco escenarios ilustrativos

Las emisiones antropogénicas acumuladas (causadas por las actividades humanas) de dióxido de carbono (CO₂) absorbidas por los sumideros terrestres y oceánicos en los cinco escenarios ilustrativos (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5) se simulan desde 1850 hasta 2100 mediante modelos climáticos de CMIP6 en las simulaciones basadas en concentraciones. Los sumideros de carbono terrestres y oceánicos responden a las emisiones pasadas, actuales y futuras; por lo tanto, aquí se presentan los sumideros acumulados desde 1850 hasta 2100. Durante el período histórico (1850–2019), el sumidero terrestre y oceánico observado absorbió 1.430 GtCO₂ (el 59 % de las emisiones).

En el **gráfico de barras** se ilustra la cantidad prevista de emisiones antropogénicas acumuladas de CO₂ (GtCO₂) entre 1850 y 2100 que permanecerá en la atmósfera (parte gris) y que será absorbida por el continente y el océano (parte coloreada) en el año 2100. El **gráfico de rosquilla** ilustra la proporción de las emisiones antropogénicas acumuladas de CO₂ que absorben los sumideros terrestres y oceánicos y que permanecen en la atmósfera en el año 2100. Los valores porcentuales indican la proporción de las emisiones antropogénicas acumuladas de CO₂ absorbidas por los sumideros terrestres y oceánicos combinados en el año 2100. Las emisiones de carbono antropogénicas totales se calculan sumando las emisiones globales netas del uso del suelo procedentes de la base de datos de los escenarios de la CMIP6 a las demás emisiones sectoriales calculadas a partir de ejecuciones de modelos climáticos con concentraciones de CO₂ prescritas.³³ La absorción de CO₂ por parte del continente y el océano desde 1850 se calcula a partir de la productividad neta del bioma continental, corregida para contabilizar las pérdidas de CO₂ debidas al cambio de uso del suelo añadiendo las emisiones del cambio de uso del suelo, y el flujo neto de CO₂ del océano.

{5.2.1; Cuadro 5.1; 5.4.5; Figura 5.25; Recuadro RT.5; Recuadro RT.5, Figura 1}

B.5 Muchos de los cambios debidos a las emisiones de gases de efecto invernadero pasadas y futuras serán irreversibles durante siglos o milenios, en especial, los cambios en los océanos, los mantos de hielo y el nivel del mar global.

{2.3, Recuadro general 2.4, 4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, 9.4, 9.5, 9.6, Recuadro 9.4} (Figura RRP.8)

B.5.1 Debido a las emisiones pasadas de GEI desde 1750, los océanos de todo el mundo están comprometidos a un calentamiento futuro (*nivel de confianza alto*). Durante el resto del siglo XXI, el calentamiento probable del océano oscila entre 2 a 4

³³ Las otras emisiones sectoriales se calculan como el remanente de la absorción neta de CO₂ por parte del suelo y el océano y los cambios prescritos en la concentración de CO₂ en la atmósfera en las simulaciones CMIP6. Estas emisiones calculadas son emisiones netas y no separan las emisiones antropogénicas brutas de las remociones, que se incluyen implícitamente.

³⁴ Los resultados de baja probabilidad y alto impacto son aquellos cuya probabilidad de ocurrencia es baja o no se conoce bien (como en el contexto de una profunda incertidumbre), pero cuyos posibles impactos sobre la sociedad y los ecosistemas podrían ser altos. Un punto crítico es un umbral crítico a partir del cual un sistema se reorganiza, a menudo de forma abrupta o irreversible.

(SSP1-2.6) y 4 a 8 veces (SSP5-8.5) el cambio del período 1971–2018. Sobre la base de diversas líneas de evidencia, la estratificación de la parte superior del océano (*prácticamente seguro*), la acidificación del océano (*prácticamente seguro*) y la desoxigenación del océano (*nivel de confianza alto*) seguirán aumentando en el siglo XXI, a un ritmo que dependerá de las emisiones futuras. Los cambios son irreversibles en escalas de tiempo de centenarias a milenarias en la temperatura del océano global (*nivel de confianza muy alto*), la acidificación del océano profundo (*nivel de confianza muy alto*) y la desoxigenación (*nivel de confianza medio*).

{4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, RT.2.4} (Figura RRP.8)

B.5.2 Los glaciares polares y de montaña seguirán fundiéndose durante décadas o siglos (*nivel de confianza muy alto*). La pérdida de carbono del permafrost tras el deshielo es irreversible a escalas temporales de siglos (*nivel de confianza alto*). Es *prácticamente seguro* que se mantendrá la pérdida continua de hielo durante el siglo XXI en el caso del manto de hielo de Groenlandia, y es *probable* en el caso del manto de hielo de la Antártida. Existe un *nivel de confianza alto* en que la pérdida de hielo total del manto de hielo de Groenlandia aumentará con las emisiones acumuladas. Hay una *evidencia limitada* de resultados de baja probabilidad y alto impacto (derivados de los procesos de inestabilidad del manto de hielo que se caracterizan por una profunda incertidumbre y que, en algunos casos, implican puntos críticos) que incrementarían considerablemente la pérdida de hielo del manto de hielo de la Antártida durante siglos en escenarios de emisiones de GEI altas.³⁴

{4.3, 4.7, 5.4, 9.4, 9.5, Recuadro 9.4, Recuadro RT.1, RT.2.5}

B.5.3 Es *prácticamente seguro* que el nivel medio del mar global seguirá aumentando durante el siglo XXI. En relación con el período 1995–2014, el aumento probable del nivel medio del mar global en 2100 es de entre 0,28 y 0,55 m en el escenario de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9); entre 0,32 y 0,62 m en el escenario de emisiones de GEI bajas (SSP1-2.6); entre 0,44 y 0,76 m en el escenario de emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5), y entre 0,63 y 1,01 m en el escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5); y para 2150 es de entre 0,37 y 0,86 m en el escenario de emisiones muy bajas (SSP1-1.9); entre 0,46 y 0,99 m en el escenario de emisiones bajas (SSP1-2.6); entre 0,66 y 1,33 m en el escenario de emisiones intermedias (SSP2-4.5), y entre 0,98 y 1,88 m en el escenario de emisiones muy altas (SSP5-8.5) (*nivel de confianza medio*).³⁵ No se puede descartar un aumento del nivel medio del mar global por encima del rango *probable*, que se aproxima a los 2 m en 2100 y a los 5 m en 2150 en un escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5) (), debido a la profunda incertidumbre en los procesos de los mantos de hielo. {4.3, 9.6, Recuadro 9.4, Recuadro RT.4} (Figura RRP.8)

B.5.4 A más largo plazo, el nivel del mar aumentará durante siglos o milenios debido al continuo calentamiento del océano profundo y al derretimiento de los mantos de hielo, y permanecerá elevado durante miles de años (*nivel de confianza alto*). En los próximos 2.000 años, el nivel medio del mar global aumentará entre 2 y 3 m si el calentamiento se limita a 1,5 °C, entre 2 y 6 m si se limita a 2 °C, y entre 19 y 22 m con un calentamiento de 5 °C, y seguirá aumentando en los subsiguientes miles de años (*nivel de confianza bajo*). Las proyecciones del aumento del nivel medio del mar global a escala multi-milenaria son coherentes con los niveles reconstruidos durante los períodos climáticos cálidos del pasado: es probable que el nivel del mar haya sido entre 5 y 10 m más elevado que el nivel actual hace unos 125.000 años, cuando la temperatura globales eran muy probablemente entre 0,5 °C y 1,5 °C más alta que en 1850–1900; y es *muy probable* que haya sido entre 5 y 25 m más elevado hace aproximadamente 3 millones de años, cuando la temperatura globales eran entre 2,5 °C y 4 °C más altas (*nivel de confianza medio*).

{2.3, Recuadro general 2.4, 9.6, Recuadro RT.2, Recuadro RT.4, Recuadro RT.9}

35 Para realizar una comparación con el período de base 1986–2005 utilizado en el IE5 y el informe sobre el océano y la criosfera (SROCC) en un clima cambiante, es necesario añadir 0,03 m a las estimaciones de aumento del nivel medio del mar global. Para compararlo con el período de base de 1900 utilizado en la Figura RRP.8, deben añadirse 0,16 m..

Las actividades humanas afectan a todos los principales componentes del sistema climático, algunos de los cuales responden durante décadas y otros durante siglos

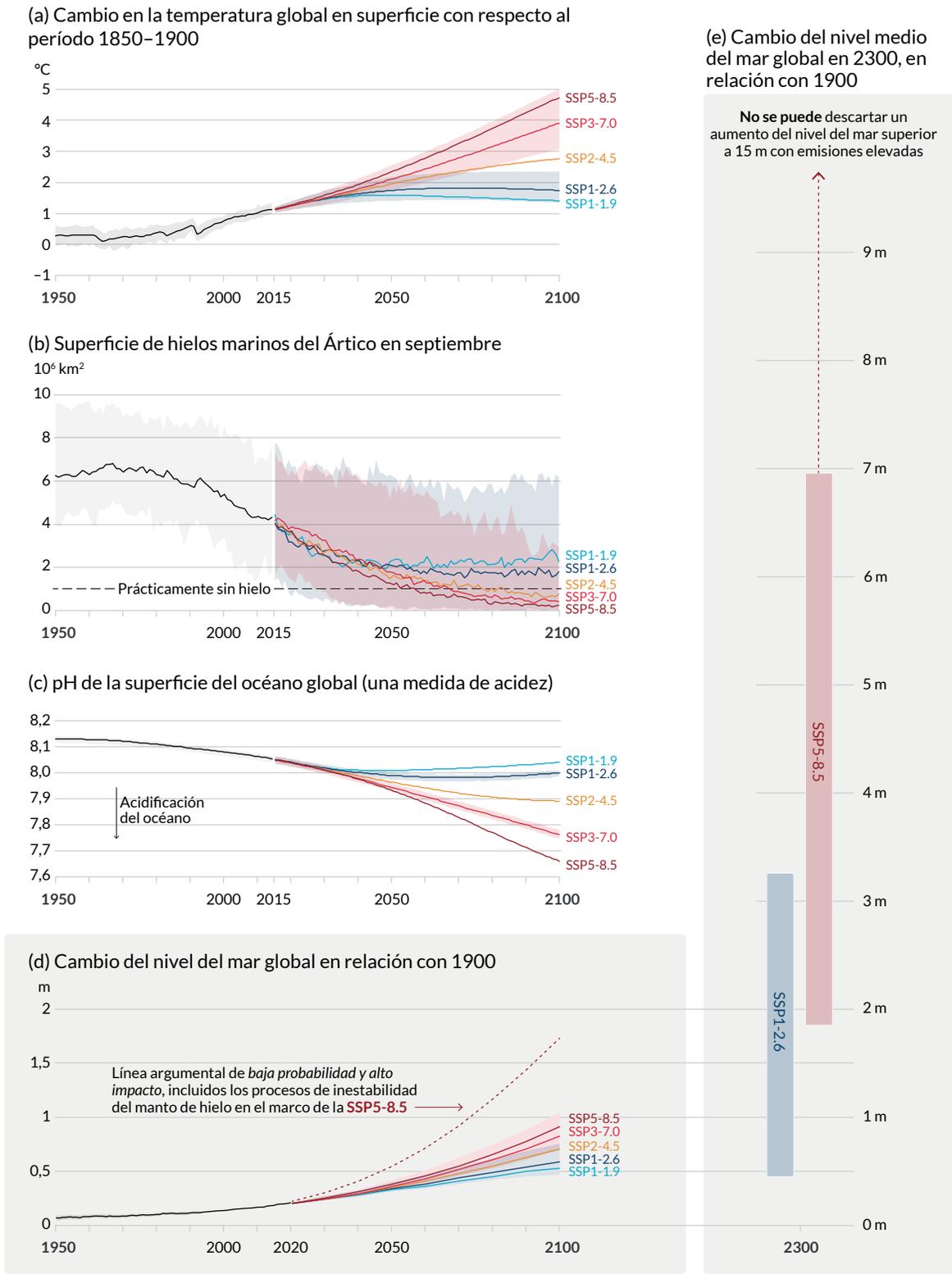


Figura RRP.8 | Indicadores seleccionados del cambio climático global en los cinco escenarios ilustrativos utilizados en el presente informe

Las proyecciones para cada uno de los cinco escenarios se muestran en colores. Las sombras representan los rangos de incertidumbre; hay más detalles sobre cada gráfico en los paneles siguientes. Las curvas negras representan las simulaciones históricas (gráficos (a), (b), (c)) o las observaciones (gráfico (d)). Los valores históricos se incluyen en todos los gráficos para contextualizar los cambios futuros previstos.

Gráfico (a) Cambios en la temperatura global en superficie en °C con respecto al período 1850–1900. Estos cambios se obtuvieron combinando las simulaciones de los modelos CMIP6 con restricciones de las observaciones basadas en el calentamiento simulado en el pasado, así como una evaluación actualizada de la sensibilidad climática de equilibrio (véase el Recuadro RRP.1). Los cambios con respecto al período 1850–1900 basados en períodos de promediados de 20 años, se calculan añadiendo 0,85 °C (el aumento de la temperatura global en superficie observado desde 1850–1900 hasta 1995–2014) a los cambios simulados con respecto al período 1995–2014. Se muestran rangos *muy probables* para la SSP1-2.6 y la SSP3-7.0.

Gráfico (b) Superficie de hielos marinos del Ártico en septiembre en 10⁶ km² sobre la base de las simulaciones de los modelos CMIP6. Se muestran rangos *muy probables* para la SSP1-2.6 y la SSP3-7.0. Se prevé que el Ártico estará prácticamente sin hielo hacia mediados de siglo en los escenarios de emisiones de GEI intermedias y altas.

Gráfico (c) pH de la superficie del océano global (una medida de la acidez) sobre la base de las simulaciones de los modelos CMIP6. Se muestran rangos *muy probables* para la SSP1-2.6 y la SSP3-7.0.

Gráfico (d) Cambio del nivel medio del mar global en metros, en relación con 1900. Se observan los cambios históricos (a partir de mareógrafos antes de 1992 y de altímetros posteriormente), y los cambios futuros se evalúan de forma coherente con las restricciones de observación basadas en la emulación de los modelos CMIP, de los mantos de hielo y de los glaciares. Se muestran los rangos *probables* para la SSP1-2.6 y la SSP3-7.0. Solo se evalúan los rangos *probables* para los cambios del nivel del mar debido a las dificultades para estimar la distribución de procesos con profunda incertidumbre. La curva discontinua indica el posible impacto de estos procesos con profunda incertidumbre. Se muestra el percentil 83 de las proyecciones de la SSP5-8.5 que incluyen procesos de baja probabilidad y alto impacto en los mantos de hielo que no pueden descartarse; debido al *nivel de confianza bajo* en las proyecciones de estos procesos, esta curva no forma parte de un rango *probable*. Los cambios con respecto a 1900 se calculan añadiendo 0,158 m (aumento del nivel medio del mar global observado desde 1900 hasta 1995–2014) a los cambios simulados y observados respecto del período 1995–2014.

Gráfico (e) Cambio del nivel medio del mar global en 2300 en metros con respecto a 1900. Solo se realizan proyecciones para 2300 en los escenarios SSP1-2.6 y SSP5-8.5, ya que las simulaciones que se extienden más allá de 2100 para los demás escenarios son demasiado escasas para obtener resultados sólidos. Los rangos de los percentiles 17 al 83 están sombreados. La flecha discontinua ilustra el percentil 83 de las proyecciones de la SSP5-8.5 que incluyen procesos de baja probabilidad y alto impacto en el manto de hielo que no pueden descartarse.

Los gráficos (b) y (c) se basan en simulaciones individuales de cada modelo, por lo que incluyen un componente de variabilidad interna. Los gráficos (a), (d) y (e) se basan en medias a largo plazo, por lo que las contribuciones de la variabilidad interna son pequeñas.

{4.3; Figuras 4.2, 4.8 y 4.11; 9.6; Figura 9.27; Figuras RT.8 y RT.11; Recuadro RT.4, Figura 1}

C. Información climática para la evaluación de riesgos y la adaptación regional

La información climática física tiene en cuenta la forma en que el sistema climático responde a la interacción entre la influencia humana, las fuerzas impulsoras naturales y la variabilidad interna. Los conocimientos sobre la respuesta climática y el abanico de posibles resultados, incluidos los de baja probabilidad y alto impacto, sirven de base para los servicios climáticos: la evaluación de los riesgos relacionados con el clima y la planificación de las medidas de adaptación. La información climática física a escala global, regional y local se elabora a partir de diversas líneas de evidencia, incluidos los productos de observaciones, los resultados de modelos climáticos y los diagnósticos a medida.

C.1 Las fuerzas impulsoras naturales y la variabilidad interna modularán los cambios provocados por el ser humano, especialmente a escala regional y a corto plazo, con poco efecto sobre el calentamiento global centenario. Es importante tener en cuenta estas modulaciones al planificar toda la gama de cambios posibles. {1.4, 2.2, 3.3, Recuadro general 3.1, 4.4, 4.6, Recuadro general 4.1, Recuadro 7.2, 8.3, 8.5, 9.2, 10.3, 10.4, 10.6, 11.3, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, Recuadro general Atlas.2}

C.1.1 El registro histórico de la temperatura global en superficie pone de manifiesto que la variabilidad decenal ha potenciado y enmascarado los cambios subyacentes a largo plazo causados por el ser humano, y que esta variabilidad continuará en el futuro (*nivel de confianza muy alto*). Por ejemplo, la variabilidad decenal interna y las variaciones de las fuerzas impulsoras solares y volcánicas enmascararon parcialmente el calentamiento global de la superficie provocado por el ser humano durante el período 1998–2012, con pronunciadas características regionales y estacionales (*nivel de confianza alto*). No obstante, el calentamiento del sistema climático se mantuvo durante este período, como se refleja en el calentamiento continuo del océano a escala global (*nivel de confianza muy alto*) y en el aumento continuo de los episodios de calor extremo en las superficies continentales (*nivel de confianza medio*). {1.4, 3.3, Recuadro general 3.1, 4.4, Recuadro 7.2, 9.2, 11.3, Recuadro transversal RT.1} (Figura RRP.1)

- C.1.2 Los cambios previstos causados por el ser humano en el clima medio y en las condiciones climáticas que conducen a impactos,³⁶ incluidos los fenómenos extremos, se verán amplificados o atenuados por la variabilidad interna (*nivel de confianza alto*).³⁷ Podría producirse un enfriamiento a corto plazo en lugares concretos con respecto al clima actual y sería coherente con el aumento de la temperatura global en superficie debido a la influencia humana (*nivel de confianza alto*). {1.4, 4.4, 4.6, 10.4, 11.3, 12.5, Atlas.5, Atlas.10, Atlas.11, RT.4.2}
- C.1.3 La variabilidad interna ha sido en gran medida responsable de la amplificación y la atenuación de los cambios causados por el ser humano en la precipitación media, de escalas decenales a multidecenales, observados en muchas regiones continentales (*nivel de confianza alto*). A escala global y regional, los cambios a corto plazo en los monzones obedecerán principalmente a los efectos de la variabilidad interna (*nivel de confianza medio*). Además de la influencia de la variabilidad interna, los cambios proyectados a corto plazo en las precipitaciones a escala global y regional son inciertos debido a la incertidumbre de los modelos y a la incertidumbre en los forzamientos de los aerosoles naturales y antropogénicos (*nivel de confianza medio*). {1.4, 4.4, 8.3, 8.5, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, Atlas.4, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, Recuadro general Atlas.2, RT.4.2, Recuadro RT.6, Recuadro RT.13}
- C.1.4 Sobre la base de las evidencias paleoclimáticas e históricas, es probable que se produzca, al menos, una gran erupción volcánica durante el siglo XXI.³⁸ Una erupción de este tipo reduciría la temperatura global en superficie y las precipitaciones, especialmente sobre la tierra, durante uno a tres años, alteraría la circulación monzónica global, modificaría las precipitaciones extremas y cambiaría muchas condiciones climáticas que conducen a impactos (*nivel de confianza medio*). Por lo tanto, si se produce una erupción de este tipo, el cambio climático provocado por el ser humano se enmascararía de forma temporal y parcial. {2.2, 4.4, Recuadro general 4.1, 8.5, RT.2.1}
- C.2 Con un mayor calentamiento global, se prevé que todas las regiones experimentarán cada vez más cambios simultáneos y diversos en las condiciones climáticas que conducen a impactos. Los cambios en varias de esas condiciones serían más generalizados con un aumento de 2 °C, en comparación con un calentamiento global de 1,5 °C, e incluso más generalizados o pronunciados en niveles de calentamiento más elevados.** {8.2, 9.3, 9.5, 9.6, Recuadro 10.3, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.9, Recuadro 11.3, Recuadro 11.4, Recuadro general 11.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.9)
- C.2.1 Se prevé que todas las regiones³⁹ experimentarán un mayor aumento de las condiciones climáticas que conducen a impactos de carácter cálido y descensos en las de carácter frío (*nivel de confianza alto*). De acuerdo con las proyecciones, habrá más disminuciones en el permafrost, la nieve, los glaciares y los mantos de hielo, los lagos y los hielos marinos del Ártico (*nivel de confianza medio a alto*).⁴⁰ Estos cambios serían mayores con un calentamiento global de 2 °C o superior que con uno de 1.5 °C (*nivel de confianza alto*). Por ejemplo, se prevé que los umbrales de calor extremo de importancia para la agricultura y la salud se superarán con una mayor frecuencia en niveles de calentamiento global más altos (*nivel de confianza alto*). {9.3, 9.5, 11.3, 11.9, Recuadro general 11.1, 12.3, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, RT.4.3} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.9)
- C.2.2 Con un calentamiento global de 1,5 °C, se prevé que las precipitaciones intensas y las inundaciones asociadas se intensificarán y serán más frecuentes en la mayoría de las regiones de África y Asia (*nivel de confianza alto*), América del Norte (*nivel de confianza medio a alto*)⁴⁰ y Europa (*nivel de confianza medio*). Además, se prevén sequías agrícolas y ecológicas más frecuentes o severas en algunas regiones de todos los continentes habitados, excepto Asia, en comparación con el período 1850–1900 (*nivel de confianza medio*); también se prevé un aumento de las sequías meteorológicas

36 Las fuerzas impulsoras de los impactos climáticos son condiciones físicas del sistema climático (por ejemplo, promedios, eventos, fenómenos extremos) que afectan a un elemento de la sociedad o de los ecosistemas. Dependiendo de la tolerancia del sistema, las condiciones climáticas que conducen a impactos y sus cambios pueden ser perjudiciales, beneficiosos, neutros o una mezcla de ellos en los distintos elementos y regiones interrelacionados del sistema. Los distintos tipos de condiciones climáticas que conducen a impactos incluyen el calor y el frío, las condiciones húmedas y secas, el viento, la nieve y el hielo, la costa y el mar abierto (Glosario).

37 Los principales fenómenos de variabilidad interna incluyen El Niño-Oscilación del Sur, la variabilidad decenal del Pacífico y la variabilidad multidecenal del Atlántico debido a su influencia regional.

38 Basado en reconstrucciones de 2.500 años, las erupciones más negativas que -1 W m^{-2} ocurren, en promedio, dos veces por siglo.

39 Las regiones se refieren a las regiones de referencia del IE6 del GTI utilizadas en el presente informe para resumir la información en las regiones subcontinentales y oceánicas. Los cambios se comparan con las medias de los últimos 20 a 40 años, a menos que se especifique lo contrario. {1.4, 12.4, Atlas.1}.

40 El nivel específico de confianza o probabilidad depende de la región considerada. Los detalles se encuentran en el resumen técnico y en el informe de base.

en algunas regiones (*nivel de confianza medio*). De acuerdo con las proyecciones, un número reducido de regiones experimentarán aumentos o disminuciones de las precipitaciones medias (*nivel de confianza medio*).

{11.4, 11.5, 11.6, 11.9, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, RT.4.3} (Cuadro RRP.1)

- C.2.3 A partir de los 2 °C de calentamiento global, el nivel de confianza y la magnitud del cambio en las sequías y las precipitaciones intensas y medias aumentan en comparación con los de 1,5 °C. Se prevé que las precipitaciones intensas y las inundaciones asociadas serán más intensas y frecuentes en las islas del Pacífico y en muchas regiones de América del Norte y Europa (*nivel de confianza medio a alto*)⁴⁰. Estos cambios también se observan en algunas regiones de Australasia y América Central y del Sur (*nivel de confianza medio*). Se prevé que varias regiones de África, América del Sur y Europa experimentarán un aumento de la frecuencia o la gravedad de las sequías agrícolas y ecológicas con un *nivel de confianza de medio a alto*⁴⁰; también se prevén aumentos en Australasia, América Central y del Norte y el Caribe con un *nivel de confianza medio*. Asimismo, de acuerdo con las proyecciones, un pequeño número de regiones de África, Australasia, Europa y América del Norte se verán afectadas por aumentos de las sequías hidrológicas, y varias regiones presentarán aumentos o disminuciones de las sequías meteorológicas, aunque un mayor número de regiones presentarán un aumento (*nivel de confianza medio*). Se prevé un incremento de las precipitaciones medias en todas las regiones polares, del norte de Europa y del norte de América del Norte, en la mayoría de las regiones asiáticas y en dos regiones de América del Sur (*nivel de confianza alto*).

{11.4, 11.6, 11.9, Recuadro general 11.1, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, RT.4.3} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.5, Figura RRP.6, Figura RRP.9)

- C.2.4 Según las proyecciones, un mayor número de condiciones climáticas que conducen a impactos en más regiones cambiarán a partir de 2 °C, en comparación con un calentamiento global de 1,5 °C (*nivel de confianza alto*). Los cambios específicos de las regiones incluyen la intensificación de los ciclones tropicales o las tormentas extratropicales (*nivel de confianza medio*), el aumento de las inundaciones fluviales (*nivel de confianza medio a alto*)⁴⁰ la reducción de la media de las precipitaciones y el aumento de la aridez (*nivel de confianza medio a alto*)⁴⁰, y el aumento de las condiciones meteorológicas propicias para los incendios forestales (*nivel de confianza medio a alto*)⁴⁰. Hay un *nivel de confianza bajo* en los posibles cambios futuros de otras condiciones climáticas que conducen a impactos en la mayoría de las regiones, como el granizo, las tormentas de hielo, las tormentas fuertes, las tormentas de polvo, las nevadas intensas y los deslizamientos de tierra.

{11.7, 11.9, Recuadro general 11.1, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Atlas.4, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.10, RT.4.3.1, RT.4.3.2, RT.5} (Cuadro RRP.1, Figura RRP.9)

- C.2.5 Es muy probable o prácticamente seguro⁴⁰ que el aumento medio regional del nivel del mar relativo continuará a lo largo del siglo XXI, excepto en unas pocas regiones con importantes tasas de elevación geológica del terreno. En aproximadamente dos tercios del litoral global, se prevé un aumento del nivel del mar relativo regional dentro del ± 20 % del aumento medio global (*nivel de confianza medio*). Debido al aumento relativo del nivel del mar, se prevé que los episodios de nivel del mar extremo que se producían una vez por siglo en el pasado inmediato se producirán, al menos, una vez por año en más de la mitad de las ubicaciones de los mareógrafos para 2100 (*nivel de confianza alto*). El aumento relativo del nivel del mar contribuye a incrementar la frecuencia y la gravedad de las inundaciones costeras en las zonas bajas y la erosión costera en la mayoría de las costas arenosas (*nivel de confianza alto*).

{9.6, 12.4, 12.5, Recuadro general 12.1, Recuadro RT.4, RT.4.3} (Figura RRP.9)

- C.2.6 Las ciudades intensifican el calentamiento provocado por las actividades humanas a nivel local, y una mayor urbanización, junto con una mayor frecuencia de temperaturas elevadas extremas, acentuarán la gravedad de las olas de calor (*nivel de confianza muy alto*). La urbanización también incrementa las precipitaciones medias e intensas sobre las ciudades o a sotavento (*nivel de confianza medio*) y la intensidad de la escorrentía resultante (*nivel de confianza alto*). En las ciudades costeras, la combinación de episodios más frecuentes de nivel del mar extremo (debido al aumento del nivel del mar y a las mareas meteorológicas) y los fenómenos extremos de lluvia/flujo fluvial hará que las inundaciones sean más probables (*nivel de confianza alto*).

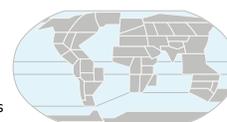
{8.2, Recuadro 10.3, 11.3, 12.4, Recuadro RT.14}

- C.2.7 Se prevé que en muchas regiones habrá un aumento de la probabilidad de fenómenos compuestos con un mayor calentamiento global (*nivel de confianza alto*). En particular, es *probable* que las olas de calor y las sequías simultáneas sean más frecuentes. Se incrementa la frecuencia de los fenómenos extremos concurrentes en varios lugares, incluso en las zonas productoras de cultivos, a partir de 2 °C, en comparación con el calentamiento global de 1,5 °C (*nivel de confianza alto*).

{11.8, Recuadro 11.3, Recuadro 11.4, 12.3, 12.4, Recuadro general 12.1, RT.4.3} (Cuadro RRP.1)

Se prevé un cambio de las diversas condiciones climáticas que conducen a impactos en todas las regiones del mundo

Las **condiciones climáticas que conducen a impactos** son condiciones físicas del sistema climático (por ejemplo, promedios, fenómenos, fenómenos extremos) que afectan a un elemento de la sociedad o de los ecosistemas. Dependiendo de la tolerancia del sistema, las condiciones climáticas que conducen a impactos y sus cambios pueden ser perjudiciales, beneficiosos, neutros o una mezcla de ellos en los distintos elementos y regiones interrelacionados del sistema. Las condiciones climáticas que conducen a impactos se agrupan en siete tipos, que se resumen en los iconos de la figura. Se prevé que todas las regiones experimentarán cambios en, al menos, 5 de ellas. Se prevé que casi todas (96 %) presentarán cambios en, al menos, 10 condiciones climáticas que conducen a impactos y la mitad en, al menos, 15. En el caso de muchos de los cambios de esas condiciones, existe una amplia variación geográfica, por lo que se estima que cada región experimentará un conjunto específico de cambios de las condiciones climáticas que conducen a impactos. Cada barra del gráfico representa un conjunto geográfico específico de cambios que puede estudiarse en el Atlas Interactivo del GTI.



interactive-atlas.ipcc.ch

RRP

Número de regiones continentales y costeras (a) y regiones de mar abierto (b) en las que se prevé que cada condición climática que conduce a impactos **umentará o **disminuirá** con un nivel de confianza **alto** (sombra oscura) o **medio** (sombra clara)**

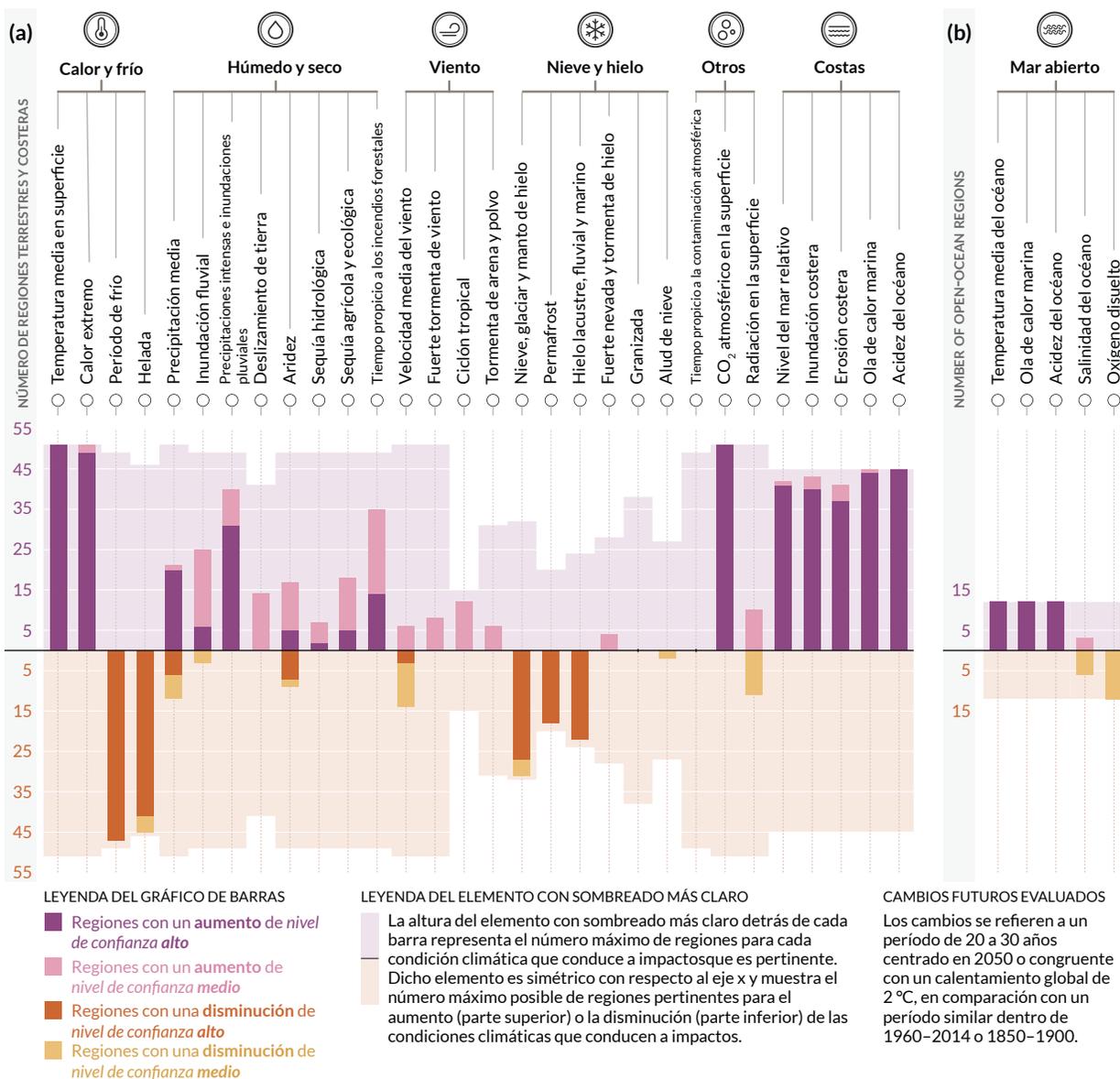


Figura RRP.9 | Síntesis del número de regiones de referencia del IE6 del GTI en las que se prevé que cambiarán las condiciones climáticas que conducen a impactos

Se muestra un total de 35 condiciones climáticas que conducen a impactos agrupadas en siete tipos: calor y frío, condiciones húmedas y secas, viento, nieve y hielo, costas, mar abierto y otros. Para cada una de las condiciones climáticas que conduce a impactos, la barra del siguiente gráfico muestra el número de regiones de referencia del IE6 del GTI en las que se prevé que habrá cambios. Los **colores** representan la dirección del cambio y el nivel de confianza en el cambio: el púrpura indica un aumento, mientras que el marrón indica una disminución; los tonos más oscuros y más claros se refieren a un *nivel de confianza alto* y *medio*, respectivamente. Los colores de fondo más claros representan el número máximo de regiones para las que cada condición climática que conduce a impactos es ampliamente pertinente.

El **gráfico (a)** muestra las 30 condiciones climáticas que conducen a impactos pertinentes para las **regiones terrestres y costeras**, mientras que el **gráfico (b)** muestra las 5 condiciones climáticas que conducen a impactos pertinentes para las **regiones de mar abierto**. Las olas de calor marinas y la acidez de los océanos se evalúan

para las regiones oceánicas costeras en el gráfico (a) y para las regiones de mar abierto en el gráfico (b). Los cambios se refieren a un período de 20 a 30 años centrado alrededor de 2050 o congruente con un calentamiento global de 2 °C, en comparación con un período similar dentro del período 1960–2014, excepto en el caso de las sequías hidrológicas y las sequías agrícolas y ecológicas, que se comparan con el período 1850–1900. Las definiciones de las regiones Figuran en la sección 12.4, el Atlas.1 y en el Atlas Interactivo (véase el sitio web: <https://interactive-Atlas.ipcc.ch/>).

{11.9, 12.2, 12.4, Atlas.1, Cuadro RT.5, Figuras RT.22 y RT.25} (Cuadro RRP.1)

C.3 Los resultados de baja probabilidad, como el colapso del manto de hielo, los cambios bruscos en la circulación oceánica, algunos fenómenos extremos compuestos y un calentamiento sustancialmente mayor que el rango evaluado como muy probable del calentamiento futuro, no pueden descartarse y forman parte de la evaluación de riesgos.

{1.4, Recuadro general 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, Recuadro general 4.1, 8.6, 9.2, Recuadro 9.4, 11.8, Recuadro 11.2, Recuadro general 12.1} (Cuadro RRP.1)

C.3.1 Si el calentamiento global supera el rango evaluado como *muy probable* para un determinado escenario de emisiones de GEI, incluidos los escenarios de emisiones de GEI bajas, los cambios globales y regionales en muchos aspectos del sistema climático, como las precipitaciones regionales y otras condiciones climáticas que conducen a impactos, también superarían sus rangos evaluados como *muy probables (nivel de confianza alto)*. Estos resultados de baja probabilidad y alto calentamiento se asocian a impactos posiblemente muy grandes, por ejemplo, a través de olas de calor más intensas y frecuentes y precipitaciones intensas, y riesgos elevados para los sistemas humanos y ecológicos, particularmente en los escenarios de emisiones de GEI altas.

{Recuadro general 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, Recuadro 9.4, Recuadro 11.2, Recuadro 12.1, Recuadro RT.1.4, Recuadro RT.3, Recuadro RT.4} (Cuadro RRP.1)

C.3.2 Podrían producirse resultados de baja probabilidad y alto impacto³⁴ a escala global y regional, incluso en el caso de un calentamiento global dentro del rango de *muy probable* para un determinado escenario de emisiones de GEI. La probabilidad de resultados de baja probabilidad y alto impacto aumenta con niveles de calentamiento global más altos (*nivel de confianza alto*). No pueden descartarse respuestas abruptas y puntos críticos del sistema climático, como un fuerte aumento de la fusión del manto de hielo de la Antártida y la muerte regresiva de especies forestales (*nivel de confianza alto*).

{1.4, 4.3, 4.4, 4.8, 5.4, 8.6, Recuadro 9.4, Recuadro general 12.1, RT.1.4, RT.2.5, Recuadro RT.3, Recuadro RT.4, Recuadro RT.9} (Cuadro RRP.1)

C.3.3 Si el calentamiento global aumenta, algunos fenómenos extremos compuestos¹⁸ con baja probabilidad en el clima pasado y actual serán más frecuentes, y habrá una mayor probabilidad de que se produzcan fenómenos con mayores intensidades, duraciones o extensiones espaciales sin precedentes en el registro observacional (*nivel de confianza alto*).

{11.8, Recuadro 11.2, Recuadro general 12.1, Recuadro RT.3, Recuadro RT.9}

C.3.4 Es *muy probable* que la circulación meridional de retorno del Atlántico se debilite durante el siglo XXI en todos los escenarios de emisiones. Si bien existe un *nivel de confianza alto* en una disminución durante el siglo XXI, solo hay un *nivel de confianza bajo* en la magnitud de la tendencia. Hay un *nivel de confianza medio* en que no habrá un colapso abrupto antes de 2100. Si se produjera un colapso de este tipo, es *muy probable* que hubiera cambios abruptos en las características meteorológicas regionales y en el ciclo del agua, como un desplazamiento hacia el sur del cinturón de lluvias tropicales, el debilitamiento de los monzones africanos y asiáticos y el fortalecimiento de los monzones del hemisferio sur, y la tendencia a un clima seco en Europa.

{4.3, 8.6, 9.2, RT.2.4, Recuadro RT.3}

C.3.5 Los fenómenos naturales impredecibles y poco frecuentes no relacionados con la influencia humana en el clima pueden provocar resultados de baja probabilidad y alto impacto. Por ejemplo, en el pasado se produjo una secuencia de grandes erupciones volcánicas explosivas en un lapso de décadas, lo que provocó importantes perturbaciones climáticas globales y regionales durante varias décadas. No puede descartarse que se produzcan tales fenómenos en el futuro; no obstante, debido a su impredecibilidad inherente, no se incluyen en el conjunto ilustrativo de escenarios a los que se hace referencia en el presente informe.

{2.2, Recuadro general 4.1, Recuadro RT.3} (Cuadro RRP.1)

D. Limitación del cambio climático en el futuro

Desde el IE5, las estimaciones de los presupuestos de carbono restantes se han mejorado gracias a una nueva metodología presentada por primera vez en el informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C, las evidencias actualizadas y la integración de los resultados de diversas líneas de evidencias. En los escenarios se utiliza una amplia gama de posibles controles de la contaminación atmosférica futura para evaluar de forma congruente los efectos de los distintos supuestos sobre las proyecciones del clima y la contaminación atmosférica. Un avance novedoso es la capacidad de determinar cuándo las respuestas climáticas a la reducción de las emisiones serían discernibles por encima de la variabilidad natural del clima, incluidas la variabilidad interna y las respuestas a las fuerzas impulsoras naturales.

D.1 Desde la perspectiva de las ciencias físicas, limitar el calentamiento global provocado por las actividades humanas a un nivel específico exige limitar las emisiones de CO₂ acumuladas y alcanzar, al menos, emisiones netas de CO₂ iguales a cero, así como grandes reducciones de otras emisiones de gases de efecto invernadero. Una reducción grande, rápida y sostenida de las emisiones de CH₄ también limitaría el efecto de calentamiento resultante de la disminución de la contaminación por aerosoles y mejoraría la calidad del aire. {3.3, 4.6, 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6, Recuadro 5.2, Recuadro general 5.1, 6.7, 7.6, 9.6} (Figura RRP.10, Cuadro RRP.2)

D.1.1 En el presente informe se reafirma con un *nivel de confianza alto* la conclusión del IE5 de que existe una relación casi lineal entre las emisiones antropogénicas acumuladas de CO₂ y el calentamiento global que provocan. Se considera que cada unidad de 1.000 GtCO₂ de emisiones de CO₂ acumuladas puede causar un aumento de entre 0,27 °C y 0,63 °C en la temperatura global en superficie, con una mejor estimación de 0,45 °C.⁴¹ Se trata de un intervalo más reducido en comparación con el IE5 y el informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C. Esta cantidad se denomina respuesta climática transitoria a las emisiones de CO₂ acumuladas. Esta relación implica que alcanzar las emisiones antropogénicas netas de CO₂⁴² iguales a cero es un requisito para estabilizar el aumento de la temperatura global provocado por las actividades humanas en cualquier nivel, pero que limitar el aumento de la temperatura global a un nivel específico implicaría limitar las emisiones de CO₂ acumuladas dentro de un presupuesto de carbono.⁴³ {5.4, 5.5, RT.1.3, RT.3.3, Recuadro RT.5} (Figura RRP.10)

41 En las publicaciones científicas, se utilizan unidades de °C por 1.000 PgC (petagramos de carbono), y en el IE6 se da a conocer que el rango probable de la respuesta climática transitoria a las emisiones de CO₂ acumuladas es de 1,0 °C a 2,3 °C por 1.000 PgC en el informe de base, con una mejor estimación de 1,65 °C.

42 Condiciones en las que las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (CO₂) se equilibran gracias a las remociones antropogénicas de CO₂ en un período específico (Glosario).

43 El término "presupuesto de carbono" se refiere a la cantidad máxima de emisiones antropogénicas netas acumuladas de CO₂ a nivel mundial que permitirían limitar el calentamiento global a un nivel determinado con una probabilidad dada, teniendo en cuenta el efecto de otros forzadores antropogénicos del clima. Esto se conoce como "presupuesto de carbono total" cuando se expresa a partir del período preindustrial, y como "presupuesto de carbono restante" cuando se expresa a partir de una fecha específica reciente (Glosario). Las emisiones históricas acumuladas de CO₂ determinan en gran medida el calentamiento hasta la fecha, mientras que las emisiones futuras provocan un calentamiento adicional en el futuro. El presupuesto de carbono restante indica la cantidad de CO₂ que podría seguir emitiéndose y, a la vez, mantener el calentamiento por debajo de un nivel de temperatura específico.

Cada tonelada de emisiones de CO₂ contribuye al calentamiento global

Aumento de la temperatura global en superficie desde 1850–1900 (°C) en función de las emisiones acumuladas de CO₂ (GtCO₂)

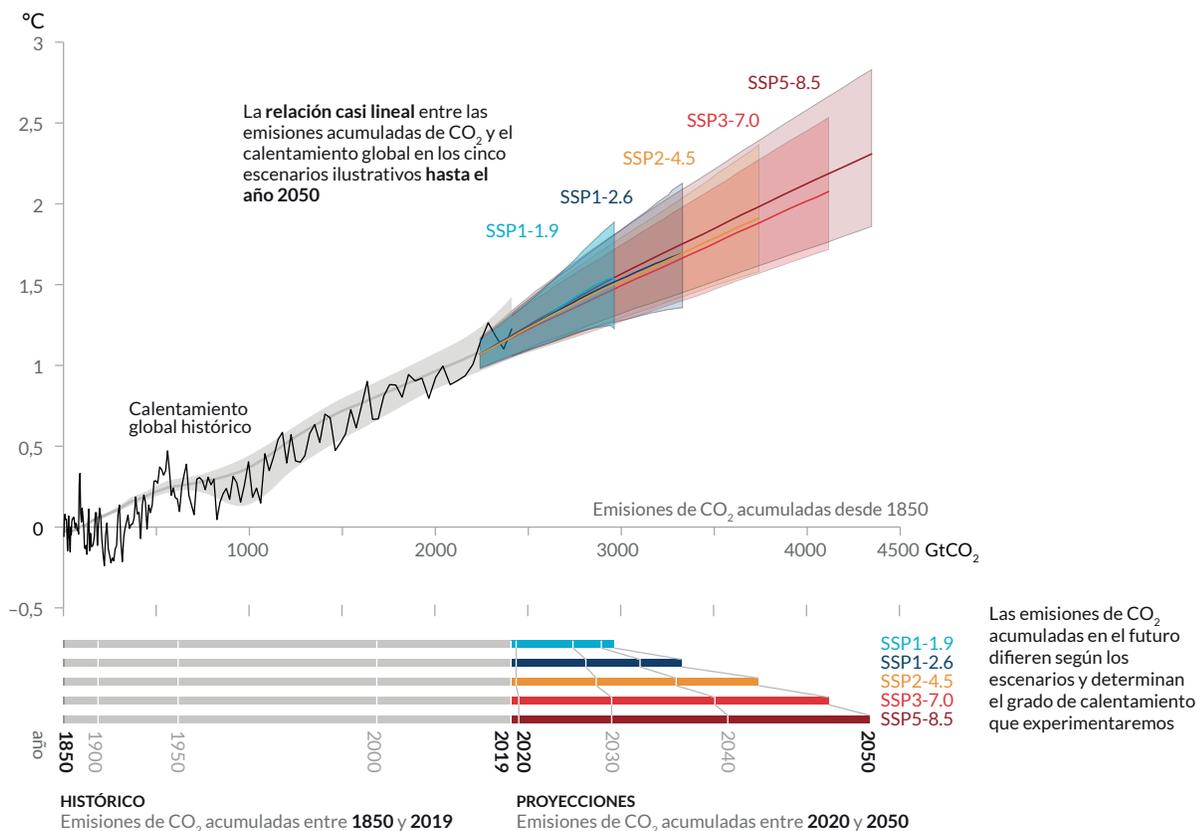


Figura SPM.10 | Relación casi lineal entre las emisiones de CO₂ acumuladas y el aumento de la temperatura global en superficie

Gráfico superior: Los datos históricos (línea negra delgada) muestran el aumento de la temperatura global en superficie en °C observado desde 1850–1900 como función de las emisiones históricas acumuladas de dióxido de carbono (CO₂) en GtCO₂ desde 1850 hasta 2019. El intervalo gris con su línea central muestra una estimación correspondiente del calentamiento histórico de la superficie provocado por las actividades humanas (véase la Figura RRP.2). Las áreas coloreadas muestran el rango evaluado como *muy probable* de las proyecciones de la temperatura global en superficie, y las líneas gruesas centrales coloreadas muestran la mediana estimada como función de las emisiones de CO₂ acumuladas desde 2020 hasta 2050 para el conjunto de escenarios ilustrativos (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5; véase la Figura RRP.4). Las proyecciones utilizan las emisiones de CO₂ acumuladas de cada escenario respectivo, y el calentamiento global proyectado incluye la contribución de todos los forzadores antropogénicos. La relación se ilustra en el ámbito de las emisiones de CO₂ acumuladas para el que existe un *nivel de confianza alto* en que la respuesta climática transitoria a las emisiones de CO₂ acumuladas se mantiene constante, y para el período comprendido entre 1850 y 2050 en el que las emisiones de CO₂ mundiales siguen siendo positivas en términos netos en todos los escenarios ilustrativos, ya que existen *evidencias limitadas* que respalden la aplicación cuantitativa de dicha respuesta climática transitoria para estimar la evolución de la temperatura en emisiones netas negativas de CO₂.

Gráfico inferior: Emisiones de CO₂ acumuladas históricas y previstas en GtCO₂ en los respectivos escenarios.

{Sección 5.5, Figura 5.31, Figura RT.18}

D.1.2 Durante el período 1850–2019, se emitió un total de 2.390 ± 240 (rango probable) GtCO₂ de origen antropogénico. Se han estimado los presupuestos de carbono restantes para varios límites de temperatura global y varios niveles de probabilidad, sobre la base del valor estimado de la respuesta climática transitoria a las emisiones de CO₂ acumuladas y su incertidumbre, las estimaciones del calentamiento histórico, las variaciones en el calentamiento previsto de las emisiones distintas del CO₂, las retroalimentaciones del sistema climático, como las emisiones del deshielo del permafrost, y el cambio de la temperatura global en superficie después de que las emisiones antropogénicas netas de CO₂ a nivel mundial sean iguales a cero.

{5.1, 5.5, Recuadro 5.2, RT.3.3} (Cuadro RRP.2)

Cuadro SPM.2 | Estimaciones de las emisiones históricas de CO₂ y presupuestos de carbono restantes. Las estimaciones de los presupuestos de carbono restantes se calculan a partir de principios de 2020 y se extienden hasta que se alcancen las emisiones netas de CO₂ iguales a cero a nivel mundial. Hacen referencia a las emisiones de CO₂, pero tienen en cuenta el efecto de calentamiento global de las emisiones distintas del CO₂. El calentamiento global en este Cuadro se refiere al aumento de la temperatura global en superficie provocado por las actividades humanas, lo que excluye el impacto de la variabilidad natural en las temperaturas mundiales en años concretos.

{Cuadro 3.1, 5.5.1, 5.5.2, Recuadro 5.2, Cuadro 5.1, Cuadro 5.7, Cuadro 5.8, Cuadro RT.3}

Calentamiento global entre 1850–1900 y 2010–2019 (°C)		Emisiones históricas acumuladas de CO ₂ desde 1850 hasta 2019 (GtCO ₂)					
1,07 (0,8-1,3; <i>rango probable</i>)		2390 (± 240; <i>rango probable</i>)					
Calentamiento global aproximado con respecto a 1850–1900 hasta el límite de temperatura (°C) ^a	Calentamiento global adicional respecto a 2010–2019 hasta el límite de temperatura (°C)	Estimación de los presupuestos de carbono restantes a partir de principios de 2020 (GtCO ₂)					Variaciones en las reducciones de las emisiones distintas del CO ₂ ^c
		Probabilidad de restringir el calentamiento global al límite de temperatura ^b					
		17 %	33 %	50 %	67 %	83 %	
1,5	0,43	900	650	500	400	300	Una mayor o menor reducción de las emisiones distintas del CO ₂ puede aumentar o disminuir los valores de la izquierda en 220 GtCO ₂ o más
1,7	0,63	1.450	1.050	850	700	550	
2,0	0,93	2.300	1.700	1.350	1.150	900	

^a Los valores para cada incremento de 0,1 °C de calentamiento están disponibles en los Cuadros RT.3 y 5.8.

^b Esta probabilidad se basa en la incertidumbre de la respuesta climática transitoria a las emisiones de CO₂ acumuladas y en las retroalimentaciones adicionales del sistema climático, y proporciona la probabilidad de que el calentamiento global no supere los niveles de temperatura indicados en las dos columnas de la izquierda. Las incertidumbres relacionadas con el calentamiento histórico (±550 GtCO₂) y el forzamiento y la respuesta no relacionados con el CO₂ (±220 GtCO₂) se abordan en parte con la incertidumbre evaluada en la respuesta climática transitoria a las emisiones de CO₂ acumuladas, pero las incertidumbres en las emisiones recientes desde 2015 (±20 GtCO₂) y la respuesta del clima después de alcanzar las emisiones netas de CO₂ iguales a cero (±420 GtCO₂) son diferentes.

^c Las estimaciones del presupuesto de carbono restante tienen en cuenta el calentamiento procedente de las fuerzas impulsoras distintas del CO₂, tal y como se explican en los escenarios evaluados en el informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C. La contribución del Grupo de Trabajo III al IE6 evaluará la mitigación de las emisiones distintas del CO₂.

D.1.3 Se han reevaluado varios factores que determinan las estimaciones del presupuesto de carbono restante, y las actualizaciones de estos factores desde el informe sobre el calentamiento global de 1,5 °C son pequeñas. Por lo tanto, cuando las estimaciones de los presupuestos de carbono restantes se ajustan para tener en cuenta las emisiones producidas desde los informes anteriores, son de una magnitud similar en comparación con dicho informe, pero mayores en comparación con el IE5 debido a las mejoras metodológicas.⁴⁴ {5.5, Recuadro 5.2, RT.3.3} (Cuadro RRP.2)

D.1.4 La remoción de CO₂ de origen antropogénico tiene el potencial de eliminar el CO₂ de la atmósfera y almacenarlo de forma duradera en reservorios (*nivel de confianza alto*). El objetivo de la remoción de CO₂ es compensar las emisiones residuales para llegar a unas emisiones netas de CO₂ o de GEI iguales a cero o, si se aplica a una escala en la que las remociones antropogénicas superan las emisiones antropogénicas, para reducir la temperatura en superficie. Los métodos de remoción de CO₂ pueden tener efectos de gran magnitud sobre los ciclos biogeoquímicos y el clima, que pueden debilitar o reforzar la capacidad de estos métodos para eliminar el CO₂ y reducir el calentamiento, y también pueden influir en la disponibilidad y calidad del agua, la producción de alimentos y la biodiversidad⁴⁵ (*nivel de confianza alto*). {5.6, Recuadro general 5.1, RT.3.3}

D.1.5 La remoción de CO₂ de origen antropogénico que da lugar a emisiones netas negativas a nivel mundial reduciría la concentración de CO₂ atmosférico e invertiría la acidificación de la superficie de los océanos (*nivel de confianza alto*). Las remociones y emisiones de CO₂ de origen antropogénico se compensan parcialmente con la liberación y la absorción de CO₂, respectivamente, desde o hacia los depósitos de carbono terrestres y oceánicos (*nivel de confianza muy alto*).

44 En comparación con el IE5, y teniendo en cuenta las emisiones producidas desde el IE5, las estimaciones del IE6 son aproximadamente entre 300 y 350 GtCO₂ más para el presupuesto de carbono restante congruente con la limitación del calentamiento a 1,5 °C; en el caso de un aumento de 2 °C, la diferencia es entre 400 y 500 GtCO₂.

45 Los posibles efectos negativos y positivos de la remoción de dióxido de carbono para la biodiversidad, el agua y la producción de alimentos son específicos de cada método y suelen depender en gran medida del contexto local, la gestión, el uso anterior de la tierra y la escala. Los Grupos de Trabajo II y III del IPCC evalúan el potencial de remoción de dióxido de carbono y los efectos ecológicos y socioeconómicos de los métodos de remoción en sus contribuciones al IE6.

La remoción de dióxido de carbono reduciría el CO₂ atmosférico en una cantidad aproximadamente igual al aumento de una emisión antropogénica de la misma magnitud (*nivel de confianza alto*). La disminución del CO₂ atmosférico a través de las remociones de CO₂ de origen antropogénico podría ser hasta un 10 % menor que el aumento del CO₂ atmosférico procedente de una cantidad igual de emisiones de CO₂, en función de la cantidad total de remoción (*nivel de confianza medio*).
{5.3, 5.6, RT.3.3}

D.1.6 Si se lograran y se mantuvieran emisiones netas negativas de CO₂ a nivel mundial, el aumento de la temperatura en superficie provocado por el CO₂ se invertiría gradualmente, pero otros cambios climáticos se mantendrían en su dirección actual durante décadas o milenios (*nivel de confianza alto*). Por ejemplo, el nivel medio del mar global tardaría entre varios siglos y milenios en invertir su curso, incluso con grandes emisiones netas negativas de CO₂ (*nivel de confianza alto*).
{4.6, 9.6, RT.3.3}

D.1.7 En los cinco escenarios ilustrativos, los cambios simultáneos en las emisiones de CH₄, aerosoles y precursores del ozono, que también contribuyen a la contaminación atmosférica, dan lugar a un calentamiento global en superficie neto a corto y largo plazo (*nivel de confianza alto*). A largo plazo, este calentamiento neto es menor en los escenarios que suponen controles de la contaminación atmosférica combinados con reducciones fuertes y sostenidas de las emisiones de CH₄ (*nivel de confianza alto*). En los escenarios de emisiones de GEI bajas y muy bajas, las reducciones supuestas de las emisiones de aerosoles de origen antropogénico dan lugar a un calentamiento neto, mientras que las reducciones de las emisiones de CH₄ y otros precursores del ozono generan un enfriamiento neto. Debido a la corta vida del CH₄ y de los aerosoles, estos efectos climáticos se contrarrestan parcialmente entre sí, y las reducciones de las emisiones de CH₄ también contribuyen a mejorar la calidad del aire al reducir el ozono en superficie global (*nivel de confianza alto*).
{6.7, Recuadro RT.7} (Figura RRP.2, Recuadro RRP.1)

D.1.8 Para estabilizar el aumento de la temperatura global en superficie provocado por el CO₂, es necesario lograr emisiones netas de CO₂ iguales a cero a nivel mundial, es decir, que las emisiones de CO₂ de origen antropogénico se equilibren con las remociones antropogénicas de CO₂. Esto no es lo mismo que alcanzar emisiones netas de GEI iguales a cero, ya que las emisiones antropogénicas de GEI ponderadas métricamente son iguales a las remociones antropogénicas de GEI ponderadas métricamente. Para una trayectoria de emisiones de GEI dada, las trayectorias de cada GEI determinan la respuesta climática resultante,⁴⁶ mientras que la elección de la métrica⁴⁷ de las emisiones utilizada para calcular las emisiones y remociones agregadas de los diferentes GEI afecta el momento en que se calcula que los GEI agregados alcanzan un valor neto igual a cero. Se prevé que las trayectorias de emisiones que alcancen y mantengan las emisiones netas de GEI iguales a cero definidas por el potencial de calentamiento global a 100 años darán lugar a un descenso de la temperatura en superficie tras un pico previo (*nivel de confianza alto*).
{4.6, 7.6, Recuadro 7.3, RT.3.3}

D.2 Los escenarios con emisiones de GEI muy bajas o bajas (SSP1-1.9 y SSP1-2.6) generan en pocos años efectos perceptibles en las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles y en la calidad del aire, en relación con los escenarios de emisiones de GEI altas y muy altas (SSP3-7.0 o SSP5-8.5). En estos escenarios contrapuestos, las diferencias discernibles en las tendencias de la temperatura global en superficie comenzarían a surgir a partir de la variabilidad natural en un plazo de unos 20 años, y en períodos más largos para muchas otras condiciones climáticas que conducen a impactos (*nivel de confianza alto*).
{4.6, 6.6, 6.7, Recuadro general 6.1, 9.6, 11.2, 11.4, 11.5, 11.6, Recuadro general 11.1, 12.4, 12.5} (Figura RRP.8, Figura RRP.10)

D.2.1 La disminución de las emisiones en 2020 asociada a las medidas para reducir la propagación de la COVID-19 dio lugar a efectos temporales pero detectables en la contaminación atmosférica (*nivel de confianza alto*) y a un pequeño aumento temporal asociado al forzamiento radiativo total, principalmente debido a un menor enfriamiento causado por los aerosoles derivados de las actividades humanas (*nivel de confianza medio*). Sin embargo, las respuestas climáticas a nivel global y regional a este forzamiento temporal son indetectables por encima de la variabilidad natural (*nivel de confianza alto*). Las concentraciones de CO₂ atmosférico siguieron aumentando en 2020, sin que se detectara una disminución de la tasa observada de aumento del CO₂ (*nivel de confianza medio*).⁴⁸
{Recuadro general 6.1, RT.3.3}

D.2.2 La reducción de las emisiones de GEI también supone una mejora de la calidad del aire. No obstante, a corto plazo,⁴⁹ e incluso en escenarios con una fuerte disminución de GEI, como en los escenarios de emisiones de GEI bajas y muy bajas (SSP1-2.6 y SSP1-1.9), estas mejoras no son suficientes en muchas regiones contaminadas para cumplir las directrices de la Organización Mundial de la Salud sobre la calidad del aire (*nivel de confianza alto*). Los escenarios con reducciones específicas de las emisiones de contaminantes atmosféricos dan lugar a mejoras más rápidas de la calidad del aire en pocos años, en comparación con la disminución de las emisiones de GEI únicamente, pero a partir de 2040

46 Término general que designa la respuesta del sistema climático a un forzamiento radiativo (Glosario).

47 La elección de la métrica de las emisiones depende de los fines para los que se comparan los gases o los agentes de forzamiento. En el presente informe se usan valores métricos de emisiones actualizados y se evalúan nuevos enfoques para la agregación de gases.

48 En el caso de otros GEI, no hubo suficientes publicaciones científicas disponibles en el momento de la evaluación para analizar cambios detectables en su tasa de aumento en la atmósfera durante 2020.

49 A corto plazo: 2021–2040

- se prevén más mejoras en los escenarios que combinan los esfuerzos para reducir los contaminantes atmosféricos y las emisiones de GEI, y la magnitud del beneficio varía según las regiones (*nivel de confianza alto*).
{6.6, 6.7, Recuadro RT.7}.
- D.2.3 Los escenarios con emisiones de GEI muy bajas o bajas (SSP1-1.9 y SSP1-2.6) tendrían efectos rápidos y sostenidos para limitar el cambio climático de origen humano, en comparación con los escenarios con emisiones de GEI altas o muy altas (SSP3-7.0 o SSP5-8.5); sin embargo, las primeras respuestas del sistema climático pueden quedar enmascaradas por la variabilidad natural. En el caso de la temperatura global en superficie, es probable que surjan diferencias en las tendencias a 20 años en un escenario de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9), en relación con un escenario de emisiones de GEI altas o muy altas (SSP3-7.0 o SSP5-8.5). La respuesta de muchas otras variables climáticas surgiría de la variabilidad natural en diferentes momentos del siglo XXI (*nivel de confianza alto*).
{4.6, Recuadro general RT.1} (Figura RRP.8, Figura RRP.10)
- D.2.4 Los escenarios con emisiones de GEI muy bajas y bajas (SSP1-1.9 y SSP1-2.6) generarían cambios sustancialmente menores en una serie de condiciones climáticas que conducen a impactos³⁶ después de 2040 que en los escenarios de emisiones de GEI altas y muy altas (SSP3-7.0 y SSP5-8.5). A finales de siglo, los escenarios con emisiones de GEI muy bajas y bajas limitarían en gran medida el cambio de varias condiciones climáticas que conducen a impactos, por ejemplo, los aumentos de la frecuencia de eventos extremos del nivel del mar, las precipitaciones intensas y las inundaciones pluviales, y la superación de los umbrales peligrosos de calor, a la vez que limitarían el número de regiones en las que se producen tales superaciones, en relación con los escenarios de emisiones de GEI más altas (*nivel de confianza alto*). Los cambios también serían menores en los escenarios de emisiones de GEI muy bajas en comparación con los de emisiones de GEI bajas, así como en los de emisiones intermedias (SSP2-4.5) en comparación con los escenarios de emisiones de GEI altas o muy altas (*nivel de confianza alto*).
{9.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.9, Recuadro general 11.1, 12.4, 12.5, RT.4.3}

