

Global Assessment Report  
on Disaster Risk Reduction



EFFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES  
SOBRE EL CRECIMIENTO, EL DESEMPLEO,  
LA INFLACIÓN Y LA DISTRIBUCIÓN DEL  
INGRESO

UNA EVALUACIÓN DE LOS CASOS DE  
COLOMBIA Y MÉXICO

ÁLVARO MARTÍN MORENO R.  
OMAR DARÍO CARDONA A.



**Evaluación de Riesgos Naturales**  
- América Latina -  
Consultores en Riesgos y Desastres

Febrero 2011



## **EFFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES SOBRE EL CRECIMIENTO, EL DESEMPLEO, LA INFLACIÓN Y LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO: UNA EVALUACIÓN DE LOS CASOS DE COLOMBIA Y MÉXICO**

Álvaro M. Moreno R.<sup>1</sup> & Omar D. Cardona A.<sup>2</sup>

### **Introducción**

La estimación rigurosa de las pérdidas agregadas de los pequeños y los grandes desastres naturales para Colombia y México muestran con claridad el importante impacto que pueden tener dichos eventos sobre la actividad económica nacional, regional y local; lo que demanda mayores esfuerzos sobre los ya menguados presupuestos públicos y obliga a los hogares a cambiar abruptamente sus estrategias de consumo-ahorro-acumulación de activos. Nadie discute, en general, que los grandes y pequeños desastres reducen el ingreso y la riqueza de la sociedad en el corto plazo, sin embargo, los análisis son menos concluyentes a la hora de examinar los impactos en el mediano y largo plazo.

Esta incertidumbre adicional sobre las consecuencias de los desastres naturales ha contribuido, sin duda, a que las políticas de atención y manejo del riesgo en este campo se haya subordinado frente a otros objetivos de la política económica. Un ejemplo, puede ayudar a precisar la idea. En todos los foros de discusión pública se repite ya como un lugar común que el impuesto más regresivo para los pobres es la inflación, en consecuencia se construye toda una infraestructura institucional para combatir dicho flagelo. Sin embargo, a pesar de que se conocen con cierta precisión los impactos de los desastres recurrentes sobre el vector de activos de las familias más pobres, en los foros públicos las cifras no se discuten y mucho menos se impulsan acciones dirigidas a resolver los problemas institucionales de los sistemas de gestión del riesgo. Un desastre es una ventana de oportunidad para los políticos, pero una vez sorteada la emergencia se desplaza el interés de los hacedores de política hacia otras emergencias.

Un ejemplo interesante de esta literatura es el ejercicio contrafactual realizado por Eduardo Cavallo, et al, (2010). Estos autores muestran que al parecer los grandes desastres no tienen efectos permanentes significativos sobre el ingreso per cápita. Para ello proyectan las trayectorias del PIB per cápita después del evento catastrófico mostrando que el desempeño económico del país se deteriora ostensiblemente, si y solo si, ha sido acompañado por cambios políticos radicales, pero cuando se aíslan estos efectos, los grandes desastres son neutrales en el largo plazo. El mensaje es claro: el problema central para las autoridades no es tanto el choque natural, sino el control social y político para evitar cambios de régimen abruptos. Por supuesto, los experimentos contrafactuales son claramente artificiales, pues se requiere comparar dos historias diferentes, una de las cuales sencillamente no existió, es decir, no se puede falsear rigurosamente la hipótesis.

---

<sup>1</sup> Profesor Asociado, Facultad de Economía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

<sup>2</sup> Profesor Asociado, Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Una revisión detallada de la literatura existente no ayuda mucho a dirimir el debate. La verdad, los resultados varían de acuerdo con las metodologías y los alcances de los estudios. Dependiendo de la muestra de países, de los sectores productivos, de los tipos de desastre y de los períodos elegidos se puede encontrar efectos negativos, positivos o nulos sobre el crecimiento económico de largo plazo. Por ejemplo, Loayza et al (2009) muestran que los efectos sobre el crecimiento económico dependen del tipo de desastre y del sector productivo. Los eventos climáticos afectan negativamente a la agricultura, mientras que los de desastres de origen geológico inciden sobre actividades industriales y de servicios. Del mismo modo, se encuentra que cuando los eventos son severos, su efecto es negativo, incidiendo más sobre los países en desarrollo. En general, los impactos permanentes de largo plazo sólo se logran identificar para países muy propensos a sufrir eventos extremos o de gran magnitud, en los otros casos los impactos se desvanecen con el tiempo.

Como muy bien lo sintetiza Jaramillo (2009): “las tres principales conclusiones que se pueden derivar de la literatura económica sobre desastres naturales son: primero, los desastres naturales sólo tienen efectos negativos sobre el crecimiento económico contemporáneo si ellos son económicamente significativos. Lo que esto significa es que la capacidad del desastre para afectar la economía no depende necesariamente del número de personas muertas y la suma de los daños, sino de la importancia de tales daños y pérdidas para la estructura económica del país. Segundo, los desastres naturales tienen un efecto negativo sobre el crecimiento en el año en el que ocurren, pero en los siguientes existe una tendencia hacia un mayor crecimiento debido al proceso de reconstrucción que usualmente toma lugar y da cuenta del efecto. Sin embargo, este efecto positivo puede ser contrarrestado por cosas tales como falta de acceso al crédito y un decrecimiento de la demanda agregada. Tercero, efectos de largo plazo, si existe alguno, depende de la calidad del proceso de reconstrucción y de la manera en la cual la reconstrucción afecta la vulnerabilidad a futuros desastres”.

Siguiendo de cerca la literatura internacional, en este trabajo se pretende examinar los efectos de los desastres sobre el crecimiento regional en Colombia y México. Aprovechando la existencia de indicadores robustos sobre desastres para los departamentos colombianos se pretende estimar modelos econométricos de crecimiento con el fin de cuantificar si la vulnerabilidad regional frente a los fenómenos peligrosos afecta su ingreso per cápita. En el caso de México se utiliza la información de desastres como lo sugiere la literatura a nivel internacional. De otro lado, se examina nuevamente los efectos intertemporales de los grandes desastres sobre la tasa de crecimiento del PIB utilizando modelos de series de tiempo con variables de intervención que permiten identificar los efectos de choques externos sobre el nivel y la tendencia de la serie. Esta metodología permite identificar si los efectos son transitorios o permanentes. Finalmente, también se busca aprovechar la estimación de las curvas híbridas de excedencia de pérdida (ERN-AL 2011) que permiten integrar los costos de los grandes y los pequeños desastres recurrentes para México y Colombia con el fin de comparar las pérdidas con otros eventos negativos de carácter macroeconómico, como son los costos de la inflación, las crisis financieras, el desempleo y la violencia política.

Este trabajo se divide en tres secciones. En la primera se presenta el marco conceptual para analizar los efectos de corto y largo plazo de los desastres. En la segunda sección se desarrolla el modelo econométrico de crecimiento económico y los modelos de intervención para examinar las hipótesis de trabajo. En la tercera sección se comparan los costos de los grandes y pequeños desastres con los costos de la inflación, del desempleo, de las crisis financieras y de la violencia política. En última sección se recopilan las principales conclusiones del análisis y se presentan algunas conjeturas sobre el

carácter residual de la política pública de desastres en México y Colombia. Personas no familiarizadas con modelación pueden pasar directamente a la tercera sesión del presente trabajo.

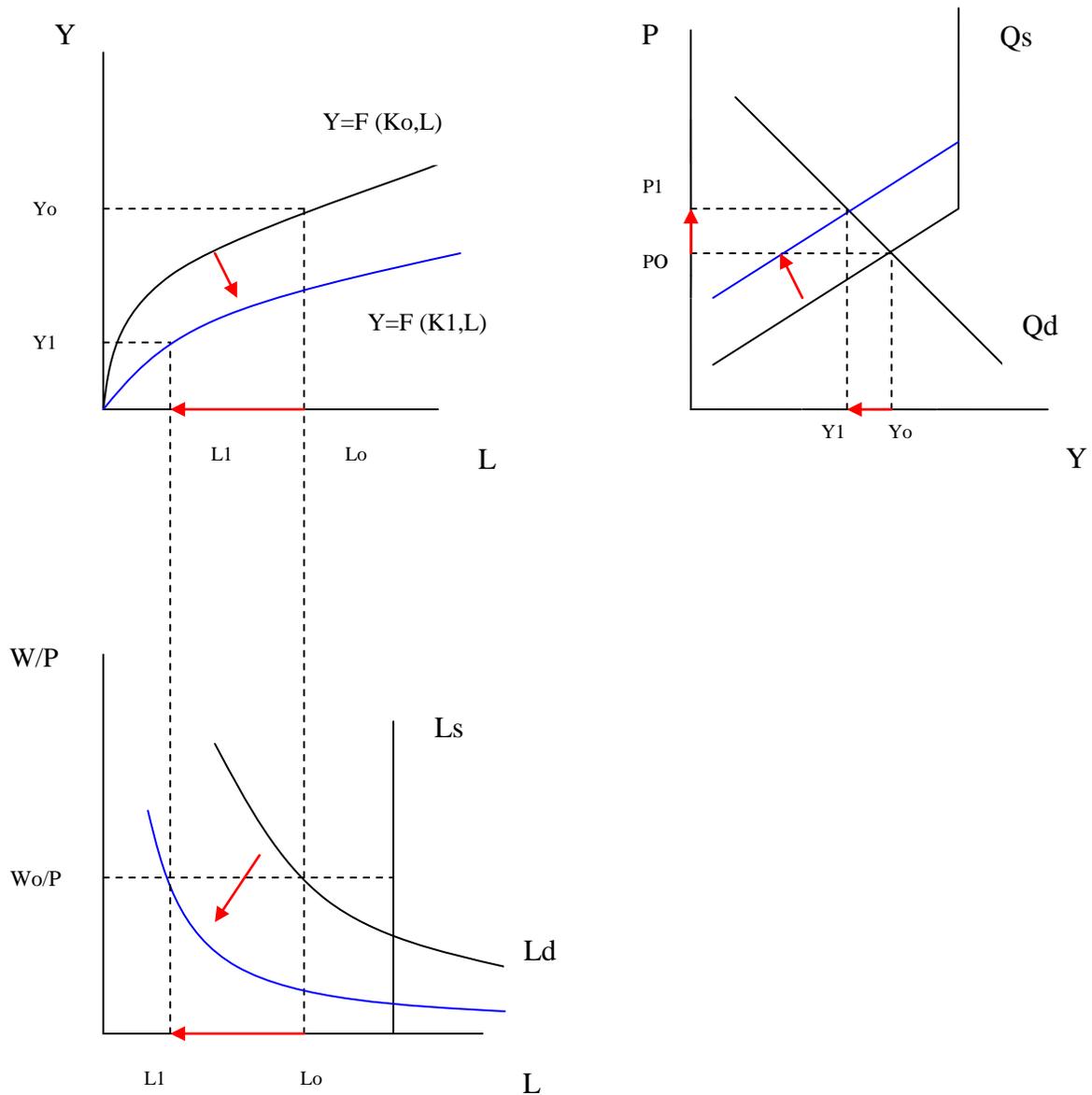
## **1. El marco conceptual para analizar los efectos de corto y largo plazo de los desastres**

Los análisis macroeconómicos del impacto de los desastres sobre la actividad económica se dividen en dos tipos: efectos de corto plazo y consecuencias de largo plazo. Para diferenciar entre los dos, definen el corto plazo como el lapso transcurrido entre el momento que ocurre el evento y se implementan las medidas de emergencia y rehabilitación; mientras que el largo plazo se identifica con el proceso de adaptación y reconstrucción propiamente dicho (Jaramillo, 2009). Aunque las referencias anteriores pueden ser útiles, es importante suscribir el análisis a las concepciones convencionales de los macroeconomistas. El corto periodo se refiere a una situación de equilibrio en la cual el stock de capital de la economía está dado, los precios o salarios son rígidos y el nivel del producto no coincide con el PIB potencial. El largo plazo se asocia a una situación de crecimiento económico, variación de la capacidad productiva y flexibilización de los precios y salarios.

Para presentar los impactos de un choque negativo sobre la economía, tal como lo es un desastre que destruye parte de la capacidad productiva del país, se inicia con un modelo simple macroeconómico de corto plazo. Se asume que se produce un solo bien en la economía ( $Y$ ) con dos factores productivos, el capital ( $K$ ) y el trabajo ( $L$ ). La tecnología cumple con los supuestos convencionales, existen rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes para cada factor productivo. Los salarios nominales son rígidos en el corto plazo, por tanto, la curva de oferta agregada tiene pendiente positiva, lo que significa que choques de oferta o de demanda pueden afectar la producción y los precios. La oferta laboral se considera inelástica al salario real y la demanda de trabajo se asocia con la productividad marginal del trabajo. En el modelo simple se encuentra el equilibrio de corto plazo cuando la oferta y la demanda agregada se igualan, sin embargo, existe desempleo en el mercado de trabajo.

El producto de equilibrio antes del desastre es ( $Y_0$ ), los precios son ( $P_0$ ), el nivel de empleo de la economía es ( $L_0$ ), el salario nominal es ( $W_0$ ) y el desempleo es ( $L_s - L_0$ ). En el cuadrante inferior izquierdo de la Figura 1 se representa el mercado laboral. El eje vertical es el salario real ( $W/P$ ) y el horizontal mide el nivel de empleo. La curva de demanda de trabajo es decreciente ( $L_d$ ) y la función de oferta laboral es vertical ( $L_s$ ). Como el salario nominal es fijo, el nivel de empleo de la economía es ( $L_0$ ) que es menor que ( $L_s$ ), por tanto, existe desempleo involuntario. Dada el stock de capital inicial ( $K_0$ ), el nivel de empleo ( $L_0$ ) determina en el cuadrante superior izquierdo de la Figura 1 el nivel de producto ( $Y_0$ ). En el cuadrante superior derecho se determina el equilibrio macroeconómico, cuando la oferta agregada ( $Q_s$ ) se cruza con la demanda agregada ( $Q_d$ ), determinando el nivel de producto ( $Y_0$ ) y los precios ( $P_0$ ). Si se produce un desastre, por ejemplo a causa de un terremoto de alta intensidad, en el momento inicial se destruye capital privado e infraestructura pública, es decir, ( $K_1$ ) es menor que ( $K_0$ ).

**Figura 1. Efectos de corto plazo de un desastre**



Elaboración propia

Ello significa que la función de producción se desplaza hacia abajo como lo muestran las flechas rojas. Del mismo modo, con menor stock de capital, la productividad del trabajo se reduce, lo que desplaza la curva de demanda de trabajo hacia abajo, dado el salario real, el nivel de empleo se

reduce de (Lo) a (L1), lo que genera un desplazamiento de la oferta agregada en el cuadrante superior derecho hacia arriba como lo muestran las flechas rojas. Asumiendo que la reducción del gasto privado es compensada con las acciones de emergencia del gobierno y la ayuda internacional, el nuevo equilibrio se encuentra en el punto (B) donde, el producto se reduce y los precios aumentan. Del mismo modo, se presenta un importante incremento del desempleo, pues la diferencia entre la oferta laboral y el nuevo nivel de empleo se incrementa,  $(L_s - L_1)$ . Las relaciones se pueden simplificar de la manera siguiente:

Terremoto  $\rightarrow$  Destrucción de capacidad productiva  $\rightarrow$  Reducción de la productividad del trabajo y de la demanda de dicho factor  $\rightarrow$  Reducción de la oferta agregada  $\rightarrow$  aumento de precios.

Como los salarios están fijos en el corto plazo, se produce un aumento del desempleo en la economía. Es importante anotar que este último efecto se puede dar incluso si los precios y los salarios son flexibles, ello ocurre cuando la tecnología es de coeficientes fijos y el factor limitante es el capital.

El análisis de largo plazo se realiza en el contexto convencional de los modelos de crecimiento exógeno. El punto de referencia es el conocido modelo de Solow. Se asume por simplificación que se produce un solo bien (Y) para lo cual se utilizan dos factores productivos, capital (K) y trabajo (L). Como el interés es el equilibrio de largo plazo, todas las variables se miden en términos per cápita, por ello de ahora en adelante se referirá a  $y$  como el ingreso per cápita y a  $k$  como la razón capital-trabajo. Por simplificación se asume que la población es igual al empleo. La sociedad destina una proporción constante  $s$  del ingreso para aumentar la capacidad productiva. La población crece a una tasa  $n$  exógena y el capital se deprecia a una tasa constante  $\delta$ . Con estos supuestos se puede mostrar que la ecuación que describe el proceso de acumulación y crecimiento es la siguiente:

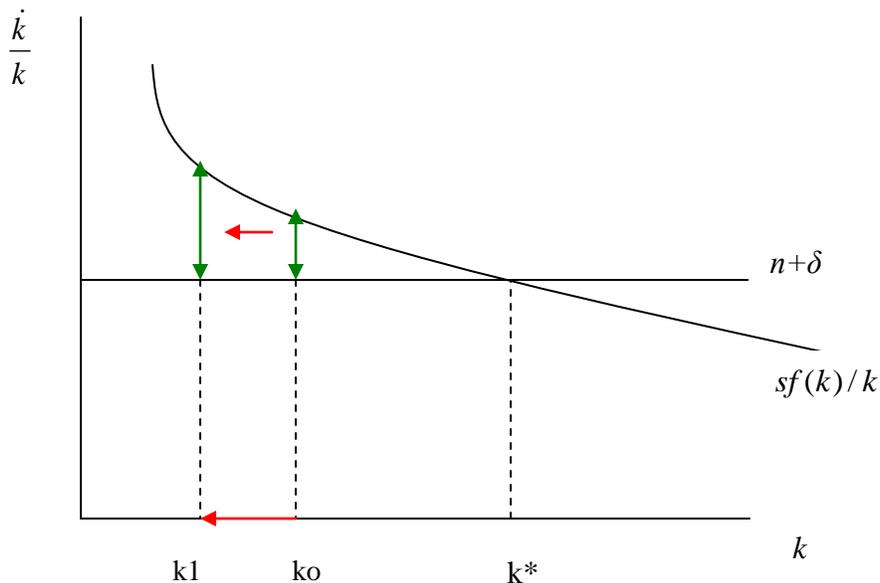
$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{sf(k)}{k} - (n + \delta)$$

El equilibrio de largo plazo o estado estable, se encuentra cuando el término de la izquierda es igual a cero. Una vez el país alcanza su equilibrio de largo período, el PIB per cápita crece a la tasa cero en ausencia de cambio técnico. Sin embargo, mientras la economía transita a su nivel de estado estable, la tasa de crecimiento del PIB per cápita es mayor que cero. Para analizar los efectos de un desastre sobre el ingreso per cápita y la tasa de crecimiento se utiliza la Figura 2. En el eje vertical se representa la tasa de crecimiento del stock de capital per cápita, mientras que en el horizontal se identifica con la razón capital-trabajo. La función  $(n+\delta)$  es la depreciación efectiva y se representa como una recta horizontal, la función  $sf(k)/k$  es decreciente.

El equilibrio de estado estable se encuentra en el punto  $k^*$  donde las dos curvas se cruzan y la tasa de crecimiento del stock de capital per cápita es cero. Si en el momento  $t_0$ , la economía se encuentra en un punto como  $k_0$ , la tasa de crecimiento del PIB per cápita es mayor que cero y su magnitud se mide por la distancia entre la curva  $sf(k)/k$  y  $(n+\delta)$ , como lo señala la flecha de color verde. Es decir, que cuando la economía está aún lejos de su equilibrio de largo plazo, el proceso de acumulación continua durante el período de transición hacia el estado estable con tasas de crecimiento del ingreso per cápita positivas. Si se produce un desastre que destruye parte del

capital, la razón capital producto se reduce a un nivel como  $k1$ , si el evento no cambia las variables fundamentales, el ingreso per cápita cae en el corto plazo, pero como lo muestra la Figura 2, una vez se reinicia el proceso de acumulación y reconstrucción, la tasa de crecimiento del PIB per cápita se recupera, mostrando incluso registros mayores que los que se observaban antes del desastre. Si no cambian los parámetros fundamentales (ahorro, cambio técnico, etc.) en el largo plazo el ingreso per cápita no se vería afectado. Varios estudios empíricos son consistentes con estas predicciones teóricas.

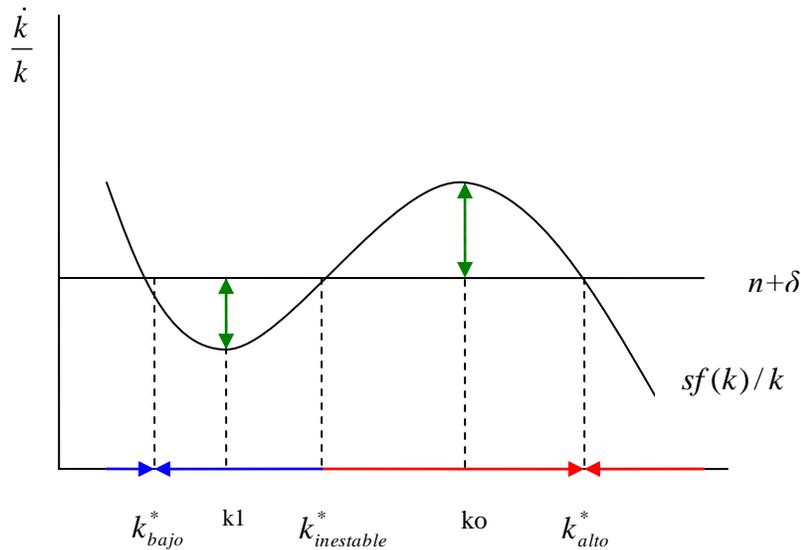
**Figura 2. Efectos de nivel y crecimiento de un desastre natural**



Elaboración propia

Sin embargo, este no es el único resultado que puede derivarse del modelo de crecimiento convencional. En efecto, si se contempla la posibilidad de la existencia de múltiples equilibrios y de trampas de pobreza, un desastre catastrófico puede reducir la tasa de crecimiento de la economía en el corto plazo y el ingreso per cápita en el largo plazo. Para obtener este resultado se asume que la función  $sf(k)/k$  no tiene un comportamiento decreciente y monótonico en todos sus puntos, sino que tiene un tramo decreciente y otro creciente, esto se puede explicar fácilmente para economías en desarrollo donde el sector agrícola aún conserva un peso importante en el PIB y el proceso de industrialización no está desarrollado; un terremoto que afecte el capital urbano y por ende la estructura industrial de la economía puede arrojar al sistema a un equilibrio de bajo nivel donde la economía queda atrapada (Barro y Sala-I-Mari, 1995). En la Figura 3 se ilustra dicha situación.

**Figura 3. Trampas de pobreza y desastres**



Fuente: Barro y Sala-I-Marti (1995)

Suponga que la economía en el momento  $t_0$  tiene un stock de capital  $k_0$ , como lo muestra la Figura 3, la economía crece a tasas positivas y el equilibrio de largo plazo se encuentra a un nivel de ingreso y capital per cápita alto. Si en ese momento, ocurre un evento catastrófico que destruye gran parte de la infraestructura urbana e industrial, reduciendo la razón capital trabajo a un nivel como  $k_1$ , la tasa de crecimiento es negativa y la economía convergería a un nivel de ingreso y capital per cápita bajo. Esta es una trampa de pobreza pues es un equilibrio localmente estable, es decir, que por más que se lleven a cabo acciones de reconstrucción y recuperación, la economía tiende a converger a dicho equilibrio. Para salir de la trampa de la pobreza se requeriría de un gran esfuerzo, es decir, de un gran impulso. Se puede decir que esta situación tal vez sea la que experimenta la economía Haitiana después del terremoto de 2010, pues a pesar de las acciones para atender la emergencia e implementar un programa de recuperación, las cosas no han mejorado sustancialmente después del desastre. Es posible que se requieran inversiones mayores de las que se estimaron inicialmente para lograr alcanzar un equilibrio de alto ingreso per cápita como se muestra en la Figura 3.

## 2. Modelos empíricos de evaluación de los efectos de los desastres sobre el crecimiento, el desempleo, la inflación y la distribución del ingreso

En esta sección se presentan las metodologías que se utilizan para examinar los efectos de nivel y crecimiento de los desastres, así como sus impactos sobre el desempleo, la inflación y la distribución del ingreso. El objetivo de los ejercicios es establecer si los desastres grandes y pequeños tienen efectos permanentes o transitorios sobre un conjunto de variables macroeconómicas que determinan directamente el bienestar de la población. Los modelos elegidos son: (i) análisis de intervención de series de tiempo<sup>3</sup> y (ii) modelos de crecimiento de sección cruzada y datos panel que permiten combinar información temporal y de corte transversal.

Aunque existen varias alternativas de modelaje para los análisis de intervención, uno de los más utilizados es el propuesto por Box y Tiao. Estos autores muestran que la función de transferencia se puede expresar de la forma siguiente:

$$Z_t = C + \frac{w(B)}{\delta(B)} X_{t-b} + N_t$$

donde,  $Z$  es la variable dependiente,  $w(B)$  es un operador de polinomios de rezagos de orden  $s$  y  $\delta(B)$  otro operador de rezagos de orden  $r$ .  $X$  es la variable explicativa o de intervención que aparece con un rezago de orden  $p$  y que se denomina “tiempo muerto”, significando con esto que los efectos de la variable  $X$  sobre la variable dependiente  $Z$  se presenta de manera retardada, es decir, sólo después de  $p$  períodos a partir de la intervención.  $N$  es una perturbación que tiene una representación ARMA ( $p,q$ ), que se puede escribir como:

$$N_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \xi_t$$

---

<sup>3</sup>Un método para evaluar el impacto de los desastres sobre variables aleatorias como el crecimiento económico, la inflación o el desempleo es el análisis de “intervención” de series temporales. Esta metodología permite determinar el efecto de un evento exógeno sobre el proceso temporal de la variable estudiada. El primer paso consiste en controlar o filtrar la serie original de sus efectos auto regresivos y de media móvil que explican la trayectoria mediante la identificación y estimación del modelo ARIMA ( $p,d,q$ ). Una vez identificado dicho proceso y estimado se puede introducir una variable ficticia que toma el valor de 0 antes de la intervención y de 1 después de la intervención (Vallejo 1996). Los impactos se pueden estimar mediante variables *dummy* que pueden ser permanentes o transitorios. Una condición para aplicar la metodología es que el investigador debe conocer el momento de la intervención o evento externo. Esta metodología es más robusta que las pruebas de diferencia de medias y test  $t$  las cuales exigen que la distribución de los datos sea normal y se cumpla el supuesto de independencia. Dichas propiedades terminan siendo muy restrictivas cuando se examinan series de datos que muestran una alta auto correlación serial (Wei, 1989).

De esta manera, en ausencia de estacionalidad, la función de transferencia se puede escribir como:

$$Z_t = C + \frac{w(B)}{\delta(B)} X_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \xi_t$$

En esta metodología las variables de intervención son de dos tipos: variables escalón y variables de impulso. Las variables escalón hacen referencia a eventos que ocurren en un momento del tiempo y tienen efectos permanentes sobre la evolución futura de la serie. La manera conveniente de definir esta variable es:

$X_t=0$  antes de la intervención  
 $X_t=1$  durante y después de la intervención

Las variables de impulso representan sucesos que ocurren únicamente en un instante de tiempo, es decir, su efecto es temporal o transitorio. La manera de especificar esta variable es:

$X_t=0$  antes de la intervención  
 $X_t=1$  durante la intervención  
 $X_t=0$  después de la intervención

Para examinar de manera rigurosa los efectos de los desastres sobre el ingreso per cápita se siguen los trabajos Mankiw, Romer y Weil (1992), Islam (1995), Becchetti y Giacomo (2007) y Loayza, et al (2009). Estos autores derivan expresiones estimables a partir de un modelo de crecimiento económico exógeno extendido, donde se incorporan variables adicionales como el capital humano y los desastres. El procedimiento consiste en suponer que existe una función de producción Cobb-Douglas, cuyos argumentos son el capital físico (K), el trabajo (L) y el capital humano (H). Se incorpora cambio técnico neutral en el sentido de Harrod (A), es decir, se asume que las mejoras de eficiencia están correlacionadas con el trabajo. Del ingreso nacional se destina una proporción constante  $sk$  para acumular capital físico y una proporción  $sh$  para capital humano. Finalmente, se supone que la oferta de trabajo crece a una tasa constante  $n$ . La función de producción se puede escribir de la siguiente manera:

$$Y = K_t^\alpha H_t^\beta (A_t L_t)^{1-\alpha-\beta}, \text{ con } \alpha+\beta < 1.$$

Para incorporar los desastres (por ejemplo el índice de desastres locales, IDL), se asume que esta variable afecta directamente el indicador de eficiencia económica, es decir, la variable A. Podemos escribir entonces, una expresión como la siguiente:

$$A_t = \frac{A_0 e^{-\lambda t}}{IDL_0}$$

Como es costumbre en la literatura, todas las variables se expresan en términos per cápita y se adicionan las ecuaciones de acumulación de capital físico ( $k$ ) y capital humano ( $h$ ) en términos per cápita.

$$\dot{k} = s_k y_t - (n + \delta + g)k_t$$

$$\dot{h} = s_h y_t - (n + \delta + g)h_t$$

donde,  $g=x$ . Encontrando los valores de estado estable para el capital físico ( $k^*$ ) y para el capital humano ( $h^*$ ) y sustituyendo dichos valores en la función de producción, se puede obtener la siguiente expresión estimable para la tasa de crecimiento del PIB per cápita como una aproximación alrededor del estado estable:

$$\ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) - \ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right) = c - (1 - e^{-\lambda t}) \ln(IDL_0) + (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_k) +$$

$$(1 - e^{-\lambda t}) \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_h) - (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(n + g + \delta) - (1 - e^{-\lambda t}) \ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right)$$

donde,  $c = (1 - e^{-\lambda t}) \ln(A_0) + \lambda t$ .

Esta ecuación se puede escribir de la siguiente manera, sumando a los dos lados de la ecuación

$\ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right)$ , por tanto se tiene:

$$\ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) = c - (1 - e^{-\lambda t}) \ln(IDL_0) + (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_k) +$$

$$(1 - e^{-\lambda t}) \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_h) - (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(n + g + \delta) + e^{-\lambda t} \ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right)$$

No es difícil mostrar que la ecuación anterior, se puede representar como un modelo dinámico de datos panel. Siguiendo la notación de Islam (1995), se tiene:

$$y_{it} = \gamma y_{it-1} + \sum_{j=1}^3 \psi_j x_{it}^j + \eta_t + \mu_i + \mathcal{G}_{it}$$

donde,  $y_{it}$  es la tasa de crecimiento del PIB per cápita del gobierno subnacional  $i$ ,  $x_{it}$  es un vector de variables exógenas, como lo son el índice de desastres locales, la tasa de inversión en capital físico y humano y la tasa de crecimiento poblacional.  $\mu_i$  y  $\eta_t$  son efectos inobservables específicos y dependientes del tiempo de cada gobierno subnacional,  $\mathcal{G}_{it}$  es el termino de error. El

hecho que aparezca en el lado izquierdo el término  $y_{it-1}$  genera problemas de consistencia en la estimación de los parámetros por los métodos convencionales, ya que dicho término se encuentra correlacionado con el término de error. Como muestra la literatura especializada, una manera de resolver los inconvenientes técnicos es utilizar el Método de Momento Generalizados (GMM). “El sistema GMM es una implementación del tradicional modelo de primeras diferencias generalmente usado para tratar regresores endógenos. El problema del modelo de la primera generación era que los niveles rezagados de las variables para tratar la endogenidad son en general pobres instrumentos para las primeras diferencias. En la segunda generación, el conjunto estándar del sistema GMM de ecuaciones en primeras diferencias, típico del modelo de primera generación GMM es combinado con un segundo conjunto de ecuaciones en niveles con adecuadas primeras diferencias como instrumentos” ( Becchetti y Giacomo,2007)

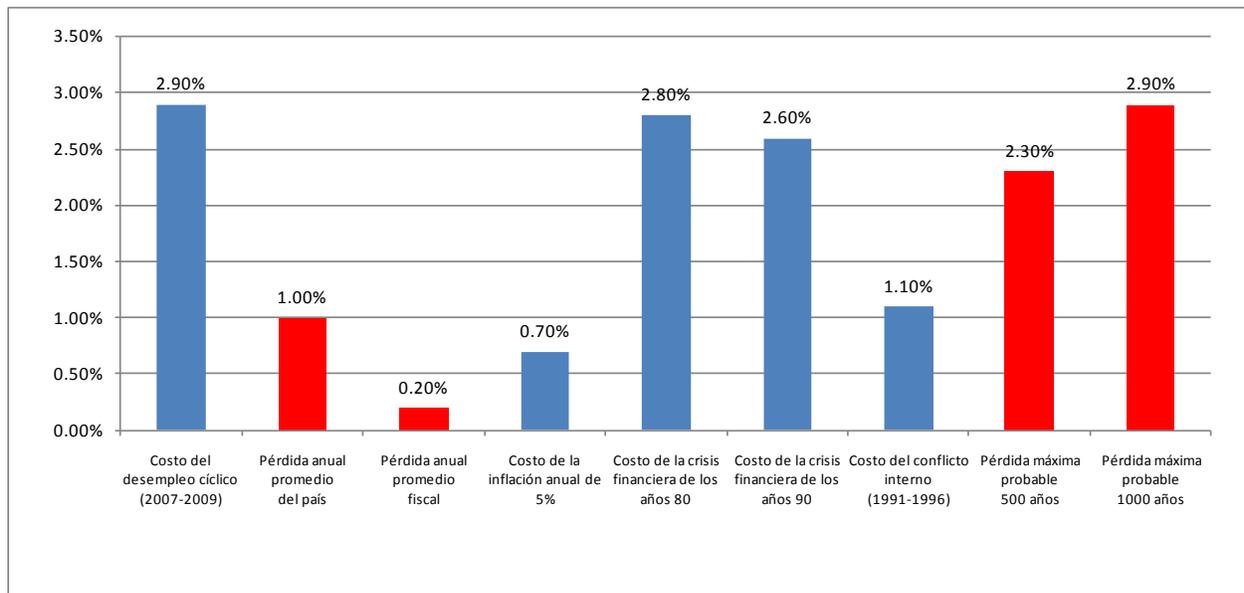
### **3. Resultados del ejercicio empírico de los efectos de los desastres sobre el crecimiento, el desempleo, la inflación y la distribución del ingreso**

El análisis técnico del riesgo de desastre permitió construir de manera rigurosa la curva híbrida de excedencia de pérdida (ERN-AL, 2011), cuya ventaja reside en agregar el riesgo con base en el análisis de los eventos históricos recurrentes y el riesgo analítico o deductivo a partir de modelos probabilísticas para los eventos extremos. Este ejercicio facilita cuantificar de manera explícita las pérdidas esperadas para la sociedad en su conjunto. A continuación se analiza el caso colombiano y mexicano.

#### **3.1. El caso colombiano**

Una primera aproximación para ponderar la importancia macroeconómica de los desastres es comparar dichas pérdidas con otros eventos negativos macroeconómicos covariados como el desempleo, la inflación, el conflicto armado y las crisis financieras. En la Figura 4 se presentan estimaciones para Colombia.

**Figura 4. Costos de desastres y eventos macroeconómicos como % del PIB, Colombia**

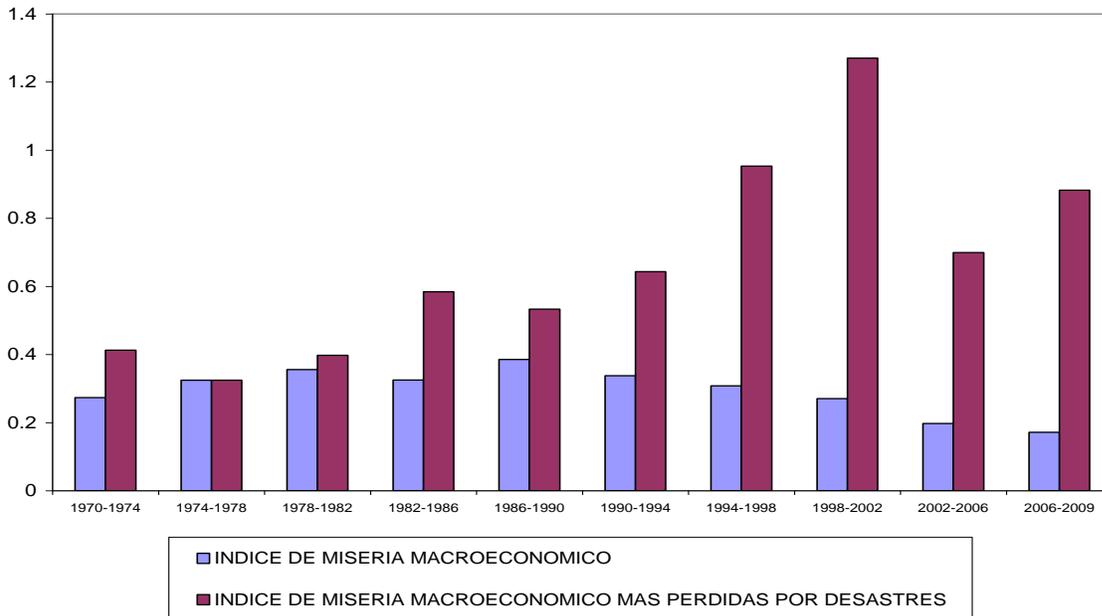


Fuente: Caballero y Argaez (2006); DNP (1999); López (2001). Cálculos ERN-AL (2011).

La pérdida anual esperada de los grandes y pequeños desastres asciende al 1% del PIB, si bien este registro es menor que el costo del desempleo cíclico y de las pérdidas fiscales generadas por las crisis financieras de los ochenta y los noventa, supera claramente los costos de inflaciones del orden del 5%, e incluso es comparable con los costos del conflicto armado colombiano estimado para el periodo 1991-1996 en 1.1% del PIB. De otra parte, la máxima pérdida probable de eventos catastróficos para periodos de retorno de 500 y 1000 años representan costos del 2.3% y 2.9 % del PIB, equivalentes a los generados por las crisis financieras en Colombia. Es decir, que si se considerara el costo social (incluyendo el del Estado) como ponderador de los objetivos de política pública, las autoridades deberían por lo menos destinar un porcentaje mayor del presupuesto nacional para atender los desastres y reducir las pérdidas de riqueza para los ciudadanos, que en general, son los más pobres de la población. Del mismo modo, se requiere pensar en una institucionalidad del mismo nivel técnico y autonomía como la que existe en el sector monetario. La gestión del riesgo de desastre exige un conocimiento de expertos y su accionar implica coordinación entre el nivel nacional y los gobiernos subnacionales. En este orden de ideas, este ejercicio preliminar permite situar la importancia de la política pública de la gestión del riesgo de desastre al mismo nivel del control de la inflación y la superación del conflicto interno colombiano.

En vista de que los desastres tienen efectos notorios a nivel agregado, se ajustó el conocido índice de miseria macroeconómico de Okun con las pérdidas generadas en Colombia por los eventos naturales peligrosos. El índice se construyó de tal manera que sólo puede tomar valores entre 0 y 1, lo que permite agregar la inflación, el desempleo y el índice de pérdidas por desastres. En la Figura 5 se presenta el índice de miseria convencional y el ajustado.

**Figura 5. Índice de Miseria de Okun (Inflación+Desempleo) e Índice Ajustado por pérdidas por desastres (Inflación +Desempleo+ Pérdidas por desastres)**



Cálculos ERN

El índice convencional de Okun muestra que el desempeño de la política macroeconómica mejoró progresivamente desde 1994 hasta 2009. Indicando que los gobiernos lo hicieron cada vez mejor. Sin embargo, lo interesante de ajustar el índice de miseria de Okun con las pérdidas por los desastres es que evidencia un deterioro del desempeño agregado de la política pública, lo que revela, sin duda, la ausencia de acciones ordenadas por parte de las autoridades económicas para reducir la inflación de costos de los desastres sobre los activos de la población más pobre de la sociedad. Es importante entonces que se divulguen estos nuevos indicadores para que los ciudadanos puedan ejercer mejor su vigilancia sobre la política económica. En verdad, esta sería una manera para que los políticos y los hacedores de política tomen en serio la necesidad de diseñar políticas consistentes y eficaces de gestión del riesgo en Colombia.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las estimaciones de los modelos de intervención. Las variables analizadas fueron: la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de inflación, el coeficiente de GINI y la tasa de desempleo. Lo desastres elegidos como variables de intervención fueron:

- Sismo de Manizales 23/11/1979
- Sismo de Popayán 31/03/1983
- Armero 13/11/1985
- Sismo Atrato Medio 17/10/1992
- Sismo Tierra Adentro 06/06/1994
- Sismo Eje Cafetero 25/01/1999

Para cada uno de los eventos listados, se incorporaron variables *dummy* de intervención para examinar los impactos transitorios y permanentes. La variable de intervención permanente toma el valor de 0 antes del evento y 1 después del evento. La variable de intervención transitoria toma el valor de 0 antes de la ocurrencia del desastre y 1 para tres períodos después del desastre, luego toma nuevamente el valor de 0.

Los resultados son interesantes. Se encuentra que ninguno de los eventos tuvo un efecto permanente sobre la tasa de crecimiento, aunque en la mayoría de los casos arrojan el signo esperado (negativo). Sin embargo, se encuentra que el terremoto del eje cafetero tuvo un efecto negativo transitorio significativo, es decir, durante los tres años después de ocurrido el sismo, la tasa de crecimiento del PIB se redujo en su nivel, posteriormente el efecto se desvanece. Los resultados sobre la inflación fueron negativos, aunque para algunos de los eventos el signo fue el esperado (positivo) en ningún caso se encontró un impacto significativo ya sea de carácter permanente o transitorio. Para la tasa de desempleo, se encontró que el desastre de Tierra Adentro (1994) tuvo efectos positivos y significativos, tanto permanentes como transitorios. Después de ocurrido el evento, la tasa de desempleo sufrió un salto en el nivel del ritmo de cambio que se mantuvo en el tiempo.

**Tabla 1. Análisis de intervención de los desastres sobre variables macroeconómicas**

|                | Crecimiento<br>1972-2009 |              | $\Delta$ Inflación<br>1972-2009 |             | $\Delta$ Desempleo<br>1985-2009 |             | $\Delta$ Coefficiente de Gini<br>1985-2005 |             |
|----------------|--------------------------|--------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------|--|-------------|
|                | Permanente               | Transitorio  | Permanente                      | Transitorio | Permanente                      | Transitorio | Permanente                                 | Transitorio |
| C              | 0.044771*                | 0.044540*    | 0.005194*                       | 0.004527*   | -0.691053                       | -0.305018   | 0.001806                                   | 0.002988**  |
| ARMERO         | 0.004511                 | -0.006859    | 0.050536                        | -0.004296   |                                 |             |  |             |
| ATRATO MEDIO   | 0.005205                 | 0.011708     | -0.051223                       | -0.009474   | -0.632415                       |             |  |             |
| EJE CAFETERO   | -0.002462                | -0.032211*** | 0.005336                        | -0.044010   | -1.138997                       | 1.111163    | 0.004465***                                | 0.004011    |
| MANIZALES      | -0.014426                | -0.012484    | 0.001986                        | 0.007946    |                                 |             |  |             |
| TIERRA_ADENTRO | -0.012581                | -0.007563    | 0.016293                        | -0.014226   | 2.592369**                      | 1.586476*** | 0.006649**                                 | 0.005856    |
| POPAYAN        | 0.004190                 | -0.012079    | -0.040719                       | -0.002848   |                                 |             |  |             |
| AR(4)          | -0.357435*               | -0.365765*   |                                 |             |                                 |             |  |             |
| MA(1)          | 0.284054*                | 0.296127*    | -0.997404*                      | -0.984717*  | 0.561150*                       | 0.582899*   |  |             |
| AR(3)          |                          |              |                                 |             |                                 |             | -0.381172*                                 | -0.396959** |
| MA(3)          |                          |              |                                 |             |                                 |             | -0.989247*                                 | -0.966183*  |
| AR(1)          |                          |              | 0.430045*                       | 0.383618*   |                                 |             |  |             |
| MA(5)          |                          |              |                                 |             | -0.519237*                      | -0.489560*  |  |             |
| R2-Ajustado    | 0.151905                 | 0.192952     | 0.250773                        | 0.236178    | 0.380877                        |             | 0.706861                                   |             |

Fuente: Banco de la Republica, DANE y DNP. Cálculos ERN-AL. Significativo al 1% (\*); significativo al 5% (\*\*); Significativo al 10% (\*\*\*);  $\Delta X = X_t - X_{t-1}$

Tal vez los resultados más interesantes tienen que ver con el coeficiente de GINI que mide el grado de desigualdad de la distribución del ingreso. En este caso, se encuentra que el terremoto del Eje Cafetero (1999) tuvo un efecto negativo permanente sobre el indicador, es decir, que después del terremoto se evidencia una reducción en el nivel de la tasa de cambio del indicador, ello podría explicarse por el modelo de reconstrucción del Eje Cafetero liderado por el FOREC. Por el contrario, el sismo de Tierra Adentro (1994) al parecer deterioró de manera permanente el cambio del nivel del GINI.

El siguiente ejercicio consintió en estimar el modelo econométrico de los determinantes del ingreso per cápita para los departamentos colombianos durante el período 1985-2000. La información del PIB per cápita se obtuvo del CEGA (2000), el indicador de desastres locales (IDL) se obtuvo de Barbat y Carreño (2004), el capital humano (*sh*) departamental se obtuvo de los indicadores de desarrollo humano, construidos por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y el DNP (2003), la tasa de ahorro para los departamentos (*sk*) se tomó de las cuentas de ingreso disponible y ahorro regional del CEGA (2007), finalmente el indicador ( $g+\delta$ ) se asumió igual a 0.05 como se hace en la mayoría de los estudios internacionales desde el trabajo Mankiw, Romer y Weil (1991). La Tabla 2 presenta los resultados para dos métodos de estimación estándar en la literatura.

**Tabla 2. Determinantes del ingreso per cápita departamental  
Colombia 1985-2000  
Modelo de panel dinámico**

| Variables                         | Método de Momentos Generalizados GMM |                            |                             |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                                   | Primeras Diferencias                 | Primeras Diferencias       | Desviaciones Ortogonales    |
| $\ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right)$ | -0.274689<br>(-1.992921)**           | -0.275943<br>(-2.308596)** | -0.275188<br>(-2.000103)**  |
| $\ln(IDL_0)$                      | -0.006005<br>(-2.448306)*            | -0.006071<br>(-2.865003)*  | -0.007347<br>(-2.976424)*   |
| $\ln(IND)$                        | 0.077702<br>(1.583713)               |                            | 0.096368<br>(1.912578)***   |
| $\ln(sh)$                         | 0.620621<br>(2.033004)*              | 0.769838<br>(2.355253)**   | 0.634631<br>(2.081771)**    |
| $\ln(sk)$                         | -0.865744<br>(-4.407574)*            | -0.667528<br>(-5.161423)*  | -0.924233<br>(-4.536075)*   |
| $\ln(n + g + \delta)$             | 0.297418<br>(1.201492)               | 0.392999<br>(1.603934)     | 0.428092<br>(1.297130)      |
| @LEV(@ISPERIOD("3"))              | 0.146479<br>(5.211356)*              | 0.142761<br>(5.292906)*    | -0.064217<br>(-1.905589)*** |
| @LEV(@ISPERIOD("4"))              | -0.131384<br>(-3.301017)*            | -0.13943<br>(-3.499286)*   | 0.108343<br>(3.413383)*     |
| <i>R-squared</i>                  | 0.476374                             | 0.483687                   | 0.492696                    |
| <i>Adjusted R-squared</i>         | 0.379916                             | 0.404255                   | 0.399245                    |
| <i>S.E. of regression</i>         | 0.094004                             | 0.092141                   | 0.072615                    |
| <i>J-statistic</i>                | 16.78287                             | 16.76408                   | 17.79572                    |
| <i>Instrument rank</i>            | 12.00000                             | 12.00000                   | 12.00000                    |

Cálculos ERN-AL, (\*) significativo al 1%, (\*\*) Significativo al 10%, (\*\*\*) Significativo al 10%.

Los resultados de las estimaciones econométricas confirman las principales hipótesis del presente documento. En los tres modelos que se presentan, el indicador de desastres tiene

un efecto negativo sobre el ingreso per cápita de los departamentos colombianos, es decir, que aumentos en el IDL se reflejan en menores niveles de desarrollo de la entidad subnacional. Los coeficientes en las tres ecuaciones son significativos al 1%. Los modelos muestran también que el patrón de desarrollo colombiano es divergente, un hecho que ha sido encontrado en otros estudios regionales en el país. El capital humano y el grado de industrialización son dos variables significativas en el desarrollo regional, mientras que la tasa de ahorro departamental arrojó el signo contrario al esperado, posiblemente esto se debe a que la tasa de ahorro departamental durante el periodo de estudio estuvo afectada negativamente por el desbalance de los gobiernos subnacionales, como lo manifiesta expresamente el estudio del CEGA (2006): “La explicación de orden general para las bajas ratios del ahorro total de los departamentos diferentes de los cuatro grandes es el efecto del ahorro negativo del Gobierno, aunado en algunos Departamentos y algunos años por ahorro negativo del Gobierno de las SNF; de otra parte, el ahorro negativo del Gobierno se agudiza en los noventa y, de hecho para el total del país el ahorro del Gobierno se reduce a partir de 1996 y en 1999 es negativo”. Finalmente, el coeficiente de la tasa de depreciación efectiva  $\ln(n+g+\delta)$  muestra el signo contrario al esperado, pero no es significativo.

### 3.2 El caso Mexicano

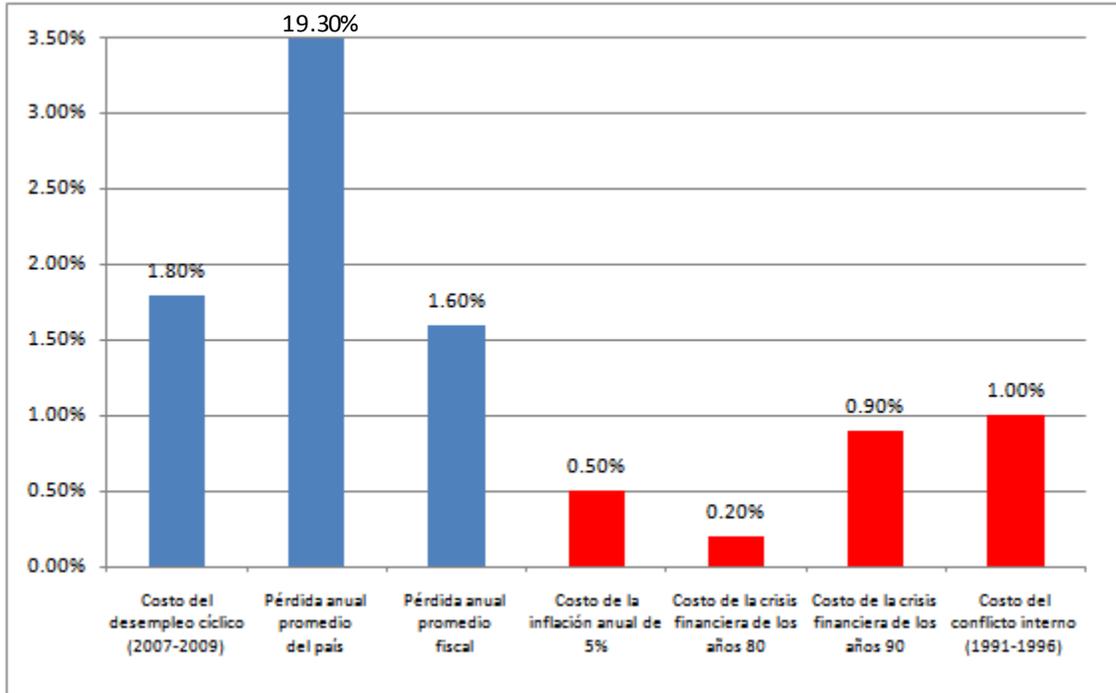
Como se anotó en acápites anteriores, una primera aproximación para evaluar la importancia macroeconómica de los desastres consiste en comparar las pérdidas ocasionadas por estos eventos y las que generan fenómenos como el desempleo, la inflación y las crisis financieras. En el caso de México se muestran los costos del desempleo cíclico, los costos de menor crecimiento ocasionados por aumentos de la tasa de inflación del 10% al 35% y por último el costo fiscal de la crisis financiera de 1995. Los resultados se muestran en el gráfico 6. Al igual que en Colombia, los eventos que generan mayores pérdidas económicas para los países son las crisis financieras.

En efecto, el colapso del sistema de pagos de México en 1995 fue uno de los mayores desastres financieros en la década de los noventa, su costo se estima en 19.3% del PIB. Sin embargo, los costos de los desastres por fenómenos naturales no pueden considerarse despreciables, pues a pesar de que las pérdidas por el desempleo cíclico y por aumentos drásticos de la inflación triplican el valor pecuniario de las pérdidas anuales esperadas, los costos de eventos catastróficos con periodos de retorno de 500 y 1000 años pueden llegar a representar el 1% del PIB.

De hecho, se puede decir que mientras las autoridades cuentan con instrumentos de política económica eficaces para reducir o eliminar el desempleo y la inflación, la ocurrencia de eventos naturales peligrosos difícilmente se pueden eliminar, lo que exigiría una mayor ponderación en la función de pérdida social para todos los eventos que aunque no se pueden evitar, es posible minimizar su impacto con políticas adecuadas de prevención, mitigación y aseguramiento. Como se muestra en el documento de análisis de riesgo, mientras que la inflación en los países en estudio converge a su valor de largo plazo, 2%, la tasa de inflación de las pérdidas por desastres crece a lo largo del tiempo.

Hoy no se puede afirmar que el enemigo número uno de la sociedad sea exclusivamente la inflación. En verdad, los enemigos son los grandes y pequeños desastres recurrentes y por supuesto el desempleo.

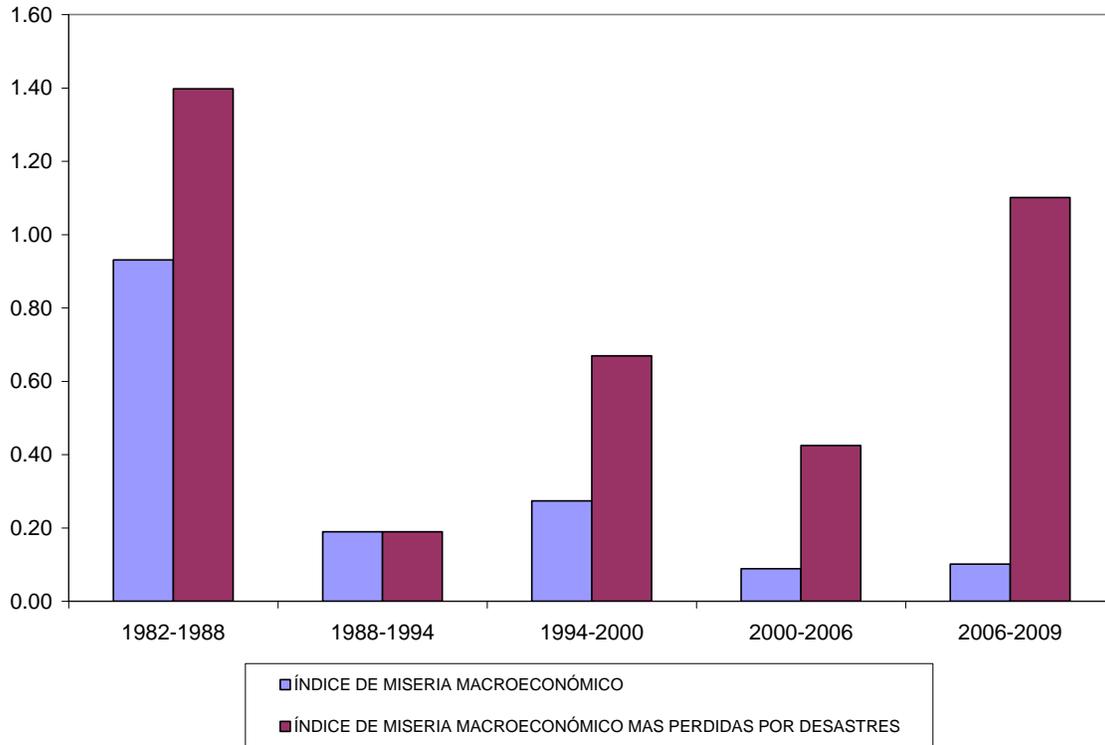
**Figura 6. Costos de desastres y eventos macroeconómicos como % del PIB, México**



Fuente: Banco de México, INEGI, Honohan Patrick and Daniela Klingebiel (2000), Grier Robin, Kevin B. Grier.(2006). Cálculos ERN-AL.

En la Figura 7 se presenta el índice de miseria de Okun y el índice corregido por las pérdidas generadas por desastres. La conclusión es la misma que en el caso colombiano. Mientras el índice convencional muestra mejoramiento en el desempeño de la política macroeconómica, una vez corregido por los costos macroeconómicos de los grandes y pequeños desastres, los resultados de la política ya no son tan buenos. De hecho, se observa un deterioro del indicador en los últimos gobiernos. Se podría decir con cierto grado de certeza que la ausencia de indicadores que incorporen explícitamente el impacto de los desastres sobre la población reduce la probabilidad de que los gobiernos y las autoridades públicas tomen conciencia del problema. Así como en muchas Constituciones existen mandatos para garantizar la estabilidad de precios, se podría pensar que se requiere incorporar en las normas y la política pública objetivos de reducción progresiva de la vulnerabilidad de la población frente a los fenómenos naturales. Sólo de esta manera se podrá controlar la inflación de pérdidas de riqueza de los ciudadanos más pobres por eventos naturales.

**Figura 7. Índice de Miseria de Okun (Inflación+Desempleo) e Índice Ajustado por pérdidas por desastres (Inflación +Desempleo+ Pérdidas por desastres)**



En la Tabla 3 se presentan los resultados de las estimaciones de los modelos de intervención. Las variables analizadas fueron: la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de inflación y la tasa de desempleo. Los desastres elegidos como variables de intervención fueron:

- Sismo Ciudad de México 19/09/1985
- Tormenta 14/09/1995
- Tormenta 10/10/1995
- Inundación 13/09/1998
- Tormenta 01/10/2005
- Tormenta 19/10/2005

Para cada uno de los eventos listados, se incorporaron variables *dummy* de intervención para examinar los impactos transitorios y permanentes. La variable de intervención permanente toma el valor de 0 antes del evento y 1 después del evento. La variable de intervención transitoria toma el valor de 0 antes de la ocurrencia del desastre y 1 para tres periodos después del desastre, luego toma nuevamente el valor de 0.

Al igual que en el caso de Colombia, los signos de los efectos permanentes de los desastres sobre la tasa de crecimiento del PIB son los esperados (exceptuando la tormenta de 1995), sin embargo, ninguno resultó significativo. Cuando se examinan los efectos

transitorios, se encuentra que el terremoto de Ciudad de México de 1985, tuvo un efecto negativo y significativo al 10% de confianza sobre la tasa de crecimiento del PIB. Es decir, que la tasa de crecimiento de la economía mexicana se redujo durante tres años después de ocurrido el sismo en su media. Los resultados sobre la tasa de variación de la inflación muestra algo interesante, aunque los efectos permanentes y transitorios no son significativos cuando se introducen en la ecuación conjuntamente, se puede encontrar un efecto positivo y significativo una vez se eliminan las variables de menor significancia estadística, como lo muestra la regresión Transitorio 1, el sismo de 1985 tuvo un efecto positivo sobre la tasa media de la aceleración de los precios, es decir, que el ritmo de cambio de la inflación fue mayor durante los tres años posteriores al terremoto de Ciudad de México. Finalmente, para la variación de la tasa de desempleo se encontró que las tormentas de 1995 tuvieron un efecto positivo y significativo al 10%, mientras que la tormenta de 2005 tuvo un efecto positivo y transitorio significativo al 10%. Esto quiere decir, que la ocurrencia de tormentas de gran magnitud puede aumentar el desempleo tanto en el corto como en el mediano plazo en México.

El otro ejercicio que se realizó fue construir un modelo de los determinantes del ingreso y el crecimiento per cápita de los Estados de México. Los ingresos per cápita se tomaron del INEGI y del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2009). La información de capital humano se tomó de los Informes de Desarrollo Humano de México. Las tasas de crecimiento poblacional por Estado provienen del INEGI. El índice de desastres locales se construyó con la información de la base de datos de DesInventar. Se siguió el procedimiento sugerido por Loayza et al (2009) que consintió en agregar el número de personas afectadas para los eventos (los sismos, los deslizamientos, los desastres hidrometeorológicos y volcánicos). Se sumaron los afectados, los damnificados, los heridos, los evacuados, los desaparecidos, los reubicados y los muertos para períodos de cinco años, luego se normalizó por la población del respectivo Estado. No se pudo encontrar información sobre la tasa de ahorro agregada de los Estados Mexicanos para el período de estudio. Se asumió de igual manera que  $\delta+g=0.05$  como se sugiere en la literatura especializada. El modelo de regresión se estimó para el período 1985-2000.

Los principales resultados se reportan en la Tabla 4. En primer lugar, se puede decir que los resultados en términos generales no son interesantes. En la primera regresión se estimó un modelo de datos panel dinámico para explicar el ingreso per cápita de los Estados Mexicanos. Como se puede ver en el cuadro, ninguna de las variables resultó significativa.

**Tabla 3. Análisis de intervención de los desastres sobre variables macroeconómicas**

|                    | Crecimiento<br>1980-2009  |                           | ΔInflación<br>1973-2009   |                          |                          | ΔDesempleo<br>1980-2009   |                           |                           |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                    | Permanente                | Transitorio               | Permanente                | Transitorio              | Transitorio1             | Permanente                | Transitorio               | Transitorio 1             |
| C                  | 0.000488<br>(0.011772)    | 0.030643<br>(3.904888)*   | 1.702137<br>(0.699192)    | -7.334214<br>(-1.312699) | 1.019664<br>(1.273460)   | 0.235723<br>(0.110662)    | -0.088204<br>(-0.380853)  | -0.007429<br>(-0.07000)   |
| SISMO85            | 0.018342<br>(0.414965)    | -0.045217<br>(-1.9695)*** | -8.647859<br>(-1.457763)  | 33.99526<br>(1.570810)   | 53.21378<br>(2.578007)*  | -0.526943<br>(-0.251280)  | -0.196377<br>(-0.306055)  |                           |
| TORMENTA 1995      | 0.008663<br>(0.405625)    | 0.002456<br>(0.126201)    | 10.33618<br>(0.718378)    | 7.724819<br>(0.450021)   |                          | 1.067383<br>(1.814727)*** | 0.734929<br>(1.227392)    |                           |
| TORMENTA 2005      | -0.020348<br>(-0.826656)  | -0.012614<br>(-0.776380)  | 3.215439<br>(0.263062)    | 6.979930<br>(0.804513)   |                          | 0.342696<br>(0.612937)    | 0.520084<br>(1.261184)    | 0.555247<br>(1.672436)*** |
| INUNDACIÓN<br>1998 | 0.004998<br>(0.250748)    | -0.008738<br>(-0.423255)  | -6.212306<br>(-0.396098)  | 2.890254<br>(0.171696)   |                          | -0.727438<br>(-1.220514)  | 0.071201<br>(0.115541)    |                           |
| AR(1)              |                           |                           | 0.372672<br>(1.93705)***  | 0.767580<br>(2.75932)*   | 0.754245<br>(6.546544)*  |                           |                           |                           |
| MA(1)              |                           |                           | -1.436999<br>(-4.964571)* | -0.997332<br>(-3.07774)  | -1.424740<br>(-6.92821)* |                           |                           |                           |
| MA(4)              |                           |                           |                           |                          |                          | -0.562135<br>(-3.538528)* | -0.497783<br>(-3.05725)*  | -0.519651<br>(-3.635692)* |
| MA(5)              | -0.891601<br>(-14.47802)* | -0.908612<br>(-21.82437)* |                           |                          |                          | -0.426770<br>(-3.088972)* | -0.490307<br>(-3.272846)* | -0.468780<br>(-4.021750)* |
| R2-Ajustado        | 0.3999660                 | 0.465144                  | 0.500350                  | 0.124018                 | 0.503931                 | 0.184268                  | 0.164227                  | 0.205645                  |

Fuente: INEGI, Banco de México, Cálculos ERN Significativo al 1% (\*) significativo al 5%(\*\*) Significativo al 10%(\*\*\*):  $\Delta X = X_t - X_{t-1}$

Sin embargo, el signo del índice de desastres locales (IDL) fue el esperado. Se procedió a estimar un modelo para la tasa de crecimiento del PIB per cápita. Los resultados no fueron diferentes. Si bien el modelo se comporta mejor, las variables explicativas no son significativas, a excepción de la tasa de depreciación efectiva, pero con el signo contrario al esperado por la teoría. El índice de desastres locales tiene el signo negativo pero no es significativo a los niveles convencionales. Aunque los resultados no respaldan las hipótesis de trabajo, podría decirse que los índices de desastres no son los más adecuados, de hecho, es necesario construir indicadores de desastres más consistentes y rigurosos como los que se obtuvieron para Colombia, posiblemente ello mejoraría de manera ostensible la significancia en las ecuaciones de crecimiento. También es importante construir indicadores de las tasas de ahorro, lo que sugiere la literatura es la tasa de inversión, sin embargo, a nivel de gobiernos subnacionales es muy difícil contar con dicha información.

**Tabla 4. Modelo de panel dinámico para el ingreso y la tasa de crecimiento per cápita de México 1985-2000**

| Variables                         | Método de Momentos Generalizados GMM |                                |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                   | Ingreso per cápita                   | Crecimiento del PIB per cápita | Crecimiento del PIB per cápita |
|                                   | Primeras Diferencias                 | Primeras Diferencias           | Desviaciones Ortogonales       |
| $\ln\left(\frac{Y_0}{L_0}\right)$ | 0.063213<br>(0.823812)               | -0.230570<br>(-14.98542)*      | -0.107154<br>(-9.779839)*      |
| $\ln(n + g + \delta)$             | 0.408978<br>(1.184304)               | 0.190810<br>(1.403191)         | 0.201573<br>(1.827174)***      |
| $\ln(sh)$                         | 0.894896<br>(0.811417)               | 0.212114<br>(0.838757)         | 0.036779<br>(0.116491)         |
| $\ln(IDL_0)$                      | -0.002828<br>(-0.389160)             | -0.001041<br>(-0.485440)       | -0.000847<br>(-0.305994)       |
| @LEV(@ISPERIOD("3"))              | -0.060711<br>(-0.8657870)            | -0.031001<br>(-1.361363)       | -0.038623<br>(-1.964261)**     |
| @LEV(@ISPERIOD("4"))              | 0.209639<br>(6.338248)*              | 0.060114<br>(4.849050)*        | 0.033190<br>(3.604026)*        |
| R-squared                         | 0.187485                             | 0.566087                       | 0.277237                       |
| Adjusted R-squared                | 0.117440                             | 0.528681                       | 0.214930                       |
| S.E. of regression                | 0.248193                             | 0.061739                       | 0.044915                       |
| J-statistic                       | 2.423063                             | 0.018842                       | 0.518197                       |
| Instrument rank                   | 9.00000                              | 7.00000                        | 7.00000                        |

Cálculos ERN, (\*) significativo al 1%, (\*\*) Significativo al 10%, (\*\*\*) Significativo al 10%.

#### 4. Conclusiones: ¿Política pública y desastre, ahora hacia donde?

En este documento se ha mostrado que los grandes y los pequeños desastres naturales tienen efectos importantes sobre los ciudadanos de México y Colombia. No solamente los sectores más pobres sufren con los eventos naturales, sino que además, las variables macroeconómicas como la inflación, el desempleo, el crecimiento y la equidad se pueden

ver afectados dependiendo de la magnitud y el tipo de desastre. Los costos son significativos cuando se normalizan por el PIB. De hecho, en el caso de Colombia alcanzan niveles similares a los costos de la inflación y el conflicto armado. No obstante, las crisis financieras siguen siendo el evento más costoso para México y Colombia. El colapso de los mercados de capitales y los precios de los activos destruyen riqueza financiera, los bancos arrojan saldos patrimoniales negativos y los agentes económicos pierden los derechos de propiedad sobre sus inmuebles.

Después de una crisis financiera, el producto se reduce y el desempleo se dispara, la recesión puede durar varios años, como es el caso de Japón y el colombiano a finales del siglo XX. Los gobiernos actúan rápidamente en estos casos. Emiten dinero para salvar el sistema de pagos, sin importar el costo; el mejor ejemplo es el de la crisis de México en 1995, donde se requirieron recursos públicos del orden del 20% del PIB. En Colombia si bien las cifras no son tan abultadas, el proceder ha sido similar. Ni se diga en el caso de la gran recesión de los Estados Unidos.

Los desastres también destruyen riqueza, pero riqueza real. Los agentes pierden sus activos, pero como las pérdidas se privatizan, los gobiernos actúan marginalmente. Todo lo contrario de lo que sucede con las crisis financieras, donde se socializan las pérdidas del sistema bancario y financiero. En los grandes y pequeños desastres la mayor parte del costo de los eventos lo asumen las personas y las familias más pobres que generalmente carecen de mecanismos de protección financiera. En las Tablas 5 y 6 se muestra que las políticas de gestión del riesgo de desastre son residuales tanto en México como en Colombia. Los recursos que se asignan a este rubro en ninguno de los dos países del estudio sobrepasan el 1% de los ingresos totales y del gasto total del Gobierno Central.

**Tabla 5. Recurso presupuestales para la atención de desastres por parte del FONDEN en México**

|      | % de los ingresos<br>Totales del GCN | % del Gasto público<br>total del GCN | % del Gasto de<br>Inversión del GCN |
|------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1999 | 0.60%                                | 0.53%                                | 5.74%                               |
| 2000 | 0.56%                                | 0.51%                                | 5.92%                               |
| 2001 | 0.52%                                | 0.49%                                | 5.27%                               |
| 2002 | 0.06%                                | 0.05%                                | 0.42%                               |
| 2003 | 0.03%                                | 0.03%                                | 0.25%                               |
| 2004 | 0.02%                                | 0.02%                                | 0.12%                               |
| 2005 | 0.04%                                | 0.03%                                | 0.21%                               |
| 2006 | 0.06%                                | 0.06%                                | 0.34%                               |
| 2007 | 0.01%                                | 0.01%                                | 0.04%                               |

Fuente: Secretaria de Gobierno FONDEN, cálculos ERN-AL

**Tabla 6. Recursos presupuestales para la atención de desastres por parte del Fondo Nacional de Calamidades en Colombia**

|      | % de los ingresos Totales del GCN | % del Gasto público total del GCN | % del Gasto de Inversión del GCN |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 2000 | 0.02%                             | 0.01%                             | 0.15%                            |
| 2001 | 0.01%                             | 0.01%                             | 0.12%                            |
| 2002 | 0.02%                             | 0.02%                             | 0.21%                            |
| 2003 | 0.01%                             | 0.01%                             | 0.14%                            |
| 2004 | 0.03%                             | 0.03%                             | 0.42%                            |
| 2005 | 0.05%                             | 0.04%                             | 0.51%                            |
| 2006 | 0.05%                             | 0.05%                             | 0.57%                            |
| 2007 | 0.11%                             | 0.10%                             | 0.84%                            |
| 2008 | 0.09%                             | 0.10%                             | 0.69%                            |
| 2009 | 0.08%                             | 0.07%                             | 0.55%                            |

Fuente: Contraloría General de la Republica, Banco de la Republica, Cálculos ERN-AL

Sin duda, las pérdidas ocasionadas por los eventos naturales no son una prioridad real de los gobiernos de Colombia y México. Esta afirmación no es difícil de sustentar. Para ello, es suficiente con contrastar el gasto tributario, es decir, las exenciones en el pago de impuestos que se les otorgan a los ciudadanos más ricos y a las empresas nacionales y extranjeras con los recursos asignados al rubro de atención y prevención de desastres. En la Tabla 7 se presentan los datos para el año 2007. En el gasto tributario se suman los descuentos y exenciones sobre la renta y el iva a las sociedades y a los ciudadanos. Los recursos para desastres comprenden el acumulado de asignaciones llevadas a valor futuro y presente de 2007. En el caso de Colombia, se suman los recursos entre 2000 y 2009, para México el periodo va de 1999 a 2007. Todas las cifras se presentan como % del PIB de 2007.

**Tabla 7. Gasto tributario y gasto en atención de desastres acumulado como % del PIB, Colombia y México 2007**

|  | Colombia | México |
|--|----------|--------|
| Exenciones del Impuesto de Renta   | 1.60%    | 3.02%  |
| Exenciones del IVA   | 1.92%    | 2.15%  |
| Exenciones de otros Impuestos  | -        | 0.76%  |
| Total Gasto Tributario 2007  | 3.52%    | 5.92%  |
| Gasto en atención de desastres acumulados.<br>Fondo de Calamidades-Colombia (2000-2009)<br>FONDEN-México 1999-2007 | 0.05%    | 0.19%  |

Fuente: Jiménez y Modesta (2009), Cálculos ERN-AL.

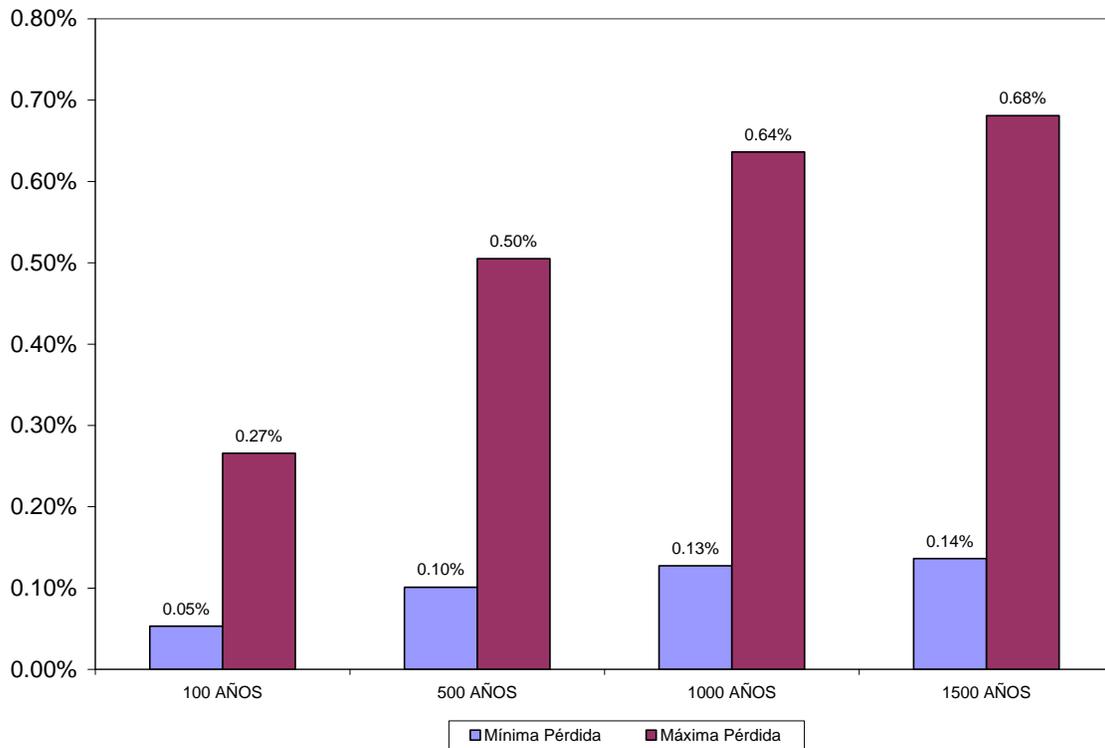
Las cifras hablan por sí mismas. Mientras en Colombia, los ciudadanos más ricos reciben del gobierno transferencias en forma de gasto tributario del orden de 3.52% del PIB, los recursos destinados para atender las pérdidas de ingreso y riqueza de las personas más pobres -quienes sufren directamente los eventos de la naturaleza-, acumulados para un periodo de 9 años, apenas llegan al 0.05% del PIB. En el caso de México, las diferencias

son incluso más abultadas. Las gabelas tributarias llegan al 5.92% del PIB, mientras que el FONDEN recibió recursos del presupuesto durante un período de 7 años de apenas el 0.19% del PIB.

Estas cifras deberían ser suficientes para dejar sin piso el supuesto argumento de que el gobierno no tiene recursos suficientes para garantizarles a las personas una compensación adecuada y una atención decente, cuando ocurren desastres. Las donaciones y los llamados al altruismo deberían ser las acciones marginales, sobre todo cuando el gasto tributario de Colombia representaba el 22% de la presión tributaria en 2007 y en México el 50.7% (Jiménez y Modesta 2009).

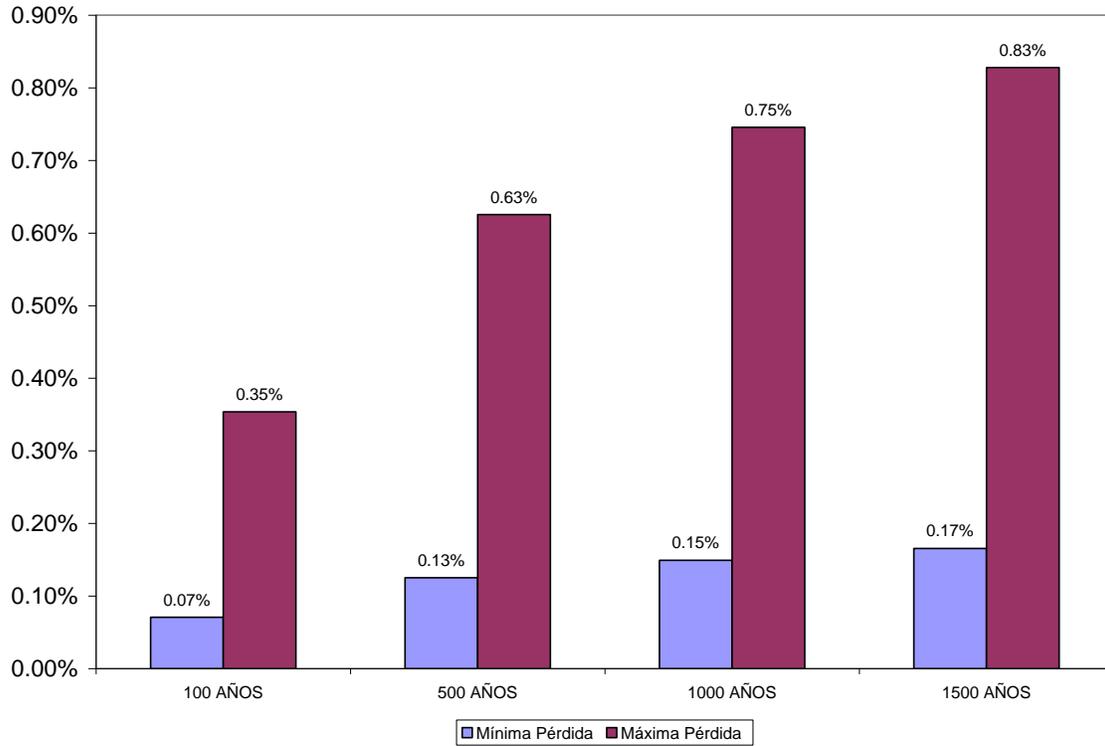
Por supuesto esta no es la única razón para promover políticas sistemáticas y eficaces de gestión del riesgo de desastres. En las Figuras 8 y 9 se presentan los efectos negativos sobre la tasa de crecimiento del PIB que pueden generar eventos catastróficos de 500, 1000 y 1500 años de período de retorno para Colombia y México. Los cálculos se obtuvieron siguiendo la metodología propuesta por Albala-Bertran (1993).

**Tabla 8. Pérdida en puntos porcentuales de crecimiento para Colombia**



Cálculos ERN-AL

**Tabla 9. Pérdida en puntos porcentuales de crecimiento para México**



Cálculos ERN-AL

De acuerdo con los resultados obtenidos aquí y por diversos autores los desastres usualmente afectan los capitales menos productivos y el trabajo menos calificado; por lo que causan profundas consecuencias sociales. Otros argumentan que en el largo plazo estos impactos pueden ser importantes para ciertas economías. Aquí se ha presentado un enfoque analítico del crecimiento y desastres que complementa el propuesto por los mismos autores para el IDEA en 2005. Se concluye que los desastres podrían reducir el nivel de ahorro de la sociedad y por lo tanto la cantidad de capital y del producto por persona; por ejemplo, los desastres recurrentes y aleatorios afectan el ingreso per cápita y las tasas de crecimiento a largo plazo. Una política pública de gestión integral del riesgo de desastre que incluya la reducción de la vulnerabilidad de los agentes más pobres, la gestión ambiental y la protección financiera es una necesidad si se quiere un desarrollo sostenible.

## Apéndice<sup>4</sup>

El modelo contempla las siguientes reglas básicas:

<sup>4</sup> Se toma de ERN-COL (2006), Estimación de pérdidas económicas para diferentes escenarios de riesgo en edificaciones públicas y privadas en Bogotá y análisis económico del riesgo residual en el distrito capital de Bogotá. Proyecto Reducción de la Vulnerabilidad del Estado ante Desastres Naturales, Banco Mundial, FONADE, MAVDT..

1. Los efectos del desastre se localizan en un área delimitada, es decir, no afectan a todo el territorio de la misma manera o en igual magnitud.
2. No todos los agentes son afectados de la misma manera por el evento natural. De hecho, el capital menos productivo y las familias más pobres y con menor capital humano sufrirán los mayores daños.
3. No todos los tipos de capital son afectados de manera igual. En realidad, el capital menos productivo sufrirá las mayores consecuencias.
4. La tasa de crecimiento y de inflación de largo plazo no se verá afectada por el desastre. Este supuesto se puede derivar de los modelos convencionales de crecimiento exógeno (Okuyama, 2003)<sup>5</sup>.
5. Los grandes desastres son eventos de muy baja frecuencia.

Primero se construye el límite superior de la pérdida de crecimiento en el momento del desastre. Para ello se asume que la emergencia prácticamente ya está superada. Existen existencias de materiales y *stocks* disponibles. El stock de capital fijo es irremplazablemente en el corto plazo. Las pérdidas son únicamente en bienes de capital y este es homogéneo. Por tanto se puede escribir las pérdidas de stock de capital de la manera siguiente:

$$\Delta K = D = K_a - K_b \quad (1)$$

donde, K es capital, Ka impacto después del desastre, Kb impacto antes del desastre y D son las pérdidas totales por el desastre. Considerando que en el corto plazo la relación marginal capital-producto es constante, tenemos:

$$c = \frac{K}{Y} = \frac{\Delta K}{\Delta Y} \quad (2)$$

donde, c es la relación capital producto.  $\Delta Y = Y_a - Y_b$ . La expresión (2) se puede escribir como:

$$y = \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{D/Y}{K/Y} = \frac{d}{c} \quad (3)$$

Por tanto, la caída esperada en la tasa de crecimiento (y) se expresa como la relación entre las pérdidas como proporción del PIB (d) y la relación capital-producto (c). Este sería el nivel máximo o el umbral superior de las pérdidas de crecimiento. Ahora es necesario relajar algunos de los supuestos para encontrar la cota inferior de la caída del producto. Para ello se hace necesario reconocer los siguientes factores:

- i. Las pérdidas de los desastres no se concentran únicamente en el capital

<sup>5</sup> Okuyama Yasuhide (2003). "Economics of Natural Disasters. A Critical Review", Research Paper 2003-12, Virginia University. También, IDEA (2005). Indicators of Disaster Risk and Risk management, Universidad Nacional de Colombia y Inter-American Development Bank, Bogotá Colombia.

- ii. Las pérdidas estimadas de capital son calculadas a su costo de reposición en el mercado
- iii. El capital es heterogéneo, por tanto, el efecto del desastre es diferencial entre tipos de capital
- iv. El capital también es heterogéneo dentro de cada tipo de capital
- v. El crecimiento del producto no depende únicamente del stock de capital.

Las primeras dos observaciones afectan el numerador de la expresión (3) y las últimas tres el denominador. Podemos por tanto definir de la manera siguiente las pérdidas por el desastre:

$$D = D_1 + D_0 \quad (4)$$

donde, D es la pérdida total. D1 es la pérdida de capital y D0 es la pérdida en producción corriente. De la anterior expresión se puede despejar D1 y reemplazar en la ecuación de pérdidas de capital:

$$\Delta K = D - D_0 = D_1 \quad (5)$$

como el capital es medido en términos de su costo de reposición debemos corregir la expresión (5) por el recíproco de la tasa de depreciación. Tenemos, entonces la siguiente fórmula:

$$\Delta K = (1 - \delta)D_1 \quad (6)$$

donde,  $\delta$  es la tasa de depreciación como proporción de D1. El numerador de la expresión (3) debe corregirse para tener en cuenta los factores (iii) y (iv). Para ello se multiplica el coeficiente c por dos parámetros mayores que 1. Tenemos entonces,

$$c_1 = \alpha\beta c, \text{ con } \alpha > 1 \text{ y } \beta > 1 \quad (7)$$

La razón de esta corrección es simple. Como los desastres tendrán un mayor efecto sobre el capital menos productivo y los tipos menos eficientes, entonces las pérdidas de crecimiento son menores que en el caso donde se asume “capital homogéneo”. Finalmente, como el crecimiento no depende únicamente del capital, sino que también contribuyen otros factores, como el trabajo, el capital humano, etc., la expresión (7) debe corregirse por un nuevo factor. Tenemos, entonces:

$$c_2 = \mu c_1 = \mu\alpha\beta c, \text{ con } \mu > 1. \quad (8)$$

Incorporando todas estas correcciones, podemos encontrar la expresión para la cota inferior de las pérdidas de crecimiento ocasionadas por el desastre.

$$y = \left( \frac{(1 - \delta)}{\alpha \beta \mu} \right) \left( \frac{(d - d_0)}{c} \right) \quad (9)$$

Finalmente, podemos construir el intervalo de pérdidas de crecimiento por desastre.

$$\left( \frac{(1-\delta)}{\alpha \beta \mu} \right) \left( \frac{(d-d_0)}{c} \right) \leq y \leq \frac{d}{c} \quad (10)$$

## Bibliografía

- Albala-Bertrand, J.M. (1993). Natural Disaster Situations and Growth: A Macroeconomics Model for Sudden Disaster”, World Development, Vol. 21, pp. 1417-1434.
- Barbat, A. H., & Carreño, M. L. (2004). Indicadores de riesgo y gestión a nivel subnacional: Aplicación demostrativa en los departamentos de Colombia, IDB/IDEA Program of Indicators of Disaster Risk and Risk Management, National University of Colombia, Manizales. Disponible en: <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Barro, R y Sala-i-Marti.(1995). Economic Growth, McGrawHill.
- Becchetti Leonardo y Stefania Di Giacomo. (2007). “The unequalizing effects of ICT on Economic Growth”, Metroeconomica, 58, 1, pp.155-1994.
- Caballero Argaez y Miguel Urrutia. (2006). Historia del sector financiero colombiano en el siglo XX, Editorial Norma, Bogota Colombia.
- Cavallo, Eduardo S. Galini, I. Noy y J. Pantano. 2010. Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth, IDB-WP-183.
- CEGA. (2004). Sistema Simplificado de Cuentas Departamentales de Colombia (SSCD), Volumen 1, BBVA, Bogota Colombia.
- CEGA. (2006). Ingreso, Consumo y Ahorro en los departamentos de Colombia 1975-2000. Sistema Simplificado de Cuentas Departamentales de Colombia (SSCD), Volumen 2, BBVA, Bogota Colombia.
- Departamento Nacional de Plantación.(1999). La Paz: El desafío para el desarrollo, TM Editores, Bogota Colombia.
- ERN-AL, Consortium Evaluación de Riesgos Naturales – América Latina, (2011). Probabilistic Modelling of Disaster Risk at Global Level: The Hybrid Loss Exceedance Curve - Development of a Methodology and Implementation of Case studies, Phase 1A: Colombia, Mexico, Nepal. Report for the GAR 2011, Bogotá, D.C.
- ERN-AL, Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales – América Latina, (2011). Modelación Probabilista de Riesgos Naturales a Nivel Global: La Curva Híbrida de Excedencia de Pérdidas - Desarrollo Metodológico e Implementación de Casos de Estudio, Fase 1A: Colombia, México y Nepal. Informe para el GAR 2011, Bogotá, D.C.
- ERN-COL, Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales – Colombia, (2006). Recursos económicos necesarios, posibles fuentes de financiación y estrategias de transferencia y retención del riesgo de desastre en Bogotá D.C. Informe del proyecto Estimación de pérdidas económicas para diferentes escenarios de riesgo en edificaciones públicas y privadas en Bogotá y análisis económico del riesgo residual en el distrito capital de Bogotá. Banco Mundial, Fonade, MAVDT. Bogotá.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (2009). Estadísticas de los Sistemas Estatales de Innovación, Vol.1 y Vol. 2.

- Grier Robin, Kevin B. Grier.(2006). On the real effects of inflation and inflation uncertainty in Mexico, *Journal of Development Economics* 80, pp. 478– 500
- Honohan Patrick and Daniela Klingebiel.(2000). Controlling the Fiscal Costs of Banking Crises, *POLICY RESEARCH WORKING PAPER 2441*, The World Bank.
- IDEA (2005). Indicators of Disaster Risk and Risk Management, Universidad Nacional de Colombia e Inter-American Development Bank, Bogotá Colombia. Disponible en: <http://idea.unalmz.edu.co>
- Islam Nazrul. (1995). “Growth empirics: A Panel Data Approach”, *Quarterly Journal of Economics*, pp.1127-1165.
- Jaramillo Christian R. H.(2009). Do natural disasters have long-term effects on growth?, *Documento CEDE*, 24.
- Jiménez Juan Pablo y Andrea Podesta. (2009). Inversión, Incentivos fiscales y gastos tributarios en América Latina, *CEPAL Serie Macroeconomía del Desarrollo*, 77.
- Loayza Norman, Eduardo Olaberría, Jamele Rigolini, Luc Christiaensen.(2009). Natural Disasters and Growth – Going beyond the Averages, *Policy Research Working Paper 4980*, BID.
- López Martha P.(2001) Seigniorage and the Welfare Cost of Inflation in Colombia, *ESPE*,39, pp.115-131
- Mankiw N. G, David Romer, David N. Weil. (1992). “A Contribution to the empirics of economic growth”, *Quarterly Journal of Economics*, pp.407-437.
- PNUD (2003). 10 años de desarrollo humano en Colombia, DNP, Agencia Colombiana de Cooperación Internacional y Programa Nacional del Desarrollo Humano, Bogotá Colombia.
- Vallejo Guillermo (1995). *Diseño de series temporales interrumpidas*, Ariel, Barcelona.
- Wei William W. S (1990). *Time Series Analysis*, Addison Wesley Publishing, New York.
- Wooldridge Jeffrey (2002). *Econometric Analysis of cross section and panel data*, MIT Press.