



# INDICADORES DE RIESGO DE DESASTRE Y DE GESTIÓN DE RIESGOS

Informe Técnico Principal



Universidad Nacional de Colombia - Manizales  
Instituto de Estudios Ambientales  
Banco Interamericano de Desarrollo

Crédito imágenes: La Tierra (EERI). Volcán Galeras; construcción ilegal en zona urbana; estabilización de taludes en Manizales, Colombia; refuerzo sismo resistente; salón de clases; (O. D. Cardona).

# **SISTEMA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE**

PROGRAMA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

INFORME TÉCNICO PRINCIPAL

Estudio coordinado por

**Instituto de Estudios Ambientales**



**Universidad Nacional de Colombia**

Manizales

**Inter-American Development Bank**

Washington, D. C.

**Sustainable Development Department**

**Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales**  
**Instituto de Estudios Ambientales – IDEA**

Cardona, Omar Darío / IDEA

Sistema de Indicadores para la Gestión del Riesgo de Desastre : Programa para América Latina y el Caribe;  
Informe Técnico Principal / Omar Darío Cardona A., IDEA

p. cm.

“Un informe técnico del proyecto sobre indicadores de riesgo y gestión del riesgo de desastre”—

t.p. verso.

Text in English and Spanish, back-to-back and reversed.

Includes bibliographical references.

1. Emergency management—Latin America. 2. Risk assessment—Latin America. 3. Risk management—Latin America. 4. Emergency management—Caribbean Area. 5. Risk assessment—Caribbean Area. 6. Risk management—Caribbean Area. I. Inter-American Development Bank. Sustainable Development Dept. Environment Div.

© Instituto de Estudios Ambientales - IDEA

Este documento presenta los detalles técnicos y resultados del proyecto sobre indicadores de gestión de riesgos financiado por el BID, operación ATN/JF-7907-RG, y coordinado por Omar Darío Cardona A. del Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. El proyecto fue diseñado por Caroline Clarke y Kari Keipi del BID y financiado con recursos del Fondo Especial Japonés.

Las opiniones expresadas en este documento son las de los autores y participantes y no necesariamente reflejan la posición oficial del Banco Interamericano de Desarrollo y del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

Julio 2005

Esta publicación puede obtenerse dirigiéndose a:

Instituto de Estudios Ambientales – IDEA

Universidad Nacional de Colombia

Campus Palogrande,

Manizales, Colombia.

Email: [idea@nevado.manizales.unal.edu.co](mailto:idea@nevado.manizales.unal.edu.co)

Fax +57 1 8863182

Sitio Web: Esta publicación puede ser consultada en: <http://idea.unalmzl.edu.co>

División de Medio Ambiente

Departamento de Desarrollo Sostenible

1300 New York Avenue, N.W.

Washington, D.C. 20577

Email: [infoenv@iadb.org](mailto:infoenv@iadb.org)

Fax: 202-623-1786

Sitio Web: [www.iadb.org/sds/env](http://www.iadb.org/sds/env)

**Jorge Eduardo Hurtado Gómez**  
Vicerrector

**Fernando Mejía Fernández**  
Director IDEA

---

Indicadores de Gestión del Riesgo de Desastre – Equipo de Proyecto

---

**Omar Darío Cardona Arboleda**  
Director del Proyecto

**Álvaro Martín Moreno R.**  
Investigador CID

**Gonzalo Duque Escobar**  
Investigador IDEA

**Fernando Ramírez G.**  
Investigador Asociado

**Lina María López J.**  
Asistente de Investigación

**Ann Catherine Chardon**  
Investigadora IDEA

**Gabriel Jaime Cardona A.**  
Investigador Asociado

**Mabel Cristina Marulanda F.**  
Asistente de Investigación

**Juan Pablo Londoño L.**  
Asistente de Investigación

**Luz Stella Velásquez B.**  
Investigadora IDEA

**Samuel Darío Prieto R.**  
Investigador Asociado

**Dora Catalina Suárez O.**  
Asistente de Investigación

**Juan Leonardo González P.** Asistente de Investigación

---

Asesores / Revisores Pares y Asistentes Internacionales

---

**Allan M. Lavell**  
UK – Costa Rica

**Charlotte Benson**  
UK- Malasia

**Louise K. Comfort**  
USA

**Alex H. Barbat**  
CIMNE España

**Martha Liliana Carreño T.**  
Asistente de Investigación

**Ben Wisner**  
USA

**Philippe Masure**  
Francia

**Terry Cannon**  
UK

**Luis Eduardo Yamín**  
CEDERI Colombia

**César Augusto Velásquez**  
Asistente de Investigación

**Jairo Andrés Valcarcel**  
Asistente de Investigación

**Lino Briguglio**  
Malta

**Ian Davis**  
UK

**Giuseppe Munda**  
España

**Mario G. Ordaz**  
II-UNAM México

**Sandra Santa-Cruz**  
Asistente de Investigación

**Antonio Zeballos**  
Asistente de Investigación

---

Asesores de los Países Participantes

---

**Antonio Arenas**  
El Salvador

**Jorge Olarte**  
Perú

**Jeannette Fernández**  
Ecuador

**Elizabeth Mansilla**  
México

**Laura Acquaviva**  
Argentina

**Sina del Rosario Cabral**  
República Dominicana

**Rubén Boroschek**  
Chile

**Guillermo Pichardo**  
República Dominicana

**Barbara Carby**  
Jamaica

---

Banco Interamericano de Desarrollo

---

**Caroline Clarke**  
Especialista Senior RE2

**Kari Keipi**  
Especialista Senior SDS

**Jairo Salgado**  
Especialista Sectorial Bogotá

## ABREVIATURAS

<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>CAPRADE</b>	Comité Andino de Prevención y Atención de Desastres
<b>CDERA</b>	Caribbean Disaster Emergency Response Agency (Agencia del Caribe de Respuesta de Emergencia para Desastres)
<b>CEPREDENAC</b>	Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central
<b>CEDERI</b>	Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos, de la Universidad de Los Andes, Colombia.
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
<b>CID</b>	Centro de Investigaciones para el Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá
<b>CIMNE</b>	Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña
<b>EERI</b>	Earthquake Engineering Research Institute (Instituto de Investigaciones en Ingeniería Sísmica)
<b>EMC</b>	Evento Máximo Considerado
<b>EMI</b>	Earthquakes and Megacities Initiative (Iniciativa sobre Terremotos y Megaciudades)
<b>EIRD</b>	Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres
<b>HABITAT</b>	Centro de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos
<b>IDEA</b>	Instituto de Estudios Ambientales, de la Universidad Nacional de Colombia
<b>IDD</b>	Índice de déficit por desastre
<b>IDL</b>	Índice de desastres locales
<b>IGR</b>	Índice de gestión de riesgos
<b>IVP</b>	Índice de vulnerabilidad prevalente
<b>II-UNAM</b>	Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
<b>LA RED</b>	Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina
<b>OEA</b>	Organización de los Estados Americanos
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>PAJ</b>	Procedimiento Analítico Jerárquico
<b>PML</b>	Probable Maximum Loss (Pérdida máxima probable)
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>UNC</b>	Universidad Nacional de Colombia
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	1
<b>1. Descripción General</b>	
1.1 Índice de déficit por desastre.....	5
1.2 Índice de desastres locales.....	7
1.3 Índice de vulnerabilidad prevalente.....	8
1.4 Índice de gestión del riesgos.....	12
1.5 Indicadores a nivel subnacional y urbano.....	14
1.6 Información adicional.....	16
<b>2. Fundamentos técnicos</b>	
2.1 Índice de déficit por desastre.....	17
2.2 Índice de desastres locales.....	33
2.3 Índice de vulnerabilidad prevalente.....	60
2.4 Índice de gestión del riesgos.....	84
2.5 Indicadores a nivel subnacional y urbano.....	103
<b>3. Recolección de la información</b>	
3.1 Datos para estimar el IDD.....	113
3.2 Datos para estimar el IDL.....	120
3.3 Datos para estimar el IVP.....	121
3.4 Datos para estimar el IGR.....	127

#### **4. Resultados de la aplicación**

4.1 Índice de déficit por desastre.....	137
4.2 Índice de desastres locales.....	150
4.3 Índice de vulnerabilidad prevalente.....	158
4.4 Índice de gestión del riesgos.....	173
4.5 Indicadores a nivel urbano.....	184
4.6 Conclusiones.....	191

#### **5. Comentarios, críticas y sugerencias para futuros desarrollos**

5.1 Fortalezas y beneficios desde la perspectiva de los revisores pares.....	193
5.2 Críticas, comentarios y respuestas del equipo del proyecto sobre el IDD.....	194
5.3 Comentarios y críticas para el IDL, IVP y RMI.....	205
5.4 Problemas con la calidad, accesibilidad y consistencia de la información.....	210
5.5 Análisis futuros e interpretación de resultados.....	213
<b>6. Referencias.....</b>	<b>217</b>



# INTRODUCCIÓN

El riesgo de desastre no sólo depende de la posibilidad que se presenten eventos o fenómenos naturales intensos, sino también de las condiciones de vulnerabilidad que favorecen o facilitan que se desencadenen desastres cuando se presentan dichos fenómenos. La vulnerabilidad está íntimamente ligada a los procesos sociales que se desarrollan en las áreas propensas y usualmente tiene que ver con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de la población ante amenazas de diferente índole. En otras palabras, los desastres son eventos socioambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del riesgo. Por lo tanto, su reducción debe hacer parte de los procesos de toma de decisiones, no sólo en el caso de reconstrucción post-desastre, sino también en la formulación de políticas públicas y la planificación del desarrollo. Por esta razón, es necesario fortalecer el desarrollo institucional y estimular la inversión para la reducción de la vulnerabilidad con fines de contribuir al desarrollo sostenible de los países.

Ahora bien, para corregir las causas del riesgo mediante acciones de intervención de la vulnerabilidad y mediante el fortalecimiento de la capacidad de gestión del riesgo en todas sus modalidades y ámbitos, es necesario identificar y reconocer el riesgo existente y las posibilidades de generación de nuevos riesgos desde la perspectiva de los desastres naturales. Esto implica dimensionar o medir el riesgo y monitorearlo con el fin de determinar la efectividad y eficiencia de las medidas de intervención, sean estas tanto correctivas como prospectivas. La evaluación y seguimiento del riesgo es un paso ineludible para su reconocimiento por parte de los diversos actores sociales y los órganos de decisión responsables de la gestión. Es decir, es necesario hacer manifiesto el riesgo, socializarlo e identificar sus causas. En consecuencia, dicha evaluación y seguimiento debe realizarse utilizando herramientas apropiadas e idóneas que faciliten la comprensión del problema y orienten la toma de decisiones. El propósito del sistema de indicadores aquí propuesto es dimensionar la vulnerabilidad y el riesgo, usando índices relativos a escala nacional, para facilitar a los tomadores de decisiones de cada país tener acceso a información relevante que les permita identificar y proponer acciones efectivas de gestión del riesgo, considerando aspectos macroeconómicos, sociales, institucionales y técnicos. Este sistema de indicadores permite representar el riesgo y su gestión a escala nacional, facilitando la identificación de los aspectos esenciales que lo caracterizan desde una perspectiva económica y social, así como también comparar estos aspectos o el riesgo mismo de los diferentes países estudiados.

Para que sea de fácil utilización, la formulación de un sistema de indicadores de esta índole debe estar basada en un número menor de indicadores factibles que reflejen aspectos relevantes y orientadores del tipo de acción que se debe llevar a cabo por los tomadores de decisiones a nivel nacional. Esto implica, en general, que es necesario identificar variables inevitablemente agregadas, gruesas o promedio. El alcance del método aquí expuesto es de carácter nacional, sin embargo se ha realizado una evaluación a nivel subnacional y otra a nivel urbano mediante un enfoque metodológico y conceptual similar para ilustrar la aplicación del modelo a nivel regional y local. La meta de este programa de investigación ha sido depurar y aplicar una metodología en un amplio número de países, capturando diferentes aspectos (económicos, sociales, de resiliencia, etc.) que permitan realizar un análisis de la situación de riesgo y de la gestión de riesgo en cada país. Se propone un sistema de indicadores que refleje de manera integral el riesgo y la gestión del riesgo en términos relativos y comparativos. De acuerdo con lo establecido en la formulación del programa, el método propuesto debe contribuir, a escala nacional, a lograr tres objetivos.

*Primero*, mejorar el uso y la presentación de información sobre riesgos, con el fin de ayudar a los responsables de formular políticas públicas a identificar las prioridades de inversión en reducción (prevención/mitigación) del riesgo y dirigir el proceso de recuperación después de un desastre.

*Segundo*, suministrar los medios necesarios para que puedan medir los elementos fundamentales de la vulnerabilidad de los países ante fenómenos naturales y su capacidad de gestión de riesgos, así como los parámetros comparativos para evaluar los efectos de sus políticas e inversiones en el desempeño de la gestión del riesgo.

*Tercero*, fomentar el intercambio de información técnica para la formulación de políticas y programas de gestión de riesgo en la región.

El sistema de indicadores resultado del programa BID-IDEA que aquí se describe es un enfoque holístico de evaluación (Cardona 2001; 2003), que debido a su flexibilidad y posible compatibilidad con otros enfoques de evaluación específica, será con el tiempo cada vez más utilizado y aceptado como una de las mejores opciones para la representación de las situaciones de riesgo y de gestión del riesgo, debido a su naturaleza compleja e imprecisa. Su fortaleza está en la posibilidad de desagregar los resultados e identificar los factores hacia los cuales se deben orientar las acciones de gestión del riesgo, con el fin de valorar su efectividad. Su objetivo principal es estimular la toma de decisiones —es decir, que el concepto que lo subyace es el control— y no la evaluación precisa del riesgo, que comúnmente se soporta en el concepto de verdad física.

De esta manera este programa de investigación contribuye a llenar un importante vacío de información para la toma de decisiones por parte de organismos nacionales relacionados con aspectos financieros, económicos, ambientales, de salud pública, ordenamiento territorial, vivienda e infraestructura. Los países contarán con una herramienta de monitoreo y promoción para el desarrollo de su capacidad de gestión de riesgos, además de tener la posibilidad de observar a lo largo del tiempo su posición relativa y compararse con otros países en la región. Igualmente, el Banco Interamericano de Desarrollo podrá contar con una importante herramienta para orientar su diálogo de política y para la programación de su asistencia en gestión de riesgos a los países miembros. Este programa contribuye a los propósitos de su plan de acción propuesto en el año 2000 y, en particular, a lograr avances en el objetivo de "Evaluar los métodos vigentes de estimación de riesgos, establecer indicadores de vulnerabilidad y del progreso en su reducción, y estimular la producción y difusión amplia de información sobre riesgos". Esto corresponde a uno de sus campos estratégicos, es decir, la información sobre riesgos para facilitar la toma de decisiones (Clarke y Keipi, 2000). Igualmente hace parte del nuevo Plan de Acción del Banco 2005-2008 para mejorar la gestión del riesgo de desastres en América Latina y el Caribe.

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Para la gestión del riesgo de los desastres es necesario “dimensionar” el riesgo. Medir el riesgo significa tener en cuenta, no solamente el daño físico esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales. Parte de las dificultades para lograr una gestión efectiva del riesgo de los desastres ha sido la ausencia de un adecuado marco conceptual que facilite su evaluación y su intervención desde una perspectiva multidisciplinaria. La mayoría de los índices y las técnicas de evaluación existentes no expresan el riesgo en el lenguaje de los diversos tomadores de decisiones y no se fundamentan en un enfoque holístico que invite a su intervención.

Es necesario hacer “manifiesto el riesgo” en forma diferente ante los órganos de decisión responsables de la economía, el ambiente, la vivienda, la infraestructura, la agricultura, o la salud, por mencionar algunos. No es lo mismo, por ejemplo, hacerlo para un alcalde o una comunidad local que para una autoridad gubernamental del orden nacional. Si no se hace manifiesto el riesgo de manera que logre preocupar al actor involucrado, no se logrará avanzar decididamente en la reducción del riesgo de los desastres.

Obviamente, el riesgo en una escala social o territorial micro es más detallado, mientras que, si se trata del nivel macro, los detalles se pierden. Sin embargo, la toma de decisiones y la necesidad de información en cada nivel es realmente diferente ya que los actores sociales y los interesados en general no son los mismos. Por lo tanto, es necesario contar con herramientas apropiadas de evaluación para facilitar la comprensión del problema y orientar la toma de decisiones; es fundamental entender cómo surge la vulnerabilidad, cómo crece y cómo se acumula. Por otra parte, es necesario también evaluar el “desempeño” de la gestión del riesgo para que los tomadores de decisiones puedan tener acceso a información relevante y puedan así identificar o proponer políticas y acciones factibles.

Desde el punto de vista conceptual, técnico-científico y numérico, es un desafío mayor medir el riesgo y la gestión de riesgos a causa de fenómenos naturales mediante un sistema de indicadores transparentes, representativos y robustos, de fácil comprensión por parte de los responsables de formular políticas públicas a nivel nacional, que pueda aplicarse en forma periódica y que permita la agrupación y comparación entre países. Cualquier método que se intente tendrá limitaciones mayores o menores, según sea el punto de vista del que se lo examine. Esto se debe, por una parte, a la complejidad de lo que se espera reflejar y medir y, por otra, debido a que existen características deseables enfrentadas y mutuas restricciones de lo que es factible de realizar. La aceptación, por ejemplo, de ciertos enfoques o criterios de simplificación, comprensión y transparencia, debido a la facilidad de uso, la ausencia de datos o la inherente baja resolución de la información, significa el sacrificio de algunas características técnico-científicas o econométricas, como la exactitud y la completitud, consideradas por algunos como deseables e incluso como ineludibles cuando de riesgo se trata. Teniendo en cuenta los fundamentos conceptuales desarrollados en este programa de investigación (Cardona *et al.*, 2003a) se propone el desarrollo de un sistema de indicadores de riesgo que represente la situación de cada país en términos de vulnerabilidad y gestión.

Teniendo en cuenta lo anterior, el principal objetivo de este programa es facilitar a los tomadores de decisiones a nivel nacional el acceso a información relevante sobre el riesgo y su gestión, que les permita identificar y proponer políticas y acciones efectivas. El sistema de indicadores que aquí se propone permite la comparación de cada país en diferentes periodos, de 1980 a 2000, y comparaciones entre países en forma sistemática y cuantitativa. Esto facilitará la utilización de un enfoque que, al estar basado en datos, sea más analítico y riguroso en la toma de decisiones en gestión de riesgos. Este sistema de indicadores permite representar el riesgo a escala nacional,<sup>1</sup> facilitando la identificación de aspectos esenciales que lo caracterizan, desde una perspectiva económica y social. Su uso también hace posible evaluar el desempeño de la gestión del riesgo en los diferentes países estudiados con el fin de establecer objetivos de desempeño que mejoren la efectividad de la gestión.

Básicamente este sistema de indicadores intenta representar una serie de factores de riesgo, que deben minimizarse mediante políticas y acciones de reducción de la vulnerabilidad y la maximización de la resiliencia o capacidad para enfrentar y recuperarse de los impactos de los fenómenos peligrosos. Dichos factores están representados, en su mayoría, por indicadores o variables existentes en bases de datos conocidas en el contexto internacional. Por la falta de parámetros, no es posible en este sistema evadir la necesidad de proponer indicadores cualitativos, valorados con escalas subjetivas debido a la naturaleza de los aspectos que se evalúan, como es el caso de los indicadores relacionados con la gestión de riesgos. La ponderación –o peso– de los indicadores que constituyen algunos índices se ha realizado con base en el criterio de expertos y de representantes de las instituciones involucradas de cada país, analizando y utilizando técnicas numéricas consistentes desde el punto de vista teórico y estadístico. Cada índice tiene asociado un número de variables que se han medido empíricamente. La selección de las variables se hizo teniendo en cuenta varios factores que incluyen: cobertura del país, la validez de los datos, la relevancia directa con el aspecto que los indicadores intentan medir y la calidad. Donde fue posible se intentó realizar medidas directas de los aspectos que se deseaban capturar. En algunos casos hubo que emplear *proxies*. En general se buscaron variables con amplia cobertura en los países, pero en algunos casos se acordó hacer uso de algunas variables con poca cobertura si lo que representaban eran aspectos importantes del riesgo que de otra forma se perderían.

Se proponen indicadores transparentes, relativamente fáciles de valorar periódicamente y de fácil comprensión por parte de los responsables de la formulación de políticas públicas. Su agrupación en cuatro componentes, o índices compuestos, refleja los principales elementos que representan la vulnerabilidad y el desempeño de cada país en materia de gestión de riesgos. Los cuatro indicadores son el Índice de Déficit por Desastre (*IDD*), el Índice de Desastres Locales (*IDL*), el Índice de Vulnerabilidad Prevalente (*IVP*), y el Índice de Gestión de Riesgo (*IGR*).

El *índice de déficit por desastre* refleja el riesgo del país en términos macroeconómicos y financieros ante eventos catastróficos probables, para lo cual es necesario estimar la situación de impacto más crítica en un tiempo de exposición, definido como referente, y la capacidad financiera del país para hacer frente a dicha situación.

El *índice de desastres locales* captura la problemática de riesgo social y ambiental que se deriva de los eventos frecuentes menores que afectan de manera crónica el nivel local y subnacional,

---

<sup>1</sup> También se ha realizado una aplicación demostrativa en un país para ilustrar el uso de esta metodología a nivel subnacional y urbano.

impactando, en particular, a los estratos socioeconómicos más frágiles de la población y generando un efecto altamente perjudicial para el desarrollo del país.

El *índice de vulnerabilidad prevalente* está constituido por una serie de indicadores que caracterizan las condiciones predominantes de vulnerabilidad del país en términos de exposición en áreas propensas, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia social en general.

El *índice de gestión de riesgo* corresponde a un conjunto de indicadores relacionados con el desempeño de la gestión de riesgos del país, que reflejan su organización, capacidad, desarrollo y acción institucional para reducir la vulnerabilidad y las pérdidas, prepararse para responder en caso de crisis y de recuperarse con eficiencia.

De esta forma, el sistema de indicadores cubre diferentes perspectivas de la problemática de riesgos de cada país y tiene en cuenta aspectos como: condiciones de daño o pérdidas potenciales debido a la probabilidad de eventos extremos, desastres o efectos sufridos de manera recurrente, condiciones socioambientales que facilitan que se presenten desastres, capacidad de recuperación económica, desempeño de servicios esenciales, capacidad institucional y efectividad de los instrumentos básicos de la gestión de riesgos, como la identificación de riesgos, la prevención-mitigación, el uso de mecanismos financieros y de transferencia de riesgo, el grado de preparación y reacción ante emergencias y la capacidad de recuperación.

Desde el punto de vista numérico el índice de déficit por desastre es un índice sintético de relación de indicadores de tipo deductivo, que depende de la modelación simplificada del riesgo físico en función de una amenaza extrema factible (previsión científica). Por otra parte, el índice de desastres locales es un índice sintético de relación de indicadores de tipo inductivo, relacionado con el impacto de eventos históricos con sus diferentes niveles de severidad (memoria). Por otra parte tanto el índice de vulnerabilidad prevalente como el de gestión de riesgos son índices compuestos de agregación de indicadores cuantitativos y cualitativos respectivamente. Estos índices han sido elaborados con una técnica multi-atributo y sus indicadores componentes se han relacionado y ponderado cuidadosamente. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los índices antes mencionados. Una descripción detallada se presenta más adelante.

## **1.1 Índice de déficit por desastre (IDD)**

Este índice se relaciona con la pérdida económica que el país analizado podría sufrir cuando se enfrenta a la ocurrencia de un evento catastrófico y sus implicaciones en términos de los recursos que se requieren para atender la situación. Esto significa realizar un análisis predictivo, basado en evidencias históricas y científicas, y el dimensionamiento del valor de los elementos probablemente afectados. El *IDD* corresponde a la relación entre la demanda de fondos económicos contingentes o pérdida económica directa que debe asumir el sector público a causa de un Evento Máximo Considerado, (*EMC*)<sup>2</sup> y la resiliencia económica presente de dicho sector, correspondiente a la disponibilidad o acceso a fondos internos o externos del país para restituir el inventario físico afectado.

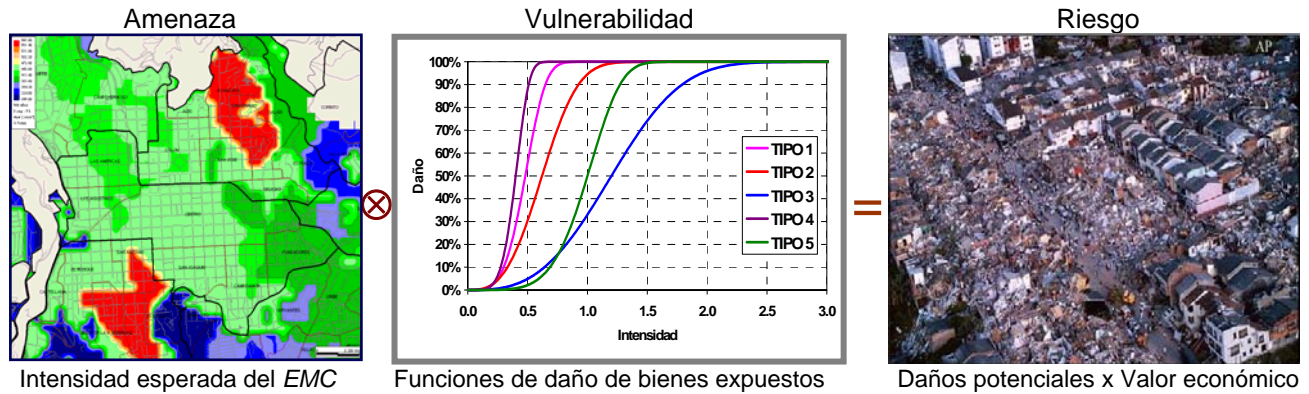
---

<sup>2</sup> Al igual que en la industria aseguradora se define un nivel de referencia (la pérdida máxima probable, PML en inglés) para estimar pérdidas factibles, (ASTM, 1999; Ordaz, 2002).

$$IDD = \frac{\text{Pérdida por el EMC}}{\text{Resiliencia Económica}} \quad (1.1)$$

Las pérdidas potenciales (numerador del índice) se calculan mediante un modelo que tiene en cuenta, por un parte, diferentes amenazas, –que se calculan en forma probabilística de acuerdo con el registro histórico de las intensidades de los fenómenos que las caracterizan– y, por otra parte, la vulnerabilidad física actual que presentan los elementos expuestos ante dichos fenómenos. La figura 1.1 presenta un diagrama que ilustra la manera como se obtiene el *IDD*.

**Figura 1. 1 Diagrama para el cálculo del IDD**



$$IDD = \frac{\text{Pérdida por el EMC}}{\text{Resiliencia Económica}}$$

Descripción	Indicadores
Pagos de seguros y reaseguros	$F_1^p$
Fondos de reservas para desastres	$F_2^p$
Posibles ayudas y donaciones	$F_3^p$
Posibles nuevos Impuestos	$F_4^p$
Posible reasignación presupuestal	$F_5^p$
Posible crédito externo	$F_6^p$
Posible crédito interno	$F_7^p$

La resiliencia económica (el denominador del índice) representa los posibles fondos internos o externos que frente al daño el gobierno como responsable de la recuperación o propietario de los bienes afectados puede acceder en el momento de la evaluación. El acceso a dichos fondos tiene restricciones y costos asociados por lo cual es necesario estimarlos como valores factibles de acuerdo con las condiciones macroeconómicas y financieras de cada país. En esta evaluación se han tenido en cuenta: el *pago de seguros y reaseguros* que aproximadamente recibiría el país por los bienes y la infraestructura asegurada del gobierno; las *reservas disponibles en fondos para desastres* con los que cuenta el país en el año de la evaluación; los valores que puede recibirse como *ayudas y donaciones*, tanto públicas como privadas, nacionales como internacionales; el valor posi-

ble de *nuevos impuestos* que el país podría recaudar adicionalmente en caso de un desastre mayor; la estimación del *margen de reasignación presupuestal* que tiene el país, que usualmente corresponde al margen de gastos discrecionales del gobierno; el valor factible de *crédito externo* que puede obtener el país con los organismos multilaterales y en el mercado de capitales en el exterior; y el *crédito interno* que puede obtener el país con los bancos comerciales y en algunos casos con el banco central, cuando es legal obtener préstamos del mismo.

Un *IDD* mayor que 1.0 significa incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos, aun cuando aumente al máximo su deuda. A mayor *IDD* mayor es el déficit. Si existen restricciones para el endeudamiento adicional esta situación implicaría la imposibilidad de recuperarse.

De manera complementaria y para facilitar poner en contexto el *IDD* se ha propuesto un indicador colateral adicional *IDD'* que ilustra qué porción anual del Gasto de Capital (GC) del país corresponde a la pérdida anual esperada o prima pura de riesgo. Es decir qué porcentaje del presupuesto de inversión sería el pago anual por desastres futuros.

$$IDD' = \frac{\text{Pérdida anual esperada}}{\text{Gasto anual de capital}} \quad (1.2)$$

El valor de la prima pura es equivalente a la inversión o ahorro promedio anual que tendría que hacer el país para cubrir aproximadamente sus pérdidas por desastres futuros.

Estos indicadores permiten dimensionar de una manera sencilla la exposición fiscal y el déficit potencial (o pasivos contingentes) del país a causa de desastres extremos. Permiten a los tomadores de decisiones del nivel nacional tener una dimensión del problema presupuestal que tendría el país y la necesidad de considerar este tipo de cifras en la planificación financiera (Freeman *et al.* 2002a). Estos resultados ratifican la necesidad de identificar y proponer posibles políticas y acciones efectivas, como la protección financiera del Estado mediante mecanismos de transferencia de riesgos utilizando los seguros y reaseguros o el mercado de capitales; el incentivo del aseguramiento de los inmuebles públicos y privados; el establecimiento de fondos de reservas con base en criterios sanos de retención de pérdidas; la contratación de créditos contingentes y, en particular, la necesidad de invertir en medidas estructurales (*retrofitting*) y no estructurales de prevención y mitigación para reducir los daños y pérdidas y, de esta manera, el impacto económico futuro de los desastres.

## 1.2 Índice de desastres locales (IDL)

El objetivo de este índice es captar qué tan propenso es el país a la ocurrencia de desastres menores y el impacto acumulativo que causa este tipo de eventos al desarrollo local. Este índice intenta representar la variabilidad y dispersión espacial del riesgo al interior del país como resultado de eventos menores y recurrentes obtenidos de la base de datos DesInventar.<sup>3</sup> Este enfoque considera la importancia que para un país tiene la frecuente ocurrencia de eventos de escala menor, que rara vez entran en las bases de datos de desastres internacionales, en incluso nacionales, pero que plantea problemas de desarrollo serios y acumulativos para el nivel local y, dado su probable impacto de

---

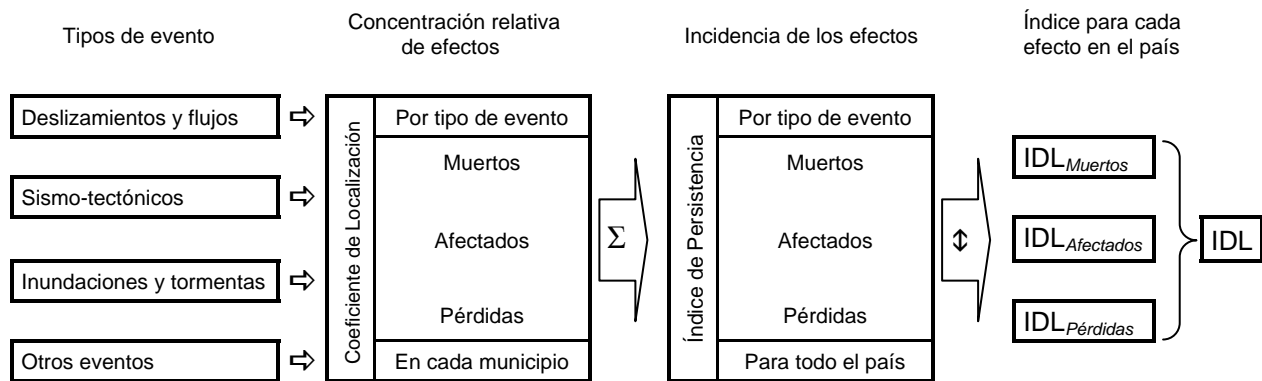
<sup>3</sup> Base de datos implementada por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina.

generalizado, para el país como un todo. Dichos eventos, que pueden ser el resultado de procesos socio-naturales asociados con el deterioro ambiental (Lavell 2003a/b), están relacionados con fenómenos persistentes o crónicos, como deslizamientos, avalanchas, inundaciones, incendios forestales, sequías y también terremotos, huracanes y erupciones volcánicas de menor escala. El *IDL* lo constituye la suma de tres subindicadores calculados con base en las cifras de personas fallecidas, personas afectadas y pérdidas en cada municipio del país:

$$IDL = IDL_{Muertos} + IDL_{Afectados} + IDL_{Pérdidas} \quad (1.3)$$

El *IDL* es un índice que capta de manera simultánea la incidencia y la uniformidad de la distribución de efectos a nivel local, es decir da cuenta del peso relativo y la persistencia de los efectos causados por los diferentes fenómenos que originan desastres en la escala municipal. Un mayor valor relativo del *IDL* significa una mayor regularidad de la magnitud y la distribución de los efectos entre todos los municipios de un país, debido a los diferentes tipos de fenómeno que los originan. Un menor valor del *IDL* significa baja distribución espacial de los efectos entre los municipios donde se han presentado eventos. La figura 1.2 ilustra esquemáticamente como se obtiene el *IDL* de un país con base en la información sobre eventos en cada municipio.

**Figura 1. 2 Estimación del IDL**



De manera complementaria, se ha formulado un *IDL'* que mide la concentración de efectos a nivel municipal de las pérdidas (daño físico directo) agregadas para todos los eventos en el país. Este indicador da cuenta de la disparidad del riesgo entre los municipios. Un valor *IDL'* cercano a 1.0 significa que muy pocos municipios concentran la mayoría de las pérdidas registradas en el país.

Estos índices son útiles para los analistas económicos y los funcionarios sectoriales, encargados de promover las políticas de desarrollo rural y urbano, porque pueden poner en evidencia la persistencia y acumulación de efectos de los desastres menores; estimular que se tengan en cuenta los problemas de riesgo en el ordenamiento territorial a nivel local y en la intervención y protección de cuencas hidrográficas; justificar la transferencia de recursos al nivel local con fines específicos de gestión de riesgos y la conformación de redes de seguridad social.

### 1.3 Índice de vulnerabilidad prevalente (IVP)

Este índice caracteriza las condiciones predominantes de vulnerabilidad del país en términos de exposición en áreas propensas, fragilidad socio-económica y falta de resiliencia; aspectos que favorecen el impacto físico directo y el impacto indirecto e intangible en caso de presentarse un fe-



nómeno peligroso. Este índice es un indicador compuesto que intenta caracterizar, con fines de comparación, una situación o *pattern* de un país. Las condiciones de vulnerabilidad inherente<sup>4</sup> ratifican la relación del riesgo con el desarrollo (PNUD 2004) en la medida que las condiciones (de vulnerabilidad) que subyacen la noción de riesgo son, por una parte, problemas causados por un proceso de inadecuado crecimiento y, por otra, porque son deficiencias que se pueden intervenir mediante procesos adecuados de desarrollo. Por lo tanto, aunque los indicadores que aquí se proponen reflejan reconocidos aspectos del desarrollo (Holzmann y Jorgensen 2000; Holzmann 2001), aquí se presentan desde la perspectiva de capturar circunstancias que favorecen el impacto físico directo (exposición/susceptibilidad) y el impacto indirecto y en ocasiones intangible (fragilidad socio-económica y falta de resiliencia) de los fenómenos peligrosos factibles (Masure 2003; Davis 2003). El *IVP* es el promedio de estos tres tipos de indicadores:

$$IVP = (IVP_{Exposición} + IVP_{Fragilidad} + IVP_{-R.resiliencia}) / 3 \quad (1.4)$$

Los indicadores para la descripción del grado de exposición, las condiciones socioeconómicas prevalentes y la falta de resiliencia se han formulado en forma consistente (en forma directa o invertida según el caso) y reconociendo que su influencia explica que se presenten efectos socio-económicos y ambientales adversos cuando se materializa un fenómeno peligroso. Cada aspecto es un conjunto de indicadores que expresa situaciones, causas, susceptibilidades, debilidades o ausencias relativas del país, la región o la localidad que se valora, hacia las cuales se pueden orientar acciones de reducción del riesgo. Los indicadores se identificaron teniendo en cuenta que en lo posible se basen en cifras, índices, tasas o proporciones existentes que provienen de bases de información reconocidas o que existen en cada país.

En el caso de exposición y/o susceptibilidad física ( $IVP_{ES}$ ), los indicadores que cumplen mejor esa función son los que reflejan población susceptible, activos, inversiones, producción, medios de sustento, patrimonios esenciales y actividades humanas (Masure 2003; Lavell 2003b). También pueden considerarse como indicadores de este tipo los que reflejan tasas de crecimiento y densificación poblacional, agrícola o urbana. La figura 1.3 presenta la composición del  $IVP_{ES}$ .

**Figura 1.3 Estimación del  $IVP_{ES}$**

Descripción	Indicador	Peso
Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	ES1	w1
Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	ES2	w2
Densidad poblacional en personas por área (5 km <sup>2</sup> )	ES3	w3
Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$1 diario PPP	ES4	w4
Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>	ES5	w5
Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % del PIB	ES6	w6
Inversión fija interna del gobierno en % del PIB	ES7	w7
Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo	ES8	w8

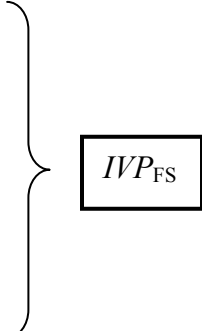
<sup>4</sup> Es decir, condiciones socio-económicas predominantes de las comunidades que favorecen o facilitan que haya efectos en las mismas (Briguglio 2003b).

Estos indicadores son variables que reflejan una noción de susceptibilidad ante la acción de eventos peligrosos, cualquiera que sea la naturaleza y severidad de los mismos. “Estar expuesto y ser susceptible” es una condición necesaria para que exista riesgo. No obstante que, en rigor, sería necesario establecer si la exposición es relevante ante cada tipo de amenaza factible, es posible admitir que ciertas variables constituyen una situación comparativamente adversa, suponiendo que las amenazas naturales existen como un factor externo permanente sin precisar su caracterización.

La fragilidad socio-económica ( $IVP_{FS}$ ), se representa mediante indicadores de pobreza, inseguridad humana, dependencia, analfabetismo, disparidad social, desempleo, inflación, dependencia, deuda y degradación ambiental. Son indicadores que reflejan debilidades relativas o condiciones de deterioro que agravarían los efectos directos causados por fenómenos peligrosos (Cannon 2003; Davis 2003, Wisner 2003). Aunque dichos efectos no necesariamente son aditivos y, en algunos casos, podrían considerarse redundantes o correlacionados su influencia es de especial importancia a nivel económico y social (Benson 2003b). La figura 1.4 presenta la composición del  $IVP_{FS}$ .

**Figura 1.4 Estimación del  $IVP_{FS}$**

Descripción	Indicador	Peso
Índice de pobreza humana, HPI-1	SF1	w1
Dependencia población vulnerable de la población en capacidad de trabajar (15-64)	SF2	w2
Desigualdad social, concentración del ingreso medida con base en el índice de Gini	SF3	w3
Desempleo como % de la fuerza total de trabajo	SF4	w4
Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual	SF5	w5
Dependencia del crecimiento del PIB en la agricultura, en % anual	SF6	w6
Servicio de la deuda en % del PIB	SF7	w7
Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)	SF8	w8



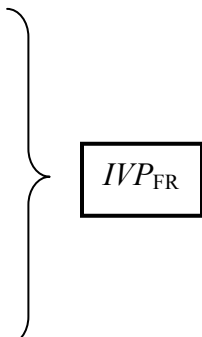
Estos indicadores son variables que captan en general una predisposición adversa e intrínseca de la sociedad ante la acción de fenómenos peligrosos, cualquiera que sea la naturaleza y severidad de estos eventos (Lavell 2003b; Wisner 2003). “Predisposición a ser afectado” es una condición de vulnerabilidad, aunque en rigor sería necesario establecer la relevancia de dicha predisposición ante cada tipo de amenaza factible. Sin embargo, al igual que en la exposición es posible admitir que ciertas variables reflejan una situación comparativamente desfavorable, suponiendo que las amenazas naturales existen como un factor externo permanente sin precisar su caracterización.

Como factor de vulnerabilidad la falta de resiliencia ( $IVP_{FR}$ ), puede representarse en cada nivel mediante el tratamiento complementario o invertido<sup>5</sup> de un amplio número de indicadores relacionados con el nivel de desarrollo humano, el capital humano, la redistribución económica, la gobernabilidad, la protección financiera, la percepción colectiva, la preparación para enfrentar situaciones de crisis y la protección ambiental. Este conjunto de indicadores por sí solos y particularmente desagregados en el nivel local podrían facilitar la identificación y la orientación de las acciones que se deben promover, fortalecer o priorizar para lograr un mayor nivel de seguridad (Cannon 2003; Davis 2003; Lavell 2003a/b; Wisner 2003). La figura 1.5 presenta la composición del  $IVP_{FR}$ .

<sup>5</sup> Se utiliza aquí el símbolo [Inv] para señalar el tratamiento complementario o invertido ( $\neg R = 1 - R$ )

**Figura 1.5 Estimación del  $IVP_{FR}$**

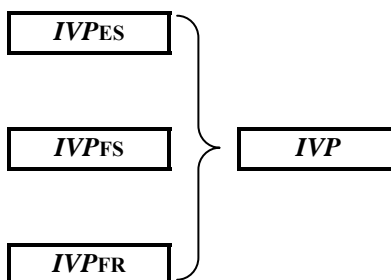
Descripción	Indicador	Peso
Índice de desarrollo humano, DHI [inv]	FR1	w1
Índice de desarrollo relacionado con el género, GDI [inv]	FR2	w2
Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % del PIB [inv]	FR3	w3
Índice de gobernabilidad, modificado de Kaufmann [inv]	FR4	w4
Aseguramiento de infraestructura y vivienda en % del PIB [inv]	FR5	w5
Televisores por cada 1000 habitantes [inv]	FR6	w6
Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [inv]	FR7	w7
Índice de sostenibilidad ambiental, ESI [inv]	FR8	w8



Estos indicadores son variables que captan de manera macro la capacidad para recuperarse o absorber el impacto de los fenómenos peligrosos, cualquiera que sea la naturaleza y severidad de estos eventos (Briguglio 2003b). “No estar en capacidad” de enfrentar con solvencia desastres es una condición de vulnerabilidad, aunque en rigor sería necesario establecerla ante cada tipo de amenaza factible. No obstante, al igual que en la exposición y la fragilidad socio-económica es posible admitir que ciertas variables sociales y económicas (Benson 2003b) reflejan una situación comparativamente desfavorable, suponiendo que las amenazas naturales existen como un factor externo permanente sin precisar su caracterización. Los factores de falta de resiliencia no son tan dependientes o no están tan condicionados por la acción del fenómeno.

En general el  $IVP$  refleja susceptibilidad por el grado de exposición física de bienes y personas,  $IVP_{ES}$ , lo que favorece el impacto directo en caso de eventos peligrosos. Igualmente, refleja condiciones de fragilidad social y económica que favorecen el impacto indirecto e intangible,  $IVP_{FS}$ . Y, también, refleja falta de capacidad para absorber las consecuencias, responder eficientemente y recuperarse,  $IVP_{FR}$ . La reducción de este tipo de factores, objeto de un proceso de desarrollo humano sostenible y de políticas explícitas de reducción de riesgo es uno de los aspectos en los cuales se debe hacer especial énfasis. La figura 1.6 presenta esquemáticamente como se obtiene el  $IVP$ .

**Figura 1. 6 Evaluación del  $IVP$**



La participación del  $IVP$  dentro del sistema de indicadores de riesgo se justifica en la medida en que la ejecución de acciones efectivas de prevención, mitigación, preparación y transferencia de riesgos hace que el riesgo disminuya y por el contrario, cuando estas acciones no existen o no son suficientemente efectivas el riesgo aumenta. Esta evaluación puede ser de utilidad para los ministerios de vivienda y desarrollo urbano, ambiente, agricultura, salud y bienestar social, economía y

planificación. Se ratifica la relación del riesgo con el desarrollo, pero se pone de manifiesto la conveniencia de explicitar las medidas de reducción de riesgos, dado que las acciones de desarrollo no reducen automáticamente la vulnerabilidad.

## 1.4 Índice de gestión de riesgos (IGR)

El objetivo de este índice es la medición del desempeño o *performance* de la gestión del riesgo. Es una medición cualitativa de la gestión con base en unos niveles preestablecidos (*targets*) o referentes deseables (*benchmarking*) hacia los cuales se debe dirigir la gestión del riesgo, según sea su grado de avance. Esto significa establecer una escala de niveles de desempeño (Davis 2003; Masure 2003) o la “distancia” con respecto a ciertos umbrales objetivo o al desempeño obtenido por un país líder considerado como el referente (Munda 2003). Para la formulación del *IGR* se tuvieron en cuenta cuatro políticas públicas:

- a) Identificación del riesgo ( $IR$ ), que comprende la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva;
- b) Reducción del riesgo ( $RR$ ), que involucra propiamente a la prevención-mitigación;
- c) Manejo de desastres ( $MD$ ), que corresponde a la respuesta y la recuperación); y
- d) Gobernabilidad y Protección financiera ( $PF$ ), que tiene que ver con la a transferencia del riesgo y la institucionalidad.

Para cada política pública se han propuesto seis indicadores que caracterizan el desempeño de la gestión en el país. El *IGR* es el promedio de los cuatro indicadores compuestos:

$$IGR = (IGR_{IR} + IGR_{RR} + IGR_{MD} + IGR_{PF}) / 4 \quad (1.5)$$

La valoración de cada indicador se hizo utilizando cinco niveles de desempeño: *bajo*, *incipiente*, *apreciable*, *notable* y *óptimo* que corresponden a un rango de 1 (bajo) a 5 (óptimo), siendo uno el nivel más bajo y cinco el nivel más alto.<sup>6</sup> Este enfoque metodológico permite utilizar cada nivel de referencia simultáneamente como un “objetivo de desempeño” (*target*) y por lo tanto facilita la comparación y la identificación de resultados o logros hacia los cuales los gobiernos deben dirigir sus esfuerzos de formulación, implementación y evaluación de política en cada caso.

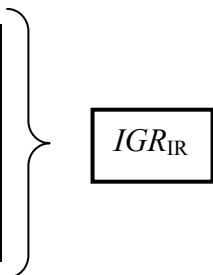
La identificación del riesgo colectivo  $IGR_{IR}$ , en general, comprende la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva. Para poder hacer intervenir el riesgo es necesario reconocerlo, dimensionarlo (medirlo) y representarlo mediante modelos, mapas, índices, etc. que tengan significado para la sociedad y para los tomadores de decisiones. Metodológicamente involucra la valoración de las amenazas factibles, de los diferentes aspectos de la vulnerabilidad de la sociedad ante dichas amenazas y de su estimación como una situación de posibles consecuencias de diferente índole en un tiempo de exposición definido como referente. Su valoración con fines de intervención tiene sentido cuando la población lo reconoce y lo comprende. La figura 1.7 presenta la composición del  $IGR_{IR}$ .

---

<sup>6</sup> Es posible estimar alternativamente el *IGR* como la suma ponderada (pesos) de valores numéricos fijos (1 a 5 por ejemplo), en vez de los conjuntos difusos de valoración lingüística, sin embargo esa simplificación elimina la no linealidad de la gestión del riesgo, obteniéndose resultados menos apropiados.

**Figura 1.7 Estimación del  $IGR_{IR}$**

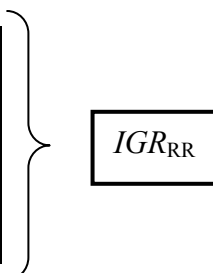
Descripción	Indicador	Peso
Inventario sistemático de desastres y pérdidas	<b>IR1</b>	w1
Monitoreo de amenazas y pronóstico	<b>IR2</b>	w4
Evaluación de amenazas y su representación en mapas	<b>IR3</b>	w5
Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	<b>IR4</b>	w6
Información pública y participación comunitaria	<b>IR5</b>	w7
Capacitación y educación en gestión de riesgos	<b>IR6</b>	w8



La principal acción de gestión de riesgos es la reducción del riesgo,  $IGR_{RR}$ . En general, corresponde a la ejecución de medidas estructurales y no estructurales de prevención/mitigación. Es la acción de anticiparse con el fin de evitar o disminuir el impacto económico, social y ambiental de los fenómenos peligrosos potenciales. Implica procesos de planificación, pero fundamentalmente de ejecución de medidas que modifiquen las condiciones de riesgo mediante la intervención correctiva y prospectiva de los factores de vulnerabilidad existente o potencial, y control de las amenazas cuando eso es factible. La figura 1.8 presenta la composición del  $IGR_{RR}$

**Figura 1.8 Estimación del  $IGR_{RR}$**

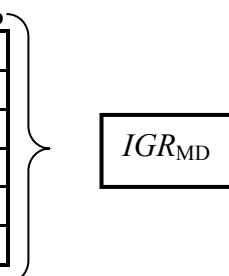
Descripción	Indicador	Peso
Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	<b>RR1</b>	w1
Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	<b>RR2</b>	w4
Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos	<b>RR3</b>	w5
Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos	<b>RR4</b>	w6
Actualización y control de la aplicación de normas y códigos	<b>RR5</b>	w7
Intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados	<b>RR6</b>	w8



El manejo de desastres,  $IGR_{MD}$ , corresponde a la apropiada respuesta y recuperación post desastre, que depende del nivel de preparación de las instituciones operativas y la comunidad. Esta política pública de la gestión del riesgo tiene como objetivo responder eficaz y eficientemente cuando el riesgo ya se ha materializado y no ha sido posible impedir el impacto de los fenómenos peligrosos. Su efectividad implica una real organización, capacidad y planificación operativa de instituciones y de los diversos actores sociales que se verían involucrados en casos de desastre. La figura 1.9 presenta la composición del  $IGR_{MD}$

**Figura 1.9 Estimación del  $IGR_{MD}$**

Descripción	Indicador	Peso
Organización y coordinación de operaciones de emergencia	<b>MD1</b>	w1
Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta	<b>MD2</b>	w4
Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	<b>MD3</b>	w5
Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional	<b>MD4</b>	w6
Preparación y capacitación de la comunidad	<b>MD5</b>	w7
Planificación para la rehabilitación y reconstrucción	<b>MD6</b>	w8

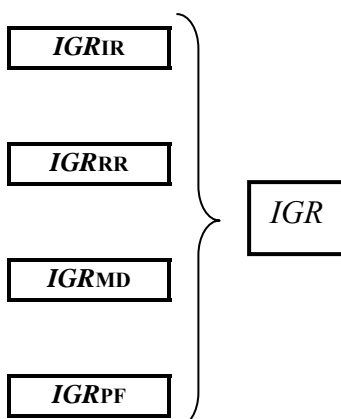


La gobernabilidad y protección financiera,  $IGR_{PF}$ , para la gestión de riesgos es fundamental para la sostenibilidad del desarrollo y el crecimiento económico del país. Esta política pública implica, por una parte, la coordinación de diferentes actores sociales que necesariamente tienen diversos enfoques disciplinarios, valores, intereses y estrategias. Su efectividad está relacionada con el nivel de interdisciplinaria e integralidad de las acciones institucionales y de participación social. Por otra parte, dicha gobernabilidad depende de la adecuada asignación y utilización de recursos financieros para la gestión y de la implementación de estrategias apropiadas de retención y transferencia de pérdidas asociadas a los desastres. La figura 1.10 presenta la composición del  $IGR_{PF}$ . Finalmente, la figura 1.11 presenta esquemáticamente cómo se obtiene el  $IGR$ .

**Figura 1.10 Estimación del  $IGR_{PF}$**

Descripción	Indicador	Peso
Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	PF1	w1
Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	PF2	w4
Localización y movilización de recursos de presupuesto	PF3	w5
Implementación de redes y fondos de seguridad	PF4	w6
Seguros y estrategias de transferencia de pérdidas activos públicos	PF5	w7
Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado	PF6	w8

**Figura 1.11 Evaluación del  $IGR$**



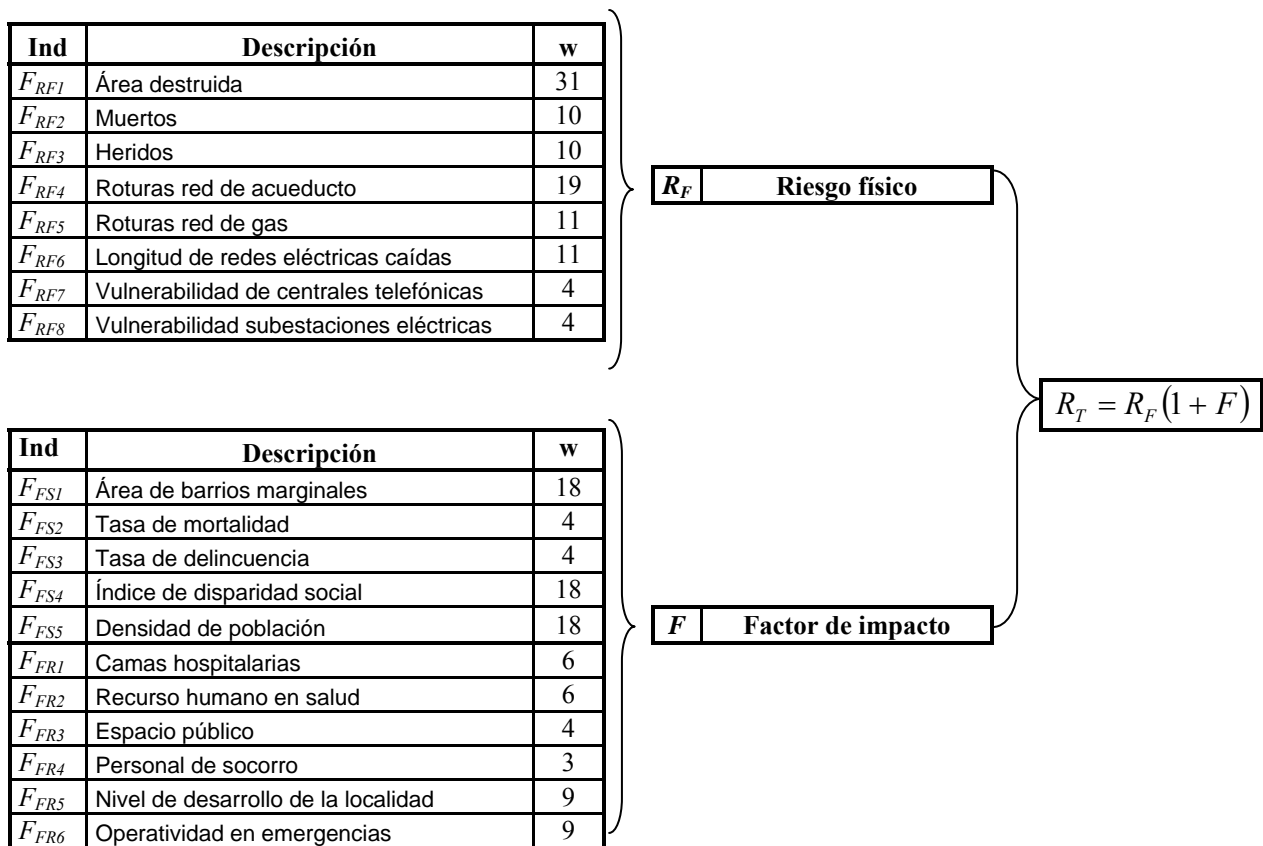
## 1.5 Indicadores a nivel subnacional y urbano

Usualmente los países se subdividen en departamentos, estados o provincias que corresponden a regiones subnacionales con una autonomía diferencial dependiendo del grado de descentralización política, administrativa y fiscal de cada país. La formulación del sistema de indicadores para valorar de manera colectiva e individual áreas subnacionales se realizó bajo los mismos conceptos y enfoques propuestos para categorizaciones nacionales. Todos los resultados de los indicadores en los distintos períodos se encuentran en el informe de Barbat y Carreño (2004a). También es posible realizar evaluaciones de riesgo con indicadores al interior de zonas urbanas metropolitanas, las cuales usualmente están constituidas por unidades administrativas como distritos, municipios, comunas o localidades, que pueden tener niveles de riesgo diferentes.

Al bajar a una escala espacial y administrativa menor la necesidad de llevar a cabo evaluaciones al interior de áreas metropolitanas urbanas y de grandes ciudades es también algo deseable. Teniendo en cuenta el nivel espacial al cual se trabaja cuando se hacen evaluaciones de riesgo en la escala urbana es necesario estimar o contar con el escenario de daños y pérdidas que habría en los elementos expuestos que caracterizan la ciudad (edificaciones, infraestructura, instalaciones, etc.) El EMC para la ciudad permite valorar con mayor detalle los daños o efectos directos potenciales y priorizar posteriormente las intervenciones, obras y refuerzos que en cada distrito o zona urbana se deben promover para reducir el daño potencial en dicha área y la ciudad.

Los indicadores a este nivel de evaluación son similares a los utilizados en las otras escalas pero en este caso se ha acordado estimar un Índice de Riesgo Físico (duro) y un Factor de Impacto, basado en variables (blandas) asociadas a la fragilidad social y la falta de resiliencia del contexto, para así obtener un Índice de Riesgo Total,  $R_T$ , para cada unidad de análisis. Estos indicadores requieren mayor resolución que los expresados a nivel nacional o regional y su enfoque es básicamente de interés urbano (Cardona y Barbat 2001; Barbat 2003a/b). En otras palabras, se desarrolló un método que combina lo que representan el *IDD* y el *IVP* utilizados a nivel nacional y subnacional. La figura 1.12 presenta en forma esquemática como se obtienen los índices de riesgo total para cada unidad de análisis a nivel urbano.

**Figura 1.12 Indicadores de riesgo físico, fragilidad social y falta de resiliencia y sus pesos**



## 1.6 Información adicional

Los indicadores y las variables con los cuales se han desarrollado los índices se seleccionaron con base en una revisión extensa de la literatura sobre gestión de riesgos y la evaluación de los datos disponibles, y de acuerdo con una amplia consulta y análisis. En la sección 2 de este informe se presentan los aspectos técnicos de cada índice. Adicionalmente, los informes del programa listados en la bibliografía presentan los detalles sobre el marco conceptual, el soporte metodológico, el tratamiento de los datos y las técnicas estadísticas usadas en la modelación (Cardona *et al.* 2003a, 2003b; 2004a, 2004b y 2005).<sup>7</sup>

- a) “Resultados de la aplicación del sistema de indicadores para doce países de las Américas”. Informe del programa de indicadores para la gestión de riesgos de las Américas BID-IDEA.
- b) “Dimensionamiento relativo del riesgo y de la gestión: Metodología utilizando indicadores a nivel nacional”. Informe del programa de indicadores para la gestión de riesgos en las Américas, BID-IDEA;
- c) “Indicadores para la medición del riesgo: Fundamentos metodológicos”. Informe del programa de indicadores para la gestión de riesgos en las Américas, BID-IDEA;
- d) “La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres: Marco conceptual para su gestión integral”. Informe del programa de indicadores para la gestión de riesgos en las Américas, BID-IDEA.

Un resumen ejecutivo con el título “Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para América Latina y el Caribe” ha sido publicado por el BID como parte de la serie de informes especiales del Departamento de Desarrollo Sostenible. Dicho informe se presentó en la Conferencia Mundial sobre Reducción de los Desastres realizada en Kobe/Hyogo, Japón, en enero de 2005. Estos informes están también disponibles en la página de Internet antes mencionada.

---

<sup>7</sup> Ver también la página web: <http://idea.unalmztl.edu.co>



## 2. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

### 2.1 Índice de déficit por desastre (IDD)

El primer componente del sistema de indicadores refleja el riesgo del país en términos económicos y financieros ante eventos catastróficos probables, para lo cual es necesario estimar la situación de impacto más crítica en un tiempo de exposición, definido como referente, y la capacidad financiera del país para hacer frente a dicha situación. Esto implica definir un referente arbitrario en términos de severidad o de período de recurrencia de los eventos que caracterizan la amenaza o peligro. Este componente del riesgo debe modelarse de la manera más objetiva posible en términos físicos, dentro de las restricciones de información y conocimiento existentes.

Este modelo prospectivo y analítico no utiliza el registro de pérdidas (muertos o afectados) de desastres históricos sino de las intensidades de los fenómenos. Desde el punto de vista actuarial se debe evitar hacer estimaciones de riesgo en forma inductiva, con base en la estadística de daños previos y en cortos períodos de tiempo. La modelación adecuada debe ser deductiva, tanto para evaluar la potencial ocurrencia de eventos de grandes consecuencias y baja probabilidad como del grado de vulnerabilidad que presentan en el momento los elementos expuestos. Al igual que en la industria aseguradora se define un nivel de referencia para estimar pérdidas factibles, conocido como la pérdida máxima probable, PML en inglés (ASTM 1999; Ordaz 2000), cuyo período de retorno es arbitrariamente definido, en este caso se ha definido un Evento Máximo Considerado, *EMC*, para el cual es necesario planificar las acciones de intervención correctiva o prospectiva que permitan reducir sus posibles consecuencias para cada país o unidad subnacional que se analiza. La pérdida económica o demanda de fondos contingentes (numerador del índice) se obtiene de la modelación del impacto potencial causado por el *EMC* para tres periodos de retorno: 50, 100 y 500<sup>8</sup> años, que equivalen a 18, 10 y 2 por ciento de probabilidad de excedencia en un período de exposición de 10 años.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir que aun cuando existan diferentes amenazas que puedan causar efectos adversos a un país, su impacto bajo un mismo referente de tiempo no será el mismo. Se puede construir un indicador que represente la demanda máxima considerable que se tendría, por ejemplo en términos socio-económicos, en el caso del escenario más crítico que cualquiera de las amenazas causaría; teniendo en cuenta el *EMC* para la unidad de análisis. Esta situación por lo general sería causada por un fenómeno mayor catastrófico o extraordinario como un sismo severo, un fuerte huracán, un tsunami notable, una erupción volcánica paroxísmica o una inundación extrema. Dicha selección no necesariamente implica hacer estudios de amenaza detallados para cada tipo de fenómeno sino para uno o dos, dado que en muchos casos el fenómeno que puede causar el *EMC* puede identificarse fácilmente.

---

<sup>8</sup> La mayoría de los códigos de construcción actualmente utilizan para el diseño de edificaciones la máxima intensidad de los fenómenos que se puede presentar en un lapso de 500 años aproximadamente. Otras obras civiles de especial importancia se diseñan para la máxima intensidad que puede presentarse en un lapso de varios miles de años. Sin embargo, la mayoría de las edificaciones y obras civiles especiales existentes, construidas a lo largo del siglo 20 no han sido diseñadas con estos criterios de seguridad.

El enfoque que aquí se propone es fundamentalmente un modelo probabilístico de riesgo similar a los que se utilizan con fines de transferencia y retención de pérdidas. Por esta razón se diferencia sustancialmente del método que se empleó para estimar el Índice de Riesgo de Desastre, IRD, del PNUD (2004), en el proyecto de *Hot Spots* de riesgo del Banco Mundial (2004), y de los aplicados en la mayoría de modelos propuestos para estimar el impacto de los desastres en el crecimiento económico. Se optó por este enfoque debido a que hay actualmente existen serias controversias teóricas acerca de si los desastres causan o no un impacto significativo al desarrollo económico. De acuerdo con los resultados obtenidos por Albala-Bertrand (1993/2002) los desastres usualmente afectan los capitales menos productivos y el trabajo menor calificado. Por lo que causan profundas consecuencias sociales pero pocos efectos a la macroeconomía de un país. Modelos similares han sido formulados por IIASA y Freeman *et al.* (2002a/b). Por su parte Benson (2003a) y la CEPAL (2003), entre otros, argumentan que en el largo plazo dicho impacto puede ser muy importante para ciertas economías. Por esta razón y para contribuir a los enfoques de impacto al crecimiento se presenta una aproximación analítica sobre el tema en el Apéndice 2.1-1.

El *IDD*, que se calcula de la ecuación 2.1, corresponde a la relación entre la demanda de fondos económicos contingentes o pérdida económica directa que debe asumir el sector público,  $L_R^P$ , y la resiliencia económica presente de dicho sector,  $R_E^P$ , correspondiente a la disponibilidad o acceso a fondos internos o externos del país para restituir el inventario físico afectado<sup>9</sup> (Cardona *et al.* 2004a),

$$IDD = \frac{L_R^P}{R_E^P}, \quad (2.1)$$

donde:

$$L_R^P = \varphi L_R \quad (2.2)$$

$L_R^P$  corresponde al impacto económico directo máximo, en términos probabilísticos, en los activos públicos y privados que sean de responsabilidad del gobierno.<sup>10</sup> Este valor es una fracción  $\varphi$  del impacto directo total,  $L_R$ , el cual está asociado al *EMC* que tendrá una intensidad,  $I_R$ , y cuya tasa anual de excedencia (o período de retorno,  $R$ ) será definida igual para todos los países con fines de comparación. El valor de la pérdida para el inventario de capital del sector público es una fracción  $\varphi$  de la pérdida causada sobre todos los bienes afectados.

El impacto del *EMC* se determina mediante un modelo de riesgo y determina las pérdidas físicas o de valor sobre la riqueza física y humana de una región. Dicho impacto negativo se puede dividir en términos del *stock* de capital público y privado (Cardona *et al.* 2004a). Las pérdidas netas

---

<sup>9</sup> Un enfoque similar ha sido propuesto por Freeman *et al.* (2002b). En dicho informe se afirma que la capacidad de contar con los fondos necesarios para la reconstrucción inmediatamente después de ocurrido un desastre es crucial para que un país pueda recuperarse con un mínimo de consecuencias a largo plazo.

<sup>10</sup> En caso de un evento mayor posiblemente el gobierno tendrá que proponer subvenciones y créditos blandos para apoyar a los estratos socio-económicos más pobres que se han quedado sin vivienda o han perdido sus medios de sustento y para contrarrestar el desempleo adicional que se presente por la posible paralización de los diferentes sectores productivos.

del *EMC* se pueden distribuir de acuerdo con la participación pública y privada en el *stock* de capital agregado de la economía. Ver Apéndice 2.1-2.

Se asume que todos los bienes expuestos a desastres están concentrados en una región geográfica de tamaño limitado (digamos, una ciudad) que permite el supuesto que todo en esta área está concentrado en un punto en el espacio y que todo es simultáneamente afectado con la misma intensidad. Esta pérdida puede ser valorada como sigue:

$$L_R = E V(I_R F_S) K \quad (2.3)$$

donde:

- $E$  es el valor económico de las propiedades expuestas;
- $V()$  es la *función de vulnerabilidad*, que relaciona la intensidad del evento con la fracción del valor que se pierde si se presenta un evento de tal intensidad;
- $I_R$  es la intensidad del evento asociado al período de retorno seleccionado;
- $F_S$  es un factor que corrige intensidades que dan razón de efectos de sitios locales;
- $K$  es un factor que corrige la incertidumbre en la función de vulnerabilidad.

Como se puede observar, esta estimación de pérdida incluye todos los componentes clásicos del análisis del riesgo: la amenaza –implícita en  $I_R$ –, la vulnerabilidad –dada por la función  $V()$ – y el valor de la propiedad expuesta,  $E$ . Entonces,  $L_R$ , tal como está definido en la ecuación 2.3, es el valor exacto de la pérdida asociada a un período de retorno,  $R$ , dado si un valor apropiado de  $K$  es utilizado. El factor  $E$  en la ecuación 2.3 se refiere al valor monetario de toda la propiedad expuesta al daño en el área geográfica que se analiza. Esto incluye, por ejemplo, edificios, cultivos, industria e infraestructura. De manera ideal, se debería incluir en esta cifra toda la propiedad expuesta en el área bajo análisis. Sin embargo, esto sería imposible (y podría ser innecesario) en el alcance de esta investigación. Por esta razón, se considera, como lo sugiere Lavell (2003b), que solamente es necesario tener en cuenta los bienes expuestos más importantes.<sup>11</sup>

El gobierno, aparte de ser propietario tiene responsabilidades de reactivación económica, de protección de los estratos socio-económicos más pobres y del público que pierde su empleo. Dependiendo del tipo de *EMC*, que podrá ser un huracán, un terremoto, una erupción volcánica o una inundación extrema se define dicho impacto, considerando como referente sólo el caso de la máxima pérdida agregada para el país y la cual se considerará como un valor envolvente superior a cualquier otro valor causado por otros eventos que no alcanzan a ser el *EMC*.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> En el caso del sector público pueden ser muy importantes vías, puentes, plantas de energía, hospitales, escuelas, aeropuertos, puertos, edificios de oficinas, etc. Incluso en el caso de concesiones (operación de bienes públicos por parte del sector privado) donde la propiedad sigue siendo del gobierno, o de infraestructura de los gobiernos subnacionales, cuya recuperación, no obstante los procesos de descentralización existentes, dependería en parte del nivel nacional.

<sup>12</sup> Puede ocurrir, por ejemplo, que el *EMC* es un terremoto que podría tener un efecto mínimo en cultivos. Otro evento importante, como una inundación extrema, podría causar efectos mayores en cultivos pero no alcanzaría a ser el *EMC*.

Ahora bien, la resiliencia económica,  $R_E^P$ , esta definida por la ecuación 2.4:

$$R_E^P = \sum_{i=1}^n F_i^P \quad (2.4)$$

donde  $F_i^P$  representa los posibles fondos internos o externos que frente al daño el gobierno como responsable de la recuperación o propietario de los bienes afectados puede acceder en el momento de la evaluación. El acceso a dichos fondos tiene restricciones y costos asociados por lo cual es necesario estimarlos como valores factibles de acuerdo con las condiciones macroeconómicas y financieras de cada país. Para cada caso es necesario estimar los siguientes valores:

- $F_1^P$ , que corresponde a los *pagos de seguros y reaseguros* que aproximadamente recibiría el país por los bienes y la infraestructura asegurada del gobierno. El seguro en los países en desarrollo es apenas una industria incipiente por lo cual se puede afirmar que no existe una cultura del seguro. La mayoría de los pagos realizados en eventos anteriores por las compañías de seguros han sido al sector privado, en particular a las grandes industrias. En arios países es obligatorio asegurar los inmuebles públicos, sin embargo este requerimiento legal no se cumple a cabalidad, en particular por las entidades territoriales o gobiernos locales descentralizados. Una manera sencilla para estimar el valor de la riqueza física asegurada podría ser el gasto en seguros como proporción del PIB. Por ejemplo, si este equivale al 2% del PIB, quiere decir que el 2% de las pérdidas serán cubiertas por las compañías aseguradoras.
- $F_2^P$ , corresponde a las *reservas disponibles en fondos para desastres* con los que cuenta el país en el año de la evaluación. En varios países existen fondos de calamidades o de desastres formalmente establecidos que cuentan con un presupuesto anual y en ocasiones con reservas acumuladas de años anteriores. En varios países hay un fondo principal y hay otros sectoriales que se encuentran en diferentes instituciones o ministerios, como obras públicas e infraestructura, salud, defensa civil, entre otros, o existen fondos descentralizados a nivel de entidades territoriales. Este valor debe estimarse como la suma de las reservas disponibles de la nación y de las posibles zonas afectadas.
- $F_3^P$ , representa los valores que pueden recibirse como *ayudas y donaciones*, tanto públicas como privadas, nacionales como internacionales. Usualmente las ayudas del exterior están dirigidas a apoyar la respuesta a la emergencia y se reciben pocos recursos para las fases de rehabilitación y reconstrucción. Después de ocurrido un evento notable se reciben, en su mayoría, alimentos y vestuario, menajes, carpas y equipos, y poco se recibe directamente en dinero. Aunque no existe información detallada de los apoyos recibidos de gobiernos amigos, ONGs y agencias de ayuda humanitaria y de cooperación técnica, para estimar este valor es necesario hacer una evaluación aproximada y realista de dicha ayuda como un porcentaje de la pérdida en eventos anteriores.
- $F_4^P$ , corresponde al valor posible de *nuevos impuestos* que cada país podría recaudar adicionalmente en caso de un desastre mayor. Existen experiencias que indican que como resultado de un desastre se han establecido impuestos del 2 y hasta el 3 por mil a las operaciones financieras y bancarias, pero este tipo de impuestos puede estimular la contención y el traslado de ahorros hacia el exterior. En general existen serias dudas de que en ciertos países se puedan aumentar los ingresos del gobierno mediante nuevos impuestos debido a la impopularidad de este tipo de medidas. Este valor se debe estimar de acuerdo con su factibilidad política en cada

país de acuerdo con la figura financiera posible que pueda considerarse en cada caso. En el Apéndice 2.1-3 se presenta un método simple para estimar los recursos derivados de un impuesto a transacciones financieras.<sup>13</sup>

- $F_5^P$ , es la estimación del *margen de reasignación presupuestal* que tiene cada país. Este valor en países donde existen limitaciones o constitucionales de planificación presupuestal usualmente corresponde al margen de gastos discrecionales del gobierno. En algunos países este valor depende de la decisión política de las autoridades competentes de turno, sin embargo existen restricciones que impiden reasignaciones mayores debido a las inevitables obligaciones del gasto público, como los salarios, las transferencias, el gasto social y el servicio de la deuda. Igualmente pueden existir obligaciones acumuladas de vigencias presupuestales anteriores, como se explica en el Apéndice 2.1-4. Se puede incluir aquí también la reasignación o desvío de préstamos aún no ejecutados de los organismos multilaterales. De no obtenerse con mayor precisión el posible margen de reasignación presupuestal se puede estimar de manera muy aproximada como el 60% de las inversiones en bienes de capital en porcentaje del PIB.
- $F_6^P$ , corresponde al valor factible de *crédito externo* que puede obtener el país con los organismos multilaterales y en el mercado de capitales en el exterior. Las condiciones de préstamo con los organismos multilaterales son en general más favorables, pero están restringidos al grado de sostenibilidad de la deuda externa y la relación entre el servicio de la deuda y las exportaciones. Las tasas de interés, en general, dependen del ingreso per cápita de los países. El acceso a créditos en el mercado internacional de capitales depende de las calificaciones internas y externas de riesgo financiero del país, lo que determina las primas de riesgo y las tasas comerciales de los títulos de deuda. En cualquier caso, acceder a crédito externo significa aumentar las obligaciones del servicio de la deuda en el futuro y la reducción del cupo del país para asumir nuevas deudas. Por lo tanto, el valor de crédito externo máximo se debe estimar con base en el análisis de las obligaciones y limitaciones que tiene el gobierno. El Apéndice 2.1-5 presenta cómo se puede hacer un análisis de la situación financiera externa del país.
- $F_7^P$ , representa el *crédito interno* que puede obtener el país con los bancos comerciales y en algunos casos con el banco central, cuando es legal obtener préstamos del mismo, significando liquidez inmediata. También, en algunos casos es factible obtener recursos de las reservas internacionales en caso de presentarse un desastre mayor, aunque este tipo de operación es problemática en general y puede significar un riesgo para la balanza de pagos. El crédito con los bancos comerciales también tiene limitaciones y costos y depende de la actividad de los mercados de crédito locales; en general puede ser escaso. En mercados débiles un crédito importante puede afectar el consumo interno, las inversiones locales y la tasa de interés. El crédito adicional disponible se debe estimar teniendo en cuenta la capacidad del país de devolver el préstamo y la capacidad del mercado de capitales en el país. El Apéndice 2.1-6 ilustra cómo puede estimarse aproximadamente el acceso a crédito interno.

---

<sup>13</sup> En algunos casos podría considerarse factible la introducción de un impuesto transitorio como se hizo en Colombia para financiar los proyectos de reconstrucción después del terremoto que afectó la zona cafetera en 1999.

Es importante indicar que se propone esta estimación considerando las restricciones o valores factibles en cada caso y sin considerar los posibles costos asociados por acceder a algunos de estos fondos y costos de oportunidad que pueden ser importantes.

De manera complementaria y para facilitar poner en contexto el *IDD* se ha propuesto un indicador colateral adicional *IDD'* que ilustra qué porción de los gastos de capital del país,  $E_C^P$ , corresponde la pérdida anual esperada,  $L_y^P$ , o prima pura de riesgo. Es decir qué porcentaje de la inversión sería el pago anual por desastres futuros, que se obtiene de la ecuación 2.5.

$$IDD'_{GC} = \frac{L_y^P}{E_C^P} \quad (2.5)$$

La pérdida anual esperada,  $L_y^P$ , que se calcula de la manera como se describe en el Apéndice 2.1-8, se define como el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera. Este valor es equivalente a la inversión o ahorro promedio anual que tendría que hacer el país para cubrir aproximadamente sus pérdidas por desastres extremos.

El *IDD'* también se estimó con respecto al monto de recursos sostenible por superávit intertemporal,  $F_S^P$ . Es decir el porcentaje que representaría la prima técnica del ahorro potencial a valor presente, como lo expresa la ecuación 2.6.

$$IDD'_{SI} = \frac{L_y^P}{F_S^P} \quad (2.6)$$

El monto de recursos sostenible por superávit intertemporal,  $F_S^P$ , es el ahorro que el gobierno puede destinar, calculado a 10 años, para atender de la mejor manera los efectos de los desastres. Lo que interesa conocer es si el gobierno, desde un punto de vista ortodoxo, cumple con su restricción presupuestal intertemporal, es decir, si las trayectorias de flujos de gastos e ingresos garantizan –en términos de valor presente– que los superávits primarios corrientes y futuros permiten cancelar el stock de deuda actual. Es decir, la disciplina financiera exige reconocer que la acción del gobierno tiene límites y que su capacidad financiera para enfrentar los desastres debe cumplir con la restricción intertemporal de las finanzas públicas. Para estimar este monto anual de recursos sostenible se propone el método descrito en el Apéndice 2.1-7.

En caso de que anualmente la pérdida supere el monto de recursos disponible por superávit se prevé que con el tiempo habría un déficit por desastres que implicaría el inevitable aumento de la deuda. Es decir, que el país no cuenta con suficientes recursos (calculados en forma intertemporal) para atender sus futuros desastres. Ahora bien, en caso de existir restricciones para el endeudamiento adicional esta situación implicaría la imposibilidad de recuperarse. En general, si el superávit intertemporal es negativo el pago de la prima sencillamente aumentaría el déficit ya existente.

En los párrafos siguientes se analiza el marco teórico del riesgo y las variables involucradas en la ecuación 2.3 con una perspectiva específica acerca de la amenaza y la vulnerabilidad.

### 2.1.1 Estimación del riesgo físico

En cualquier caso, el cálculo de pérdidas durante futuros fenómenos naturales peligrosos es un problema complejo. Dada las incertidumbres que afectan este proceso, las pérdidas deben ser consideradas como variables aleatorias, que sólo pueden ser conocidas en el sentido probabilístico, es decir, sólo a través de sus distribuciones de probabilidades. Por esta razón, este enfoque es el adoptado en este modelo (Ordaz y Santa-Cruz 2003).

Desde el punto de vista teórico es claro que, dado nuestro estado del conocimiento, es imposible predecir los momentos de ocurrencia y las magnitudes de todos los futuros eventos naturales peligrosos que potencialmente se puedan convertir en desastre. En vista de la naturaleza incierta de los procesos involucrados, nuestra segunda mejor opción es estimar la distribución de probabilidad de ocurrencia y los impactos de todos los futuros desastres. Sin embargo, en general, esta estimación es también una tarea titánica.

Una manera conveniente de describir las distribuciones de probabilidad requeridas (las de frecuencia y magnitud del impacto físico) es el uso de la curva de la tasa de excedencia de las pérdidas físicas. Esta curva relaciona el valor de la pérdida con la frecuencia anual con la cual este valor de pérdida es excedido; el inverso de la tasa de excedencia es el período de retorno. El Apéndice 2.1-9 presenta un ejemplo imaginario de una curva de tasas de excedencia y algunos comentarios acerca de los períodos de retorno. El Apéndice 2.1-10 presenta algunas relaciones matemáticas entre las tasas de excedencia y otras interesantes y útiles medidas del riesgo.

#### 2.1.1.1 Amenaza

En este contexto, se define *intensidad* como una medida local de la perturbación producida por un evento natural sobre algunas características físicas del contexto que son relevantes para el estudio del fenómeno. Para casi todo tipo de amenaza, es imposible describir la intensidad con un solo parámetro. Por ejemplo, para la amenaza sísmica, la aceleración pico de suelo aporta alguna información general de la severidad del movimiento del suelo, pero no aporta información sobre su contenido frecuencial; crucial para una estimación exacta de la respuesta estructural. También, en el caso de las inundaciones, la altura del agua no es una descripción completa de la intensidad de la inundación, porque el daño podría también depender de la velocidad de la corriente.

En vista de esto, se entiende que la descripción mediante un solo parámetro de intensidad será siempre incompleta. Sin embargo, una descripción multivariable de la intensidad es de lejos muy compleja para los objetivos de este trabajo (realmente, muy pocos, si es que existen, estudios de riesgo realizados en el pasado han considerado descripciones multivariable de la intensidad). Aquí se propone el uso, para cada tipo de amenaza, de una sola medida de la intensidad que correlacione bien con el daño y para la cual mediciones de amenaza, que se describen más adelante, son relativamente fáciles de obtener. La tabla 2.1.1 presenta las medidas de intensidad que se proponen para los tipos de amenaza más relevantes en América Latina y el Caribe.

Nótese que, puesto que en este caso el interés es principalmente en desastres de alto impacto económico a nivel nacional, se ha restringido el estudio a aquellas amenazas que pueden producir grandes y súbitas pérdidas económicas. Otras amenazas, como deslizamientos, son de importan-

cia extrema a nivel local e históricamente han dejado muchas víctimas. No obstante, su impacto económico ha sido muy limitado. Desastres lentos, como la deforestación y la sequía, son también muy importantes, pero sus impactos económicos son diferidos en el tiempo, por lo cual no causan efectos súbitos, por lo cual están más allá del alcance del modelo de estimación propuesto.

**Tabla 2.1.1 Medidas de intensidad de medidas sugeridas para diferentes tipos de amenazas**

Tipo de amenaza	Medida local de intensidad
Inundación	Altura promedio del agua
Terremoto	Aceleración pico del suelo
Vientos fuertes	Velocidad del viento
Erupción volcánica	Índice de Explosión Volcánica (VEI) <sup>14</sup>
Caída de ceniza	Profundidad de la ceniza

En muchos casos, las estimaciones de amenaza son obtenidas de estudios regionales, o suponiendo condiciones ambientales promedio. Por ejemplo, los mapas de amenaza sísmica son producidos usualmente tomando las condiciones promedio de suelo firme, o sea, asumiendo que no hay amplificaciones importantes de intensidad sísmica debido a suelos blandos. También, los mapas de velocidad del viento son construidos generalmente asumiendo condiciones de exposición promedio, lo que significa que las velocidades no son tomadas para sitios en las colinas, sino para sitios de referencia. No obstante, para cada tipo de amenaza, podrían existir características ambientales particulares en las ciudades bajo estudio que ocasionan que las intensidades puedan ser mayores o menores que las intensidades en sus cercanías. Es decir, podrían existir características ambientales que son diferentes a aquellas correspondientes a las usadas en el modelo de evaluación del riesgo. Estas características son conocidas como *condiciones de sitio locales*, y ellas permiten la aparición de *efectos de sitio locales*.

En el marco del presente proyecto, sería imposible tener en cuenta, de forma precisa, los efectos de sitio locales en todas las ciudades y para todo tipo de amenazas. Un primer enfoque preliminar sería simplemente ignorar los efectos de sitio. Esto equivale tomar  $F_S=1$  a la ecuación 2.3. Sin embargo, existen casos en los cuales los efectos de sitio local no pueden pasar desapercibidos. Puesto que por definición estos efectos de sitio son locales, es imposible señalar reglas generales de cómo adecuar los valores de  $F_S$  para todas las ciudades y todo tipo de amenaza. Desde esta perspectiva, los valores apropiados deben ser asignados por personal experto local que participe en las estimaciones de pérdidas en cada país.

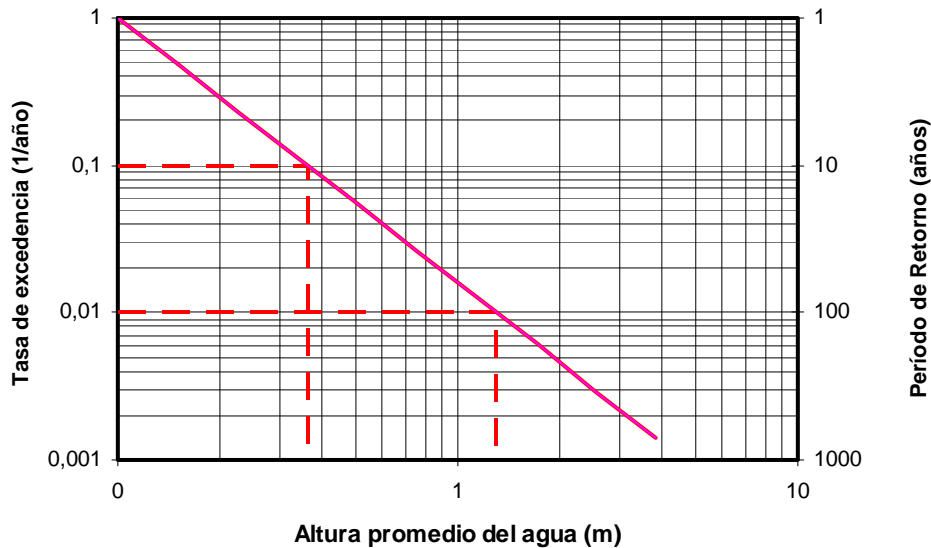
Una vez una intensidad apropiada sea escogida para cada tipo de fenómeno, una descripción probabilística de la amenaza debe ser dada. Usualmente, la amenaza se expresa en términos de tasas de excedencia de valores de intensidad. Este concepto es similar al descrito en el Apéndice 2.1-9 en el sentido de que define qué tan menudo un valor de intensidad dado es excedido. Hay que re-

<sup>14</sup> En rigor la VEI no es una medida de intensidad local. Sin embargo, ninguna medida de ese tipo ha sido desarrollada para erupciones volcánicas. De otro lado, el impacto directo de erupciones volcánicas está restringido generalmente a pocas decenas de kilómetros alrededor del volcán. En vista de esto, y de las consideraciones que serán entre-gas más adelante, se considera que el VEI se ajusta a los propósitos de este estudio.



saltar que, para este propósito, se requiere de información *local* de la amenaza, es decir, de tasas de excedencia de intensidad en los lugares o ciudades de interés (dado que uno de los supuestos es que todas las propiedades en una ciudad se encuentran concentradas en un punto o área geográfica de tamaño limitado).

**Figura 2.1.1 Ejemplo de tasa de excedencia de intensidad para inundaciones. La medida de intensidad es la altura media del agua en una ciudad debido a la inundación**



La figura 2.1.1 ilustra una curva de tasa de excedencia hipotética para la intensidad asociada a la inundación; la medida de intensidad es la altura media del agua en una ciudad. La figura 2.1.1 muestra, por ejemplo que una altura del agua de 0.36 m será excedida, en promedio, una vez cada 10 años (la tasa de excedencia de 0.1/año) o que una inundación de 1.2 m (o más) se producirá con un período de retorno de 100 años; es decir, con una tasa de excedencia anual de 0.01. En principio, una curva de amenaza debe ser construida para cada tipo de amenaza y para cada ciudad en estudio. Sin embargo, recordando la ecuación 2.3, se necesitan sólo unos cuantos puntos de esta curva, especialmente aquellas intensidades asociadas con los períodos de retornos seleccionados.

**Tabla 2.1.2 Valores requeridos para describir la amenaza**

Tipo de amenaza	Valores requeridos
Inundación	Altura media de agua excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años
Terremoto	Aceleración pico del suelo excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años
Vientos fuertes	Velocidad del viento excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años
Erupción volcánica	Índice de Explosión Volcánica (VEI) excedido, en promedio, cada 50, 100 y 500 <sup>15</sup> años
Caída de ceniza volcánica	Profundidad de ceniza caída excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años

<sup>15</sup> Esto aplica a ciudades dentro de un radio de 80 km de un volcán activo. Si la ciudad se encuentra fuera de este radio, esta amenaza no será considerada.

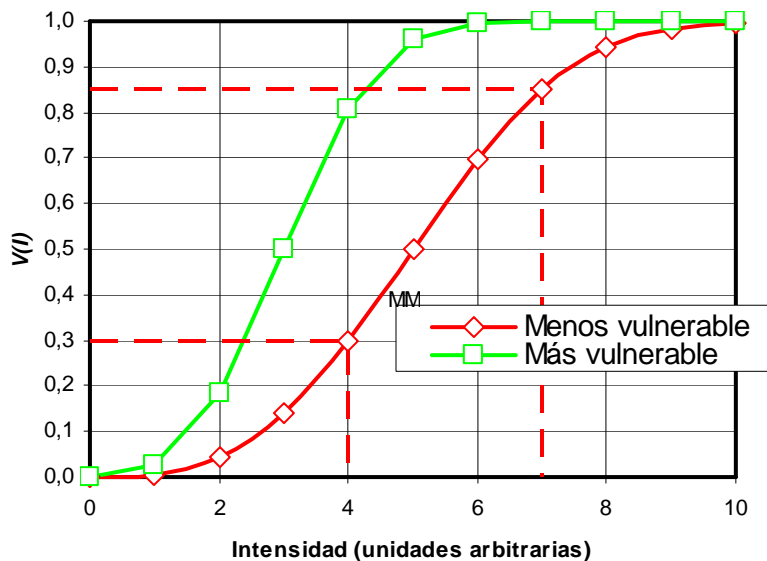
En la tabla se resumen las necesidades de información de método propuesto para describir apropiadamente las amenazas. Para cada ciudad se asumen períodos de retorno de 50, 100 y 500 años, que equivalen a 18%, 10% y 2% de probabilidades de excedencia en un período de exposición de 10 años.

### 2.1.1.2 Vulnerabilidad

Tal como se indicó en la ecuación 2.3,  $V(I)$  es la función de vulnerabilidad, que relaciona la intensidad del evento,  $I$ , con la fracción esperada del valor que se pierde si se presenta un evento de tal intensidad. Las funciones de vulnerabilidad usualmente tienen formas como la señalada en la figura 2.1.2. En esta figura se puede encontrar que, para cierta amenaza y en la ciudad para la cual fue deducida la función de vulnerabilidad, si un evento con intensidad  $I=4$  se presenta, el daño esperado sumará aproximadamente 13% de los valores expuestos en el caso de los edificios rotulados como "menos vulnerables", mientras que si la intensidad es de 7, entonces los daños esperados para el mismo tipo de edificios estarán cercanos a 0.85 de los valores expuestos.

Se dice que un edificio es más vulnerable que otro si un mayor daño se espera más temprano que tarde, dadas amenazas con intensidades similares (ver figura 2.1.2).<sup>16</sup> Las funciones de vulnerabilidad son altamente específicas para la amenaza. En otras palabras, en la misma ciudad edificios e infraestructura pueden ser muy vulnerables a cierta amenaza y muy poco vulnerables a otra.

**Figura 2.1.2 Representación esquemática de funciones de vulnerabilidad de dos edificios en la misma ciudad, para el mismo tipo de amenaza**



<sup>16</sup> En la figura 2.1.2 hemos graficado un caso simple: uno de los edificios es menos vulnerable que otro para todo el rango de intensidades. De todas formas es concebible que un edificio es más vulnerable que otro, digamos, para un bajo nivel de intensidad, mientras la situación es inversa para los niveles altos de intensidad.

Como se definió, las funciones de vulnerabilidad podrían cambiar dependiendo de factores tecnológicos, educativos, culturales y sociales. Por ejemplo, para la misma intensidad sísmica los edificios de una ciudad podrían ser más vulnerables que los de otra ciudad debido a la alta utilización de una tecnología de construcción o por la aplicación de diseños sismorresistentes en la segunda. De este modo, en rigor, las funciones de vulnerabilidad se debe expresar de la siguiente manera:

$$V(I) = V(I; \phi) \quad (2.7)$$

donde  $\phi$  es un conjunto de parámetros que son señalados como factores de vulnerabilidad. De hecho, es a través de estos factores que se pueden apreciar los efectos de la prevención, y su impacto económico puede ser valorado.

En el supuesto, por ejemplo, que las curvas de vulnerabilidad se relacionen con la amenaza sísmica. Se concibe que la aplicación de un diseño sismorresistente en una ciudad (un cambio en uno de los factores de vulnerabilidad) pueda significar pasar de la función de vulnerabilidad "más vulnerable" al caso de "menos vulnerable" de la figura 2.1.2. Por lo tanto, al mismo nivel de intensidad (por ejemplo,  $I=2$ ), la aplicación de regulaciones sísmicas significaría pérdidas de 5% del valor expuesto en contraste con las pérdidas de 20% que significaría sin regulaciones sísmicas. Usualmente, los costos de la elaboración, la implementación y el control de la aplicación de las regulaciones sísmicas son bastante menos serían menos que la cantidad ahorrada al reducir la vulnerabilidad, por lo que el mejoramiento de las prácticas de diseño podría ser una decisión acertada también desde el punto de vista económico.

Como puede observarse,  $V(I; \phi)$  esta relacionada con el daño *esperado*; es decir, con el valor esperado (en sentido probabilístico) del daño. Debido a las incertidumbres involucradas no es posible predecir el forma determinística el daño que resulta de un evento para una intensidad determinada. Por lo tanto, se intenta de predecir el daño esperado utilizando  $V(I; \phi)$ , sin dejar de tener en cuenta que existen incertidumbres que no pueden ser despreciadas. Existen, obviamente maneras probabilísticas rigurosas para considerar esta incertidumbre (ver Apéndice 2.1-10). Una manera de resolver este problema es encontrando un factor, que se le denominará  $K$  (ver ecuación 2.3), que relaciona el valor de la pérdida teniendo en cuenta la incertidumbre y los valores de la pérdida obtenidos sin considerar esta incertidumbre. El factor  $K$  depende de varias cosas: la incertidumbre en la relación de vulnerabilidad, la forma de la curva de tasas de excedencia de la intensidad y el período de retorno. Se ha encontrado que, bajo ciertas hipótesis razonables, un factor de  $K=1.2\sim 1.3$  es factible para los objetivos de esta evaluación.<sup>17</sup> Sin embargo, el Apéndice 2.1-10 da varias opciones para calcular el factor  $K$ , con diferentes grados de precisión y de esfuerzo computacional.

---

<sup>17</sup> Si un factor constante  $K=1.2$  es utilizado en todos los países, ciudades y tipos de amenaza entonces se vuelve irrelevante para propósitos de comparación. Sin embargo, es preferibles tratar con  $K$  explícitamente por dos razones. La primera, por su naturaleza simbólica: ayuda a mantener en mente que el proceso de estimación es incierto y que se debe considerar la incertidumbre de una manera formal. Segundo, porque tal como se definió, las estimaciones de pérdida tienen un claro significado: son pérdidas económicas medidas en unidades monetarias. Por lo tanto, su escala es relevante.

Hasta aquí, el análisis se ha limitado a la estimación de pérdidas en ciudades o regiones de un tamaño geográfico limitado. La clave para la definición de "tamaño geográfico limitado" es la hipótesis que todo dentro de la ciudad se afecta simultáneamente por el evento considerado. En la realidad, el daño durante los desastres varía, a veces ampliamente, incluso dentro de la ciudad, por eso difícilmente la hipótesis, nunca, se sostiene; de todas maneras, el supuesto se tiene que hacer con fines de simplificación. Pero en el caso de extensas regiones, conformadas por diversas ciudades tal vez cientos de kilómetros separadas unas de las otras, sería extremadamente conservador asumir que todo se afecta en forma simultánea. En ese caso, es necesario obtener maneras de combinar los estimativos de pérdida calculados para cada ciudad, con el fin de obtener un valor combinado razonable para todo el país. A estas reglas se le denominará las *reglas de agregación* (Ver Apéndice 2.1-11).

### **Apéndice 2.1-1 Aproximación analítica sobre crecimiento y desastres**

Un aspecto central del análisis de la incidencia de los fenómenos naturales en el sistema económico es determinar los efectos de dichos eventos sobre la dinámica de la acumulación de capital. En este sentido, la pregunta que se tiene que hacer es: ¿cómo afecta el nivel y la tasa de crecimiento del PIB per cápita de la economía un terremoto, una inundación o un huracán?. La respuesta a dicho interrogante se debe abordar desde una perspectiva teórica y empírica. Desafortunadamente, sólo recientemente el interés de los investigadores se ha dirigido a estudiar las relaciones de la geografía y el desempeño económico. Un primer trabajo sistemático y empírico a nivel internacional sobre el tema ha sido el realizado por Gallup, Sachs y Mellinger (1999). En la misma línea, se inscribe el proyecto del BID dirigido por Gallup, Gaviria y Lora (2003) para los países de América Latina. El propósito de este apéndice es presentar algunos modelos canónicos de crecimiento económico en los cuales se involucran los desastres naturales como determinantes de la dinámica de acumulación de capital.

El punto de partida es, por supuesto, el modelo neoclásico de crecimiento estándar. La característica esencial de este modelo es que la tasa de crecimiento económico de largo plazo está determinada por variables exógenas. En efecto, cuando la economía alcanza su equilibrio de estado estacionario, es decir, cuando cesa el proceso de acumulación de capital y todas las variables permanecen constantes en términos per cápita, el ritmo de crecimiento del PIB estará determinado por la tasa de crecimiento poblacional y de cambio tecnológico. La primera depende de factores demográficos, mientras que la segunda se considera como un "mana caído del cielo" o como una "medida de la ignorancia".

En la medida que los factores de oferta son el núcleo sobre los cuales se construye la estructura del modelo, no es de extrañarse que las variables del lado de la demanda no jueguen ningún papel en la dinámica de largo plazo. Del mismo modo, se puede decir que los choques exógenos como los desastres naturales no afectan el ritmo de crecimiento del PIB en el estado estacionario. Sin embargo, durante el proceso de transición hacia su nivel de largo plazo, pueden incidir sobre el nivel y la tasa de crecimiento del ingreso, pero una vez se alcanza el llamado "estado estacionario", los determinantes de la tasa de crecimiento del producto son: el cambio técnico y el crecimiento poblacional.

En el modelo neoclásico de crecimiento económico se asume la existencia de una función de producción agregada, con rendimientos constantes a escala en los factores productivos. Por simplicidad se supone que existen sólo dos insumos: el capital y el trabajo medido en unidades de eficiencia. La población crece a una tasa constante  $n$  y el cambio tecnológico lo hace a una tasa  $x$ . El capital se deprecia a una tasa  $\delta$ . La ecuación fundamental de crecimiento se puede expresar en términos per-cápita de la siguiente manera:

$$\dot{k} = s(k, \mu)f(k) - (n + \delta + x)k \quad (2.1-1.1)$$

donde,  $k$  es la relación capital-trabajo medida en unidades de eficiencia;  $s(k, \mu)$  es la tasa de ahorro, que depende del *stock* de capital ( $k$ ) y de  $\mu$ , que es la tasa de pérdida de ingreso por desastre;  $f(k)$  es la función de producción intensiva (expresada en términos per-cápita) y  $\dot{k}$  es la tasa de cambio de la relación capital trabajo.

Si la función de producción es bien comportada (cumple con las condiciones de Inada), se puede encontrar un equilibrio de estado estacionario único y estable para el sistema (cuando  $\dot{k}=0$ ). En dicho punto, todas las variables crecen a la misma tasa. De hecho, la tasa de crecimiento del PIB es igual a la tasa de crecimiento poblacional más la tasa de crecimiento del cambio técnico. En este orden de ideas, es claro que los choques negativos exógenos como un terremoto o una gran inundación no afectan la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía (Albala-Bertrand 1993/2002). Sin embargo, pueden reducir el nivel de ahorro de la sociedad, y por ende, la cantidad de capital y del producto por persona en el estado estacionario.

Supongamos, que un fenómeno natural tiene un efecto negativo sobre la tasa de ahorro, ello hace desplazar hacia abajo la curva  $sf(k)$ , lo cual reduce el nivel del capital per-cápita del estado estacionario (y por supuesto del ingreso per cápita). Si la economía aún no ha llegado a su equilibrio inerte, el evento puede reducir las tasas de crecimiento del PIB por persona durante el período de transición. El impacto sobre la trayectoria de crecimiento sostenido se puede obtener a partir de la derivada de la función  $\dot{k}=0$  con respecto a  $\mu$ , como lo expresa la ecuación 2.1-1.2:

$$(s(k, \mu) \frac{df(k)}{dk} + \frac{ds(k, \mu)}{d\mu} f(k) - (n + x + \delta)) \frac{dk}{d\mu} = - \frac{ds(k, \mu)}{d\mu} f(k) \quad (2.1-1.2)$$

El término que acompaña a  $dk/d\mu$  tiene signo negativo siempre y cuando se garantice que la trayectoria de crecimiento equilibrado es localmente estable. Si este es el caso, la relación de capital-trabajo (o el ingreso por persona) disminuye si la derivada de la tasa de ahorro respecto al impacto del desastre es negativa (Atkinson y Stiglitz 1980; Ministerio de Economía y Hacienda 1988). Así las cosas, el modelo básico de crecimiento neoclásico predice una relación inversa entre las pérdidas ocasionadas por un desastre el ingreso per-cápita. Sin embargo, no establece ninguna relación entre dichos eventos y la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía. Sólo recientemente, con los nuevos modelos de crecimiento económico, se ha logrado establecer alguna relación entre los desastres y la tasa de crecimiento del ingreso per-cápita. La nueva generación de modelos se inició con los trabajos pioneros de Romer (1986) y Lucas (1988) quienes lograron hacer endógena la tasa de crecimiento del cambio tecnológico (Aghion and Howitt 1999).

El artificio formal consistió en mantener el supuesto de rendimientos decrecientes, introduciendo en la función de producción un nuevo factor productivo que genere externalidades y rendimientos crecientes en el agregado. El nuevo insumo fue denominado por sus creadores como capital humano en un sentido amplio (educación, salud y conocimiento). Las ideas centrales de la nueva teoría del crecimiento se pueden derivar de un modelo de crecimiento muy simple. Se parte de una función de producción con rendimientos constantes a escala, aunque se asume que el proceso de acumulación de capital no afecta la tasa de rendimiento de la inversión, es decir, el producto medio y marginal del capital permanece constante en el largo plazo. La función de producción se especifica de la manera siguiente:

$$Y = AK \quad (2.1-1.3)$$

donde,  $Y$  es el producto,  $K$  es el *stock* de capital. La función se puede expresar en términos per cápita, normalizando todas las variables por la población  $L$ , que crece a la tasa  $n$ . Se tiene entonces:

$$y = Ak \quad (2.1-1.4)$$

donde,  $y=Y/L$ , el PIB per cápita, y  $k=K/L$ , es la relación capital trabajo. Asumiendo que la tasa de ahorro es  $s$  y que se considera constante y utilizando la ecuación de acumulación, se puede expresar la tasa de crecimiento del PIB per cápita como:

$$\gamma = sA - n - \delta \quad (2.1-1.5)$$

donde  $A$  es el indicador de escala y tecnología,  $s$  es la tasa de ahorro,  $n$  es la tasa de crecimiento poblacional y  $\delta$  la tasa de depreciación. Por tanto, el nivel del ingreso per cápita en un momento  $t$  se puede expresar en términos exponenciales como:

$$y_t = y_0 e^{(sA - n - \delta)t} \quad (2.1-1.6)$$

tomando logaritmos, se llega a:

$$\ln y_t = \ln y_0 + (sA - n - \delta)t \quad (2.1-1.7)$$

Como se puede deducir de las expresiones anteriores, cualquier evento que afecte la tasa de ahorro y la depreciación pueden aumentar o reducir tanto el nivel como la tasa de crecimiento del ingreso per cápita de la sociedad. Siguiendo a Ermoliev *et al.* (2000), se asume que los desastres ocurren aleatoriamente en momentos  $T_1, T_2$ , etc. y definiendo  $L_1, L_2$ , etc. como las pérdidas netas de seguros y otras compensaciones se tiene entonces como expresión para el PIB per cápita:

$$\ln y_t = \ln y_0 + (sA - n - \delta)t - L_1 - L_2 - \dots - L_{N(t)} \quad (2.1-1.8)$$

Asumiendo que los desastres naturales no dependen del estado de la economía, que la magnitud de los eventos es aleatoria, idénticamente distribuida con una expectativa matemática de  $\mu$  y que

la periodicidad de los eventos tiene una distribución estacionaria con expectativa matemática de  $\lambda$ , se encuentra que la trayectoria del PIB per cápita es:

$$E \ln y_t = \ln y_0 + (sA - n - \delta - \lambda\mu)t \quad (2.1-1.9)$$

Esta expresión ilustra con claridad que los desastres naturales recurrentes y aleatorios afectan el ingreso per cápita y su tasa de crecimiento en el largo plazo. En este modelo el canal de transmisión es por medio de un mayor ritmo de depreciación del *stock* de capital (destrucción de puentes, hidroeléctricas, caminos, edificios, maquinaria y equipo, etc.). Como sostienen Ermoliev *et al.* (2000): "...una situación más compleja surge cuando los [impactos] son determinados endógenamente por la dinámica y el patrón espacial del crecimiento. En el caso general, los choques  $L_1, L_2, \dots$  y otros parámetros son afectados por el crecimiento de  $y(t)$ . La tasa de ahorro puede depender del nivel de ingreso y su distribución en la economía. Obviamente, a bajos niveles de ingresos, bajas tasas de ahorro. En este caso los [impactos] pueden reducirlos incluso a valores negativos, es decir, endeudamiento. La trayectoria de crecimiento en tales casos exhibe umbrales y trampas de pobreza".

Si bien desde un punto de vista teórico se pueden modelar rigurosamente aspectos esenciales de los desastres naturales y relacionarlos con la dinámica de crecimiento y desarrollo de los países, el trabajo empírico sigue siendo escaso. Gallup, Gaviria y Lora (2003) encuentran que los desastres pueden tener un efecto negativo sobre las tasas de crecimiento del PIB per cápita de los países de América Latina, después de controlar por variables como el PIB per cápita inicial, el nivel de educación, la expectativa de vida, la apertura comercial, la calidad de las instituciones, la infraestructura física e indicadores de geografía física y humana. Sin embargo, el indicador que utilizan, muertes efectivas, no necesariamente mide con rigor los efectos macroeconómicos de los desastres naturales. Un tratamiento más sistemático y riguroso es el realizado por Charlotte Benson (2003a). En esta investigación también se encuentra evidencia de que los desastres naturales reducen la tasa de crecimiento de los países, pues pueden afectar el rendimiento de la inversión y la acumulación de capital en el largo plazo.

Recientemente, la CEPAL (2003) actualizó su manual de evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. En particular, se presentan metodologías para examinar los efectos macroeconómicos tanto de corto como de mediano plazo. Las variables de interés son el PIB, la tasa de crecimiento, la inversión, la balanza de pagos, la inflación y las finanzas públicas. Finalmente, en el trabajo de Freeman *et al.* (2002a), se realiza un ejercicio interesante con métodos de simulación de Monte Carlo para el Salvador, donde ilustran como el rendimiento para un país en términos de crecimiento es mayor si toman seguros para afrontar los desastres frente a otras alternativas entre las que se incluye no asumir ninguna prevención.

## **Apéndice 2.1-2 Estimación de la participación pública y privada en el *stock* de capital agregado de la economía**

El impacto negativo debido al EMC en un momento  $t$  y en zona  $j$  puede definirse como  $L_t^j$ . Dicha pérdida se puede dividir en términos del stock de capital público y privado, como lo expresa la ecuación 2.1-2.1:

$$L_t^j = L_t^{jg} + L_t^{jp} \quad (2.1-2.1)$$

donde,  $g$  se refiere al stock de capital público y  $p$  al *stock* de capital privado. Dependiendo de la disposición de datos de inversión pública y privada, se podría tener un nivel mayor de desagregación. Es claro que la distribución de las pérdidas en la región  $j$  entre capital público y privado es aleatoria. En la medida que un *EMC* es un evento único y cuya frecuencia es muy baja es prácticamente imposible reconstruir las funciones de distribución de pérdidas entre la riqueza. Un criterio, si bien arbitrario, para distribuir las pérdidas netas del *EMC* es de acuerdo con la participación pública y privada en el *stock* de capital de la forma más desagregada posible.

En América Latina se han hecho esfuerzo para medir el stock de capital agregado. En el trabajo de Hofman (2000) se obtienen cifras desagregadas para varios países. Aunque en este trabajo no se discriminan los derechos de propiedad es factible obtener series de capital si se dispone de la inversión pública y privada. El método que se propone parte de la ecuación de acumulación 2.1-2.2:

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_t \quad (2.1-2.2)$$

donde,  $K$  es el *stock* de capital,  $I$  es la inversión y  $\delta$  es la tasa de depreciación. El stock de capital inicial a partir de cual se aplica la expresión anterior, se puede estimar una vez se conozca la relación capital producto ( $K/Y$ ) del año base (por ejemplo 1950). Esta se determina por el promedio de la relación de la Inversión al PIB ( $I/Y$ ) para el período de estudio (digamos 1950-2000) dividiendo por la tasa de crecimiento promedio del PIB real y la tasa de depreciación. Después de obtener la serie de capital público y privado, se obtienen la participación para cada año. Dichos coeficientes se aplican para obtener la pérdida pública y privada. Así, si se define  $\beta_t^j$  como la participación del capital público en el total para el año  $t$  de la región  $j$  se tienen las expresiones 2.1-2.3 para el stock de capital :

$$K_t^{jg} = \beta_t^j K_t^j \quad \text{y} \quad K_t^{jp} = (1 - \beta_t^j) K_t^j \quad (2.1-2.3)$$

donde,  $K_t^j$  es el stock de capital total de la región  $j$  en el momento  $t$ .

Para determinar el valor de las pérdidas sobre el capital público ( $K_t^{jg}$ ) y el capital privado ( $K_t^{jp}$ ), se aplica el factor de pérdidas que se obtiene del modelo de riesgo propuesto.

### ***Pérdidas por desempleo***

Los desastres naturales no sólo tienen costos en términos del *stock* de riqueza física de la sociedad. Un terremoto, una inundación o un huracán también generan costos en términos de flujos. En efecto, el evento puede significar un incremento importante de la tasa de desempleo y una reducción grande del ingreso de los sobrevivientes. En este sentido, en las pérdidas también se podría incluir una estimación de este rubro, cuando se trate de evaluaciones determinísticas de impactos potenciales o en el caso de un evento específico que ya haya ocurrido y para el cual se podría tener datos de las decisiones adoptadas por el gobierno o supuestos bien definidos.



Una manera sencilla es estimar el aumento de la tasa de desempleo que se genera por la desviación del PIB de su nivel potencial después del desastre. Esto se puede determinar por medio de la ley de Okun. La idea es estimar por métodos econométricos simples la siguiente relación:

$$u_t = TND - \theta_1 G + \theta_2 Dummy + e_t \quad (2.1-2.4)$$

donde,  $u_t$  es la tasa de desempleo observada en el momento  $t$ ;  $TND$  es la tasa natural de desempleo,  $G$  es la desviación porcentual del PIB observado respecto al PIB potencial y  $Dummy$  es una variable que podría captar el efecto de largo plazo sobre el desempleo, la cual toma un valor de 1 en el período del desastre y de 0 en caso contrario.

El coeficiente  $\theta_1$  es el parámetro de la regresión que permite determinar el efecto marginal de una reducción del PIB de su nivel potencial;  $\theta_2$  es el coeficiente que mide el aumento en la tasa natural de desempleo como consecuencia del desastre;  $e_t$  es un error con media cero y varianza constante. Entonces se podrían determinar los recursos para atender la población que pierde su ingreso laboral como:

$$\theta_1 * \Delta G * PEA * Sub * n \quad (2.1-2.5)$$

donde  $PEA$  es la población económicamente activa de la región  $j$ ,  $Sub$  es el monto del subsidio (seguro de desempleo) y  $n$  es el número de períodos en que se otorga el auxilio.

### Apéndice 2.1-3 Estimación de recursos por impuesto a transacciones financieras

Los recursos derivados de un impuesto del  $x$  por mil a las transacciones financieras se pueden estimar a partir de la ecuación cuantitativa de Fisher:

$$MV = PT \quad (2.1-3.1)$$

Donde,  $M$  es la cantidad de dinero;  $V$  es la velocidad del dinero;  $PT$  es el valor de las transacciones. Se asume que la base gravable del impuesto para el sector productivo  $i$  es una proporción constante de  $PTi$ , esto es,

$$BGi = \sigma(PTi) \quad (2.1-3.2)$$

por tanto, los ingresos tributarios por concepto de las transacciones del sector  $i$  son:

$$Ti = t(BGi) = t(\sigma(PTi)) \quad (2.1-3.3)$$

donde  $BGi$  es la base grabable,  $Ti$  son los ingresos tributarios,  $t$  es la tasa del  $x$  por mil (2 por mil, por ejemplo) y  $\sigma$  es un parámetro que se puede determinar arbitrariamente.

Podría incluso simplificarse más el cálculo si se asume que el ingreso del sector  $i$  es:

$$Yi = \xi(PTi) \quad (2.1-3.4)$$

es decir, una proporción de las transacciones totales. Se tiene por tanto que los ingresos del  $x$  por mil para el sector  $i$  son:

$$T_i = t(Y_i(\sigma/\zeta)) \quad (2.1-3.5)$$

asumiendo  $\sigma=1$ , se pueden calcular los ingresos por sectores por medio de la matriz insumo producto como lo propone Rodríguez (2003).

## **Apéndice 2.1-4 Acumulación de obligaciones de vigencias anteriores**

Determinar el monto de recursos que se puede obtener por reasignación presupuestal implica conocer detalladamente el proceso presupuestal de cada país. Es decir, las normas y las instituciones que definen la asignación de recursos del gobierno nacional y subnacional. Se debe tener presente que el presupuesto de un determinado año debe tratar con apropiaciones que por diversos motivos corresponden a vigencias pasadas. Este hecho hace que sea necesario tener en cuenta este aspecto, de ser posible, para determinar el gasto discrecional (inversión) que se puede reasignar en un momento dado. El proceso de manera general puede subdividirse en las siguientes etapas:

1. **Apropiaciones:** que pueden ser modificadas durante el año fiscal, pueden aumentarse, reducirse y transferirse entre partidas
2. **Compromisos:** cuando se suscriben contratos formales
3. **Obligaciones:** cuando el trabajo se ha terminado y se entregan los bienes y servicios, y se emiten las facturas respectivas
4. **Pagos:** cuando la tesorería emite los cheques
5. **Efectivo:** cuando los cheques se cobran

Al finalizar un año fiscal, no todos los trabajos están culminados, es decir, se han generado compromisos pero no obligaciones, a estos rubros se le denomina en algunos países “reservas de apropiación”, las cuales mantienen su vigencia para el siguiente período. En los otros casos, cuando los trabajos se terminaron y se entregaron pero los cheques no se han girado, se acumulan “cuentas por pagar” que se mantienen vigentes para el siguiente año fiscal. Esto es lo que se conoce como deuda flotante. La acumulación ínter temporal de estas obligaciones restringe los grados de libertad del gobierno. Finalmente, están las algunas veces denominadas “vigencias futuras”, que consisten en autorizaciones de compromisos de proyectos que duran más de un período fiscal. De allí que para determinar el monto de gasto discrecional se deban tener en cuenta (restar) estos ítems del presupuesto de gasto:

Gasto Total - Gasto de Funcionamiento - Amortizaciones - Intereses de deuda privada (nacional y externa) - Deuda Flotante = Gastos de Capital + Intereses de deuda externa con agentes multilaterales + Vigencias Futuras.

Así se propone que las reasignaciones de gasto contemplen los Gastos de Capital, la posible suspensión de pagos de intereses de deuda externa con organismos multilaterales y las vigencias futuras. El porcentaje de estos rubros podría determinarse en proporción a su costo de oportunidad.

## Apéndice 2.1-5 Análisis de la situación financiera externa del país

En relación con el crédito externo si bien existe un cierto grado de incertidumbre, es posible estimar los montos que se obtendrían por medio del análisis de la situación financiera externa del país. Los indicadores de vulnerabilidad convencionales son:

- Reservas / amortizaciones del año en curso o siguiente
- Reservas / servicio de la deuda externa total
- Reservas / (amortizaciones + déficit en cuenta corriente)

Los mercados internacionales observan las características del país y sus indicadores. Si estos reportan valores muy inferiores de 1, esto podría indicar serios problemas de liquidez e incluso de solvencia, lo que cerraría el mercado de capitales como fuente de recursos para el país. Los organismos multilaterales son otra fuente de recursos externos, que en general mantienen las líneas de crédito abiertas, sin embargo el monto factible depende también de las condiciones internas y financieras del país.

Una manera de estimar el monto de deuda externa que se podría obtener es calculando el nivel de endeudamiento en moneda extranjera que cumpla con la condición de sostenibilidad externa. Se parte de la identidad básica fundamental de flujos y *stock* para una economía abierta y relativamente pequeña:

$$e_{t+1}F_{t+1} = (1 + r^*)e_tF_t - BC_t \quad (2.1-5.1)$$

donde,  $e_t$  es el inverso de la tasa de cambio real promedio,  $r^*$  es la tasa de interés internacional,  $F_t$  es la deuda externa,  $BC_t$  es la balanza comercial medida en unidades monetarias nacionales reales. Resolviendo recursivamente esta ecuación se llega a la expresión 2.1-5.2:

$$F_t = \sum_{j=0}^{\infty} \left[ \prod_{k=0}^j (1 + r_{t+k}^*) \right]^{-1} BC_{t+j} + \lim_{T \rightarrow \infty} \left[ \prod_{k=0}^j (1 + r_{t+k}^*) \right]^{-1} e_{t+T} F_{t+T+1} \quad (2.1-5.2)$$

Como ningún país puede mantener un juego tipo Ponzi, es decir, cancelar su deuda con nuevo endeudamiento extranjero por siempre, pues los inversionistas extranjeros le imponen un límite al *roll over* de la deuda, el país tendrá que pagar al final todas sus obligaciones. Ello quiere decir que el valor presente de la deuda externa nacional en el fin de los tiempos debe ser cero. En la ecuación 2.1-5.2 eso significa que el segundo término del lado derecho de la ecuación es igual a cero. Por tanto, la condición de sostenibilidad externa se reduce a:

$$F_t = \sum_{j=0}^{\infty} \left[ \prod_{k=0}^j (1 + r_{t+k}^*) \right]^{-1} BC_{t+j} \quad (2.1-5.3)$$

La ecuación 2.1-5.3 expresa que las obligaciones externas de un país son sostenibles cuando los superávits comerciales, en valor presente, son iguales a los pasivos extranjeros actuales. El test econométrico de la sostenibilidad externa implica que la cuenta corriente debe ser una variable

estacionaria. Sin embargo, se puede encontrar el valor de la deuda externa sostenible. El indicador se construye normalizando todas las expresiones por el PIB. Se puede definir dicho nivel como lo indica la ecuación 2.1-5.4:

$$\bar{f} = \frac{bt_t}{r_t^* - q_t - \theta} \quad (2.1-5.4)$$

donde,  $q_t$  es la apreciación real de la moneda doméstica,  $bt$  es el saldo de balanza comercial como porcentaje del PIB,  $\bar{f}$  es la deuda externa sostenible como porcentaje del PIB,  $r^*$  la tasa de interés internacional y  $\theta$  la tasa de crecimiento del producto. Si en el momento del desastre se cumple que  $\bar{f} - f > 0$ , donde  $f$  es el monto de deuda externa como porcentaje del PIB efectiva, el país podría endeudarse por esa diferencia.

### ***La frontera de sostenibilidad: un indicador alternativo***

Uno de los problemas más graves que pueden impedir utilizar el indicador de endeudamiento externo sostenible es su alta sensibilidad a cambios erráticos de la tasa de cambio real y la tasa de interés real. En efecto, durante la década de lo ochenta los países de América Latina sufrieron grandes choques exógenos que generaron una gran inestabilidad macroeconómica, adicionalmente a ello se sumó la crisis de la deuda externa y las hiperinflaciones. En este contexto, las tasa de interés real fueron negativas y los tipos de cambio sufrieron una gran volatilidad. Como los indicadores son aproximaciones válidas cuando dichas variables presentan variaciones “normales” en algunos casos los resultados pueden ser poco confiables.

Del mismo modo, el indicador de crédito monetario interno no se podría usar en un período como el antes comentado, pues se implementaron cambios institucionales que invalidan cualquier supuesto razonable sobre el acceso de recursos de endeudamiento interno. Sobre el particular, vale la pena mencionar la independencia de los Bancos Centrales que impiden que el gobierno acceda a crédito monetario directo. Por estas razones, una alternativa válida es utilizar o verificar con otro indicador que se conoce como la frontera de sostenibilidad.

Se parte de la siguiente definición de sostenibilidad: un saldo de deuda pública es sostenible cuando de satisface la siguiente condición

$$\left(\frac{D}{Y}\right)_t \leq \left(\frac{D}{Y}\right)_0 \quad (2.1-5.5)$$

donde:

$D > 0$ ; es la deuda pública al final del año (0 y t)

$Y$ , es el Producto Interno Bruto en 0 y t

Esta condición indica que la deuda pública se define como sostenible cuando la razón  $D/Y$  decrece, o se mantiene constante. Derivando con respecto al tiempo, la condición anterior es equivalente a:

$$\frac{\theta D}{g Y} \leq \frac{D}{Y} \quad \text{con } \theta < g \quad (2.1-5.6)$$

donde,  $\theta$  es la tasa de crecimiento nominal de la deuda pública y  $g$  la tasa de crecimiento del PIB. Adicionalmente, se utilizan las definiciones convencionales de déficit fiscal ( $S$ ) y déficit primario ( $Sp$ ). Formalmente:

$$S = -\Delta D = T - G - iD \quad (2.1-5.7)$$

$$Sp = T - G = S + iD = -\Delta D + iD \quad (2.1-5.8)$$

Donde,  $\Delta D$  es la variación absoluta de la deuda pública,  $T$  los ingresos totales,  $G$  los gastos totales (netos de intereses),  $i$  la tasa de interés y  $D$  la deuda pública. Expresando las identidades anteriores en términos del PIB ( $Y$ ), se tiene:

$$\frac{S}{Y} = -\frac{\Delta D}{D} \frac{D}{Y} = -\theta \frac{D}{Y}, \quad (2.1-5.9)$$

$$\frac{Sp}{Y} = \frac{S}{Y} + i \frac{D}{Y} = (i - \theta) \frac{D}{Y}$$

Para obtener la frontera de sostenibilidad se comparan las condiciones (2.1-5.6) y (2.1-5.9) y se llega a la siguiente condición que relaciona el déficit primario (neto de intereses) y la razón deuda a PIB:

$$\frac{Sp}{Y} > (i - g) \frac{D}{Y} \quad (2.1-5.10)$$

donde,

$Sp$  es el superávit primario

$i$  es la tasa de interés

$g$  es la tasa de crecimiento del PIB.

Esta expresión algebraica se puede representar en un diagrama sencillo de dos dimensiones que aclarara el significado de las condiciones de la frontera de sostenibilidad (Pasinetti 1998). Para el ejercicio se prefirió trabajar con una tasa de interés de 10% y con la tasa promedio de crecimiento real. La razón es que durante varios períodos las tasas de interés fueron negativas y las tasas de crecimiento del PIB nominal presentaron grandes fluctuaciones. Se utilizaron los promedios de cinco años adelante para el déficit primario y para las tasas de crecimiento, con ello se pretende realizar un cálculo contrafactual que consiste en suponer que si se produce un evento catastrófico en el período  $t_0$ , el país podría acceder a crédito adicional dependiendo de la condición que establece la frontera de sostenibilidad.

Así las cosas, si el país se encuentra dentro de la frontera, entonces, dados los parámetros promedios de cinco años adelante, se empieza a aumentar el monto de deuda factible hasta el punto en el cual el país se sale de la frontera, en ese límite, se para y se supone que el monto de deuda factible es el que se podría obtener si las condiciones se mantuvieran por 5 años. Por tanto, la deuda

nueva es el monto total dividido por cinco. Para decidir la composición entre endeudamiento interno y externo se asume que el gobierno determina 50% para cada uno. De esta manera se obtiene el valor del nuevo endeudamiento factible externo e interno si se produce una catástrofe en el año  $t_0$ . Ahora bien, si el país se encuentra por fuera de la frontera de sostenibilidad se asigna un valor de nuevo crédito igual a cero.

### Apéndice 2.1-6 Aproximación para determinar el acceso a crédito interno

Una aproximación para determinar el acceso del gobierno a recursos de crédito interno es restringirse al sector bancario (lo cual supone que otros agentes no puedan ofrecer recursos al gobierno). La idea es determinar el monto del crédito del sector bancario al sector privado antes del desastre y luego introducir un nuevo rubro de inversión en bonos de deuda pública para atender el desastre como % del monto total de depósitos del sector bancario. A partir del Balance Financiero del Sistema se puede establecer la siguiente identidad:

$$D+A = F_p+R \quad (2.1-6.1)$$

donde,  $D$  corresponde a los depósitos de todo tipo (ahorros, cuenta corriente, CDT),  $A$  son redescuentos del Banco Central,  $R$  reservas en el emisor y  $F_p$  crédito al sector privado. Haciendo algunas adecuaciones y redefiniendo términos, se puede expresar que el crédito al sector privado está dado por la ecuación 2.1-6.2:

$$\hat{F}_p = \frac{(1-r)}{(1-d)(e+r)} B \quad (2.1-6.2)$$

donde,  $r=R/D$ , razón de reservas  $R$  a depósitos  $D$ ;  $d=A/F_p$ , razón de redescuentos  $A$  a crédito al sector privado  $F_p$ ;  $e =E/D$ , razón de efectivo  $E$  a depósitos  $D$ ; y  $B$  es la base monetaria. Los coeficientes se pueden estimar por medio de promedios para un período determinado y así obtener el valor del crédito al sector privado antes del impacto negativo. Una vez se produzca el desastre el gobierno podría acudir al sector bancario para obtener recursos líquidos. Se asume que  $e$  el monto se expresa como % de los depósitos del sistema,  $b=B/D$ . Entonces, la expresión 2.1-6.2 se convierte en la siguiente:

$$\hat{F}_p = \frac{(1-r-b)}{(1-d)(e+r)} B \quad (2.1-6.3)$$

De esta expresión se puede determinar  $b$  como proporción de los depósitos, dado el  $F_p$  por la ecuación sin que se haya presentado el desastre.

### Apéndice 2.1-7 Estimación del gasto sostenible intertemporal para desastres

La política fiscal es una secuencia de  $(g, h, d, t)$  y un valor inicial de la deuda  $b_0$ . Donde  $g$  es el gasto en funcionamiento e inversión como % del PIB,  $h$  son las transferencias del gobierno como porcentaje del PIB,  $d$  es el gasto para atender desastres como porcentaje del PIB y  $t$  son los ingresos del gobierno como porcentaje del PIB. Se dice que la política fiscal es sostenible si la deuda

no crece a ritmos mayores que la tasa de interés, o de manera equivalente, si la razón de deuda al PIB no crece más rápido que la diferencia entre la tasa de interés real y del PIB, es decir,  $r-\theta$ , donde  $r$  es la tasa de interés y  $\theta$  la tasa de crecimiento del PIB. La condición de sostenibilidad se expresa formalmente como:

$$-b_0 = \int_0^{\infty} (g + h + d - t)e^{-(r-\theta)s} ds \quad (2.1-7.1)$$

Esta expresión simplemente dice que la política fiscal es sostenible si el valor presente de los superávits primarios  $-(g+h+d-t)$  descontados a la tasa  $r-\theta$  es exactamente igual al valor de la deuda inicial. Por supuesto, esta condición, ex-post, siempre se cumple. Por tanto, lo interesante es saber si en un momento del tiempo se requerirá un cambio drástico de las variables fiscales, y si es así, determinar cuál es su magnitud. Aprovechando esta idea, se puede hacer la siguiente pregunta: ¿cuál es la tasa constante de gasto para atender desastres ( $d^*$ ) que permite asegurar que la condición de sostenibilidad se cumpla? Para responder a esta pregunta, se debe asumir unas trayectorias para  $g$ ,  $h$  y  $t$ , y luego utilizar la condición de sostenibilidad para determinar el nivel de  $d^*$  sostenible. La condición del sostenibilidad se puede escribir de la siguiente manera:

$$-b_0 = \int_0^{\infty} (g + h - t)e^{-(r-\theta)s} ds + \int_0^{\infty} d^* e^{-(r-\theta)s} ds \quad (2.1-7.2)$$

reordenando términos e integrando, se llega a la siguiente expresión:

$$-b_0 - \int_0^{\infty} (g + h - t)e^{-(r-\theta)s} ds = \frac{d^*}{r - \theta} \quad (2.1-7.3)$$

despejando y ordenando signos, llegamos a la respuesta de la pregunta:

$$d^* = \left[ \int_0^{\infty} (t - g - h)e^{-(r-\theta)s} ds - b_0 \right] (r - \theta) \quad (2.1-7.4)$$

Entonces, se puede definir el indicador el indicador  $d^*-d$ , donde  $d^*$  es el gasto para desastres que cumple la condición de sostenibilidad y  $d$  es el gasto corriente que se requiere para hacer frente a un desastre mayor. Si  $d^*-d < 0$ , se puede concluir que el gobierno no podría asumir todos los costos, excepto si está dispuesto a reasignar gasto, a incrementar impuestos o a endeudarse interna o externamente incumpliendo la condición de sostenibilidad. Como debe quedar claro de la ecuación, para determinar  $d^*$  se requiere información para horizontes infinitos de la tasa de interés real y de crecimiento, como de los flujos de las variables fiscales. Esta exigencia de información obliga a diseñar indicadores para horizontes de tiempo finito. Suponiendo que se desea determinar el nivel del gasto para desastres  $d^*$  constante sostenible para  $n$  años. La idea entonces es que para trayectorias de  $t$ ,  $g$ ,  $h$ , el nivel de  $d^*$  garantice que la razón deuda al PIB después de  $n$  años sea igual al saldo de deuda inicial, es decir,  $b_0$ . Utilizando el mismo esquema contable, se llega finalmente a la expresión siguiente:

$$d_n^* = \left[ \left(1 - e^{-(r-\theta)n}\right)^{-1} \int_0^n (t - g - h) e^{-(r-\theta)s} ds - b_0 \right] (r - \theta) \quad (2.1-7.5)$$

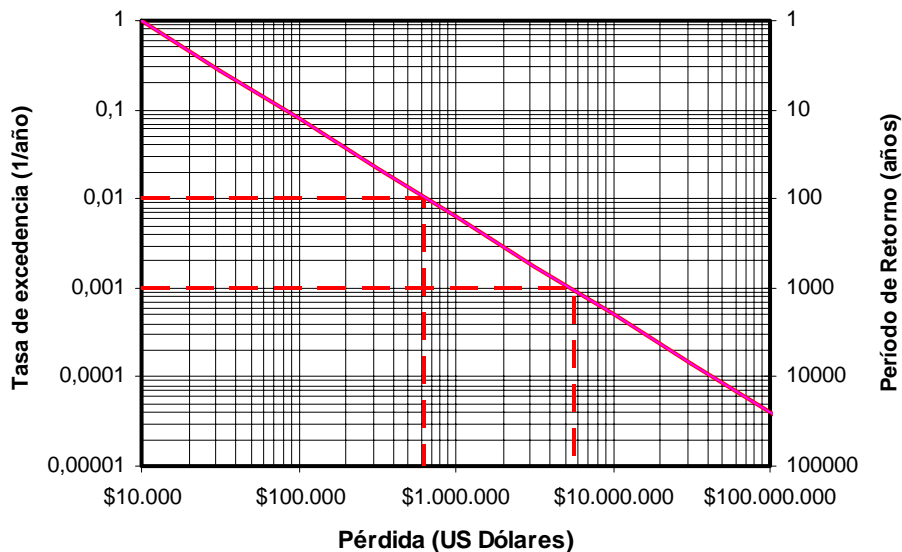
Si  $n$ ,  $r$  y  $\theta$  son pequeños,  $d_n^*$  es aproximadamente igual al valor promedio de los superávits primarios durante los  $n$  períodos menos el saldo de la deuda como porcentaje del PIB multiplicada por la tasa de interés real neta de la tasa de crecimiento del PIB, como lo expresa la ecuación una vez solucionada la integral, así:

$$d_n^* = (t - g - h) - b_0(r - \theta) \quad (2.1-7.6)$$

### Apéndice 2.1-8 Algunas palabras sobre las curvas de tasa de excedencia y períodos de retorno

La Figura 2.1-8.1 describe y da un ejemplo de una curva de tasas de excedencia imaginaria. Indica, por ejemplo, que una pérdida igual o mayor de aproximadamente 600,000 USD ocurrirá 0.01 veces por año o, alternativamente, una vez cada 100 años –su período de retorno. Además, muestra que una pérdida de aproximadamente 5,600,000 USD tiene una tasa de excedencia de 0.001/año, o un período de retorno de 1000 años.

**Figura 2.1-8.1 Curva de tasas de excedencia y períodos de retorno de pérdidas económicas en un ejemplo imaginario**



Como se muestra en el Apéndice 2.1-9, bajo hipótesis razonables, una curva como la presentada en la figura 2.1-8.1 contiene toda la información necesaria para valorar, en el sentido probabilístico, el impacto económico del desastre asociado. La determinación de esta curva requiere un análisis probabilístico completo, cuya descripción fuera del alcance de este apéndice.



Sin embargo, aquí se postula que es factible calcular, con métodos aproximados, algunos puntos de la curva de tasas de excedencia de pérdidas económicas, que con buenos indicadores del impacto económico se pueden obtener. En otras palabras se postula que las pérdidas asociadas a períodos de retorno seleccionados son buenas medidas de las pérdidas esperadas, y que pueden ser calculadas como métodos aproximados.

Se ha comprobado que el concepto de período de retorno es engañoso. El período de retorno de un desastre con una pérdida  $L$  es el tiempo promedio entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores que  $L$ . Por ejemplo, si se indica que un período de retorno de un desastre que produce pérdidas de 1,000,000 USD es 100 años, se quiere decir que, en promedio, se debe esperar un desastre con pérdidas iguales o mayores que 1,000,000 cada 100 años. Nótese que no se quiere señalar nada sobre cuánto tiempo se tiene que esperar para ver el siguiente desastre de esta naturaleza (la clase de desastres que produce pérdidas por encima de 1,000,000 USD); sólo se esta especificando el tiempo promedio de espera.

Sin embargo, tal vez debido a factores psicológicos relacionados con la percepción del riesgo, parece que las personas creen que si un desastre determinado se asocia a un período de retorno  $T_r$ , es casi imposible tener un desastre de este tipo en año siguiente, o dentro de dos años, o, en general, relativamente cerca en el futuro. El concepto de período de retorno parece implicar la noción de periodicidad, así que las personas actúan como si creyeran que la probabilidad de tener un desastre de la clase analizada aumenta mientras el tiempo de espera se aproxima al período de retorno. Aunque modelos de algunos procesos de espera tienen esta peculiaridad, la evidencia empírica demuestra que, para la mayoría de los casos, un modelo Poisson es una mejor representación del proceso de ocurrencia de desastres en el tiempo.

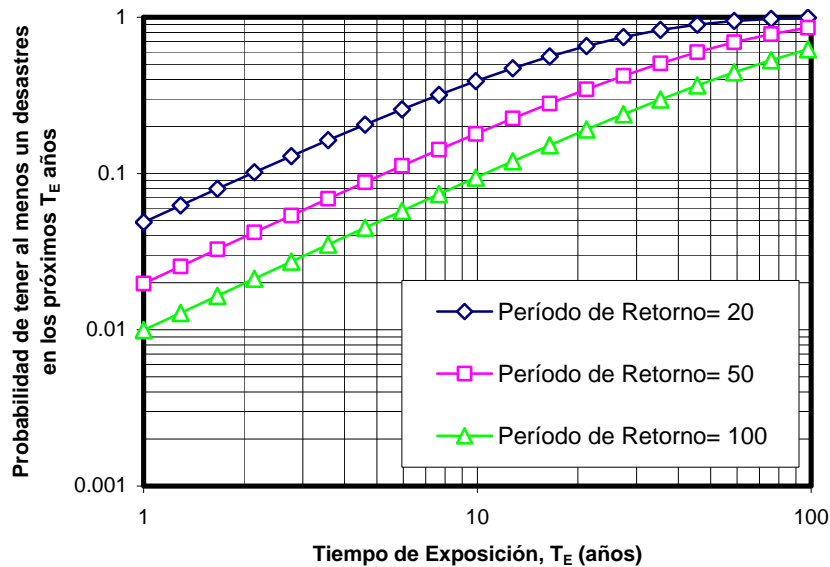
Como se muestra en el Apéndice 2.1-9, si el tiempo de ocurrencias es Poissoniano, entonces los tiempos entre eventos son independientes y exponencialmente están relacionados con el parámetro  $\lambda$ ; esta cantidad es exactamente la tasa de excedencia del desastre o, en otras palabras, el inverso de su período de retorno. Por lo tanto, la probabilidad,  $P_F$ , de tener por lo menos un desastre de la clase analizada en los próximos  $T_E$  años (usualmente llamado el *tiempo de exposición*) puede ser calculado con la siguiente expresión (ver Apéndice 2.1-9):

$$P_F = 1 - e^{-\frac{T_E}{T_R}} \quad (2.1-8.1)$$

Los resultados son, de alguna manera, sorprendentes. La figura 2.1-8.2 muestra  $P_F$  como una función del período de retorno y del tiempo de exposición.

Por ejemplo, incluso cuando se habla sobre un desastre relativamente poco frecuente –aquel con un período de retorno de 100 años– la probabilidad de tener al menos alguno de estos eventos el año siguiente es aproximadamente del 1% (es, obviamente, no imposible), y la probabilidad de tener este desastre dentro de los próximos 10 años es cerca del 10%. Para un desastre más frecuente ( $T_R=20$  años), la probabilidad de experimentar uno de su clase (o mayor) el año entrante es del 5%, mientras, que el de sufrirlo en 10 años es del 40%. Por referencia, se han incluido algunos de estos valores en la tabla 2.1-8.1.

**Figura 2.1-8.2 Probabilidad de tener por lo menos un desastre de diferentes períodos de retorno en los próximos  $T_E$  años**



**Tabla 2.1-8.1 Probabilidad de tener al menos un desastres de un período de retorno  $T_R$  en los próximos  $T_E$  años**

Tiempo de exposición, $T_E$ (los próximos $N$ años)	Período de Retorno del evento, $T_R$ (años)		
	20	50	100
1	5%	2%	1%
5	22%	10%	5%
10	39%	18%	10%
20	<b>63%</b>	33%	18%
50	92%	<b>63%</b>	39%
100	99%	86%	<b>63%</b>
200	100%	98%	86%

La experiencia indica que el riesgo es mejor percibido cuando se expresa en términos de probabilidades de excedencia en espacios de tiempo determinados (la “probabilidad de ruina” del análisis probabilístico clásico) que cuando se especifica en términos del período de retorno de la “ruina”.

### **Apéndice 2.1-9 Relaciones matemáticas entre las tasas de excedencia y otras interesantes y útiles medidas de riesgo**

Sea  $\lambda(I)$  la tasa de excedencia de intensidades, definida como el número medio de eventos por unidad de tiempo cuya intensidad es mayor que el valor  $I$ . También sea  $v(y)$  la tasa de excedencia

de las pérdidas; es decir, el número medio de eventos por unidad de tiempo que produce una pérdida mayor que el valor  $y$ . En general,  $v(y)$  se calcula como sigue:

$$v(y) = \int_0^{\infty} -\frac{d\lambda(I)}{dI} \Pr(Y > y | I) dI \quad (2.1-9.1)$$

donde  $\Pr(Y > y | I)$  es la probabilidad de que las pérdidas sean mayores que  $y$  dado que un evento con intensidad  $I$  ha ocurrido. El cálculo de estas probabilidades involucra el uso de una función de vulnerabilidad que relaciona pérdidas e intensidad en el sentido probabilístico.

El período de retorno de la pérdida  $y$ ,  $Tr(y)$  es definido como el tiempo medio entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores a  $y$ . El período de retorno de esta pérdida es el inverso de su tasa de excedencia:

$$T_r(y) = \frac{1}{v(y)} \quad (2.1-9.2)$$

La distribución de la probabilidad de la pérdida durante el próximo evento,  $P(y)$ , es la probabilidad de que la pérdida sea menos que  $y$  en el próximo evento. Esta distribución esta dada por:

$$P(y) = \Pr(Y < y) = 1 - \frac{v(y)}{v(0)} \quad (2.1-9.3)$$

donde  $v(0)$  es el número medio de eventos por unidad de tiempo. Por definición,  $v(\infty)=0$ . La función de densidad de probabilidades de la pérdida durante el próximo evento puede ser obtenida mediante la derivación de la ecuación 2.1-9.3:

$$p(y) = -\frac{1}{v(0)} \frac{dv(y)}{dy} \quad (2.1-9.4)$$

Si el proceso de ocurrencia del evento es del tipo de Poisson, entonces la probabilidad de que la máxima pérdida en un año sea mayor a un valor dado,  $z$ , es la siguiente:

$$\Pr(y_{\max} > z) = 1 - e^{-v(z)} \quad (2.1-9.5)$$

También bajo el supuesto de un proceso Poissoniano, la probabilidad de tener al menos un evento produciendo pérdidas igual o mayor a  $y$  en los próximos  $T_E$  años,  $P_0$ , esta dado por:

$$P_0 = 1 - e^{-v(y)T_E} \quad (2.1-9.6)$$

De la suposición de Poisson, también se sigue que la función de densidad de probabilidades de los tiempos entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores a  $y$  es una exponencial con el parámetro  $v(y)$ , es decir:

$$p_t(t) = v(y)e^{-v(y)t} \quad (2.1-9.7)$$

La pérdida anual esperada esta definida como el valor medio de la suma de pérdidas en un año. Esta puede calcularse de la siguiente manera:

$$\bar{y} = v(0) \int_0^{\infty} yp(y)dy \quad (2.1-9.8)$$

donde  $p(y)$  esta dado en la ecuación 2.1-9.4. Reemplazando 2.1-9.4 en 2.1-9.8 conduce a:

$$\bar{y} = - \int_0^{\infty} y \frac{dv(y)}{dy} dy = - \int_0^{\infty} y dv(y) \quad (2.1-9.9)$$

La ecuación 2.1-9.9 muestra que la pérdida anual esperada puede ser calculada mediante la integración de la curva de tasas de excedencia de perdidas.

La pérdida anual esperada en el campo de los seguros se le conoce como la prima pura o prima técnica. Es el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de los eventos es estacionario y que a las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después del evento (Esteva 1970).

### **Apéndice 2.1-10 Cómo tener en cuenta las incertidumbre en las funciones de vulnerabilidad**

Tal como está indicado en el Apéndice 2.1-9, la tasa de excedencia de las pérdidas puede calcularse con la siguiente expresión:

$$v(y) = \int_0^{\infty} - \frac{d\lambda(I)}{dI} \Pr(Y > y | I) dI \quad (2.1-10.1)$$

donde  $\lambda(I)$  es la tasa de excedencia de intensidades y  $\Pr(Y > y | I)$  es la probabilidad de que las pérdidas sean mayores que  $y$  dado que se presente un evento con intensidad  $I$ . La figura 2.1-10.1 representa un ejemplo de  $\lambda(I)$ , que hace referencia a la amenaza sísmica; en este caso,  $I$  significa aceleración de pico de suelo.

Sea  $V(I)$  la función de vulnerabilidad; es decir, el valor esperado de la pérdida dado que se ha presentado un evento con intensidad  $I$ . Si la función de vulnerabilidad fuese determinística, entonces, dado un evento con intensidad  $I$ , la pérdida sería exactamente igual a su valor esperado,  $V(I)$ , sin incertidumbre. La figura 2.1-10.2 da un ejemplo de una función de vulnerabilidad para terremoto.

Figura 2.1-10.1 Ejemplo de tasa de excedencia de intensidades,  $\lambda(I)$

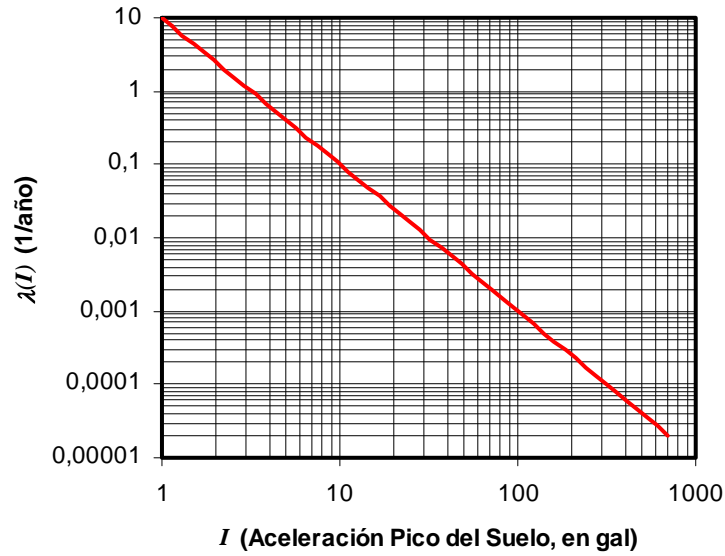
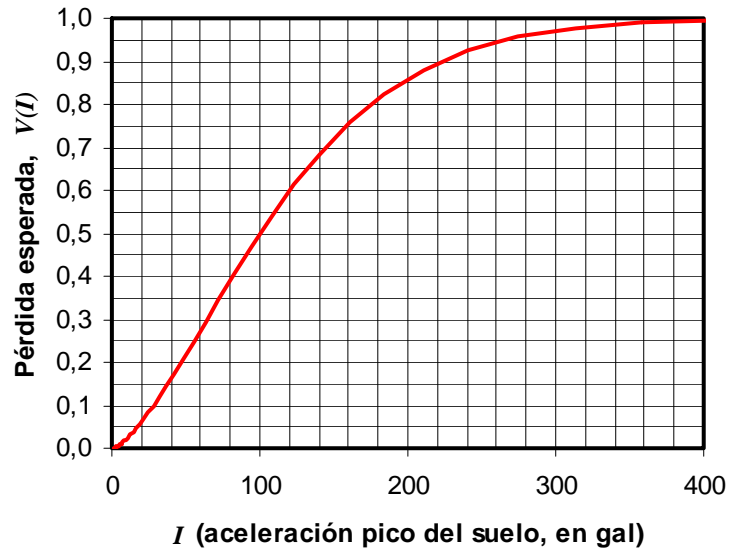


Figura 2.1-10.2 Ejemplo de una función de vulnerabilidad para terremoto



En el caso de una función de vulnerabilidad determinística,

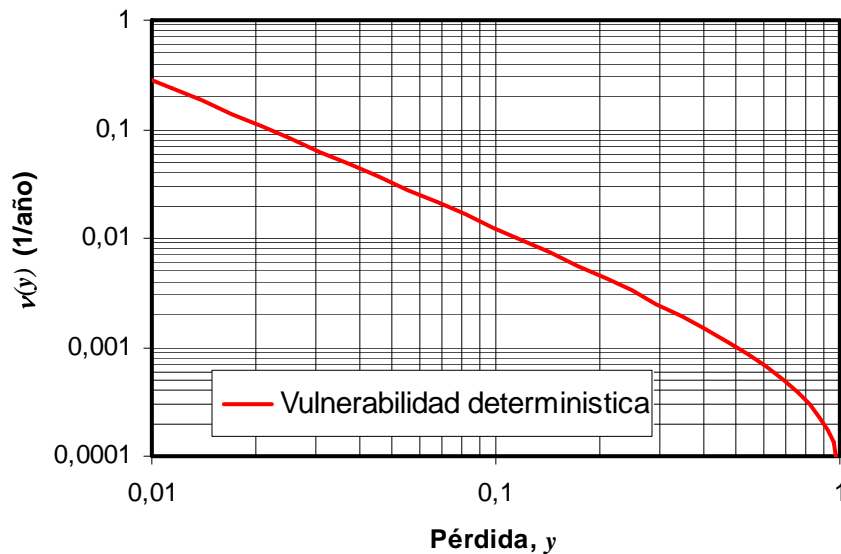
$$\Pr(Y > y | I) = \begin{cases} 0 & \text{if } I < I_c(y) \\ 1 & \text{if } I \geq I_c(y) \end{cases} \quad (2.1-10.2)$$

donde  $I_c(y)=V^{-1}(y)$  es la intensidad que (determinísticamente) produce una pérdida igual a  $y$ . Reemplazando 2.1-10.1 en 2.1-10.2, se obtiene:

$$v(y) = - \int_{I_c(y)}^{\infty} d\lambda(I) = -[\lambda(\infty) - \lambda(I_c(y))] = \lambda[I_c(y)] \quad (2.1-10.3)$$

En otras palabras, la tasa de excedencia de la pérdida  $y$  es igual a la tasa de excedencia de la intensidad que, determinísticamente, produce una pérdida igual a  $y$ . La Figura 2.1-10.3 presenta un ejemplo de la tasa de excedencia de la pérdida  $y$ , calculada utilizando la tasa de excedencia de intensidades y las curvas de vulnerabilidad con la forma de las figuras 2.1-10.1 y 2.1-10.2, respectivamente.

**Figura 2.1-10.3 Tasa de excedencia de pérdidas,  $y$ , calculada con la tasa de excedencia de intensidades y las curvas de vulnerabilidad, figuras 2.1-10.1 y 2.1-10.2, respectivamente. La vulnerabilidad ha sido asumida en forma determinística.**



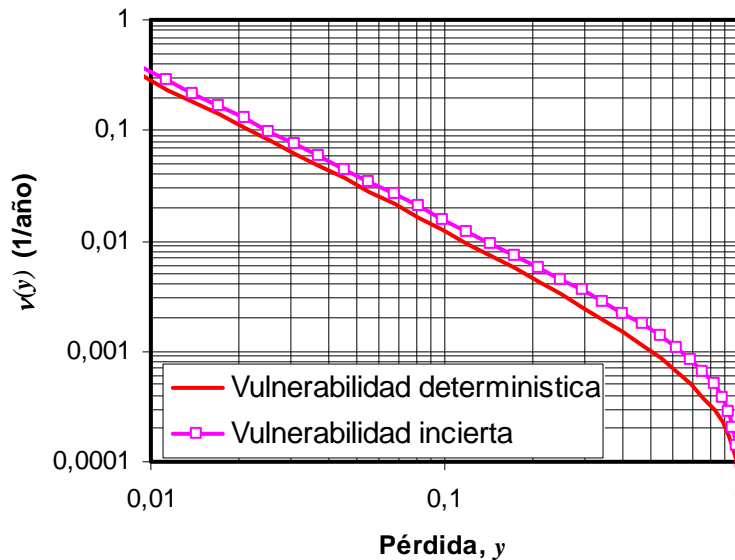
No obstante, las funciones de vulnerabilidad no son determinísticas, y la incertidumbre subyacente se debe ser valorar. Esto se puede hacer formalmente calculando la integral dada en la ecuación 2.1-10.1, la cual necesitaría un detallado conocimiento de las distribuciones de probabilidad de los estados dañado, o la “fragilidad” de la estructura. Para continuar con el ejemplo, se asume que la fragilidad estructural es conocida, y dada en los siguientes términos. El valor esperado de las pérdidas para una intensidad dada será de nuevo la función de vulnerabilidad de la figura 2.1-10.2.

La desviación estándar de las pérdidas dada una intensidad será descrita por:

$$\sigma(I) = V(I)[1 - V(I)] \quad (2.1-10.4)$$

Aún más, se asume que, dada una intensidad, las pérdidas tienen una distribución Beta con el valor esperado y la variante ya definida. Bajo estas suposiciones, y teniendo en cuenta las incertidumbres en las relaciones de vulnerabilidad, se obtiene la curva de tasas de excedencia de pérdida de la figura 2.1-10.4, donde se compara esta curva con la obtenida sin tener en cuenta la incertidumbre en la relación de vulnerabilidad.

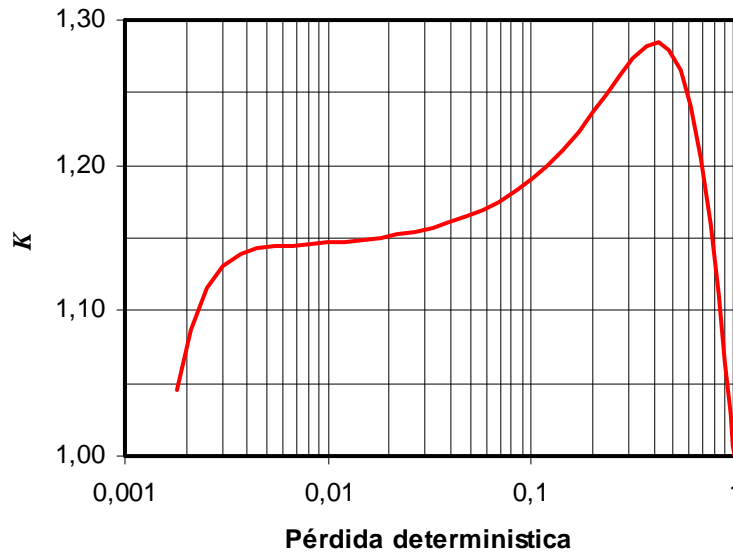
**Figura 2.1-10.4 Tasa de excedencia de pérdidas,  $y$ , calculada con la tasa de excedencia de intensidades y las curvas de vulnerabilidad de las figuras 2.1-10.1 y 2.1-10.2, respectivamente. Dos casos se presentan: vulnerabilidades determinísticas e inciertas.**



Nótese en la figura 2.1-10.4 que, para una tasa de excedencia dada o período de retorno, la pérdida asociada para la vulnerabilidad incierta es mayor que la pérdida asociada al caso determinístico, el cual es el efecto usual de la incertidumbre en las funciones de vulnerabilidad. Por lo tanto, es claro que para valorar la incertidumbre, las pérdidas calculadas sin tenerla en cuenta deben ser multiplicadas por un factor mayor a 1. En el texto principal este factor ha sido llamado  $K$ , definido como la relación entre pérdidas asociadas a un período de retorno considerando vulnerabilidad incierta y las pérdidas asociadas al mismo período de retorno pero ignorando la incertidumbre en la relación de vulnerabilidad. La figura 2.1-10.5 muestra el factor  $K$  en función de pérdidas determinísticas para el ejemplo desarrollado en este apéndice.

Como se puede apreciar, el cálculo exacto del factor  $K$  es problemático y requiere de información detallada sobre la fragilidad de la estructura. Dentro del alcance de este proyecto, es poco probable que la información esté disponible. Para resolver parcialmente este problema, se propone la aproximación de primer orden que será descrita en los siguientes párrafos.

**Figura 2.1-10.5 Factor K, descrito como una función de las pérdidas determinísticas.**



Se asumirá que, dado un evento con intensidad  $I$ , las pérdidas tienen la distribución de Rosenblueth (1981), es decir, una función de densidad de probabilidades consistente en dos masas de probabilidades de valores  $P_1$  y  $P_2$  en  $y_1$  y  $y_2$ , respectivamente. Formalmente,

$$p(y | I) = P_1 \delta(y_1) + P_2 \delta(y_2) \quad (2.1-10.5)$$

donde  $P_1 + P_2 = 1$  y  $\delta$  es la función Delta de Dirac. Bajo estas suposiciones

$$\Pr(Y > y | I) = \begin{cases} 0 & \text{if } y < y_1 \\ P_1 & \text{if } y_1 \leq y < y_2 \\ 1 & \text{if } y \geq y_2 \end{cases} \quad (2.1-10.6)$$

de donde se sigue que

$$v(y) = - \int_0^{I_1} \frac{d\lambda(I)}{dI} 0 dI - P_1 \int_{I_1}^{I_2} \frac{d\lambda(I)}{dI} dI - \int_{I_2}^{\infty} \frac{d\lambda(I)}{dI} dI \quad (2.1-10.7)$$

donde  $I_1 = V^{-1}(y_1)$  y  $I_2 = V^{-1}(y_2)$ . De la ecuación 2.1-10.7, y recordando que  $\lambda(\infty) = 0$ , la siguiente expresión puede ser obtenida:

$$v(y) \approx P_1 \lambda(I_1) + P_2 \lambda(I_2) \quad (2.1-10.8)$$



La ecuación 2.1-10.8 es una aproximación al valor exacto de  $v(y)$ . Sin embargo, se puede apreciar que esta aproximación es más fácil de calcular que el valor exacto. Si, como es común, la pérdida dada una intensidad se asume que tiene una distribución Beta, entonces  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $y_1$  y  $y_2$  se pueden calcular con las siguientes expresiones:

$$y_1 = \frac{a^2 + a(b+2) + b + 1 - \sqrt{(a+1)(b+1)(a+b+1)}}{(a+b+2)(a+b+1)} \quad (2.1-10.9)$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \frac{ab(a+b+2)^2}{((a^2 - b - b^2 + a)u + (a+b)^2 + ab^2 + a^2b + a + b)(a+b)} \quad (2.1-10.10)$$

$$u = \sqrt{\frac{(a+1)(b+1)}{a+b+1}} \quad (2.1-10.11)$$

$$P_2 = 1 - P_1 \quad (2.1-10.12)$$

$$y_2 = \frac{1}{P_2} \left( \frac{a}{a+b} - P_1 y_1 \right) \quad (2.1-10.13)$$

donde  $a$  y  $b$  son los parámetros de la distribución Beta relacionada al valor esperado de la pérdida y su varianza de la siguiente manera:

$$a = \frac{1 - V(I) - V(I) C^2(I)}{C^2(I)} \quad (2.1-10.14)$$

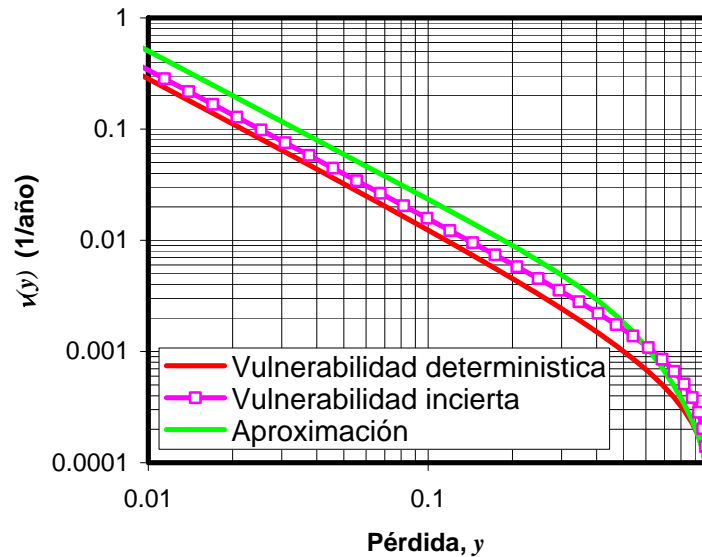
$$b = a \left[ \frac{1 - V(I)}{V(I)} \right] \quad (2.1-10.15)$$

donde

$$C(I) = \frac{\sigma(I)}{V(I)} \quad (2.1-10.16)$$

En la figura 2.1-10.6 se presenta un ejemplo de la tasa de excedencia de pérdidas calculada con la aproximación descrita.

**Figura 2.1-10.6 Aproximación a la tasa de excedencia de pérdidas calculada usando la distribución de Rosenblueth. Es comparada con el valor exacto (“Vulnerabilidad incierta”) y el caso de vulnerabilidad determinística.**



### Apéndice 2.1-11 Derivación de las reglas de agregación de pérdidas propuestas

Se desea obtener la pérdida económica total en un país con un período de retorno  $T_r$  debido a desastres naturales. La tasa de excedencia de las pérdidas para la  $i$ -ma ciudad se puede modelar como:

$$v_i(y_i) = K_i (y_i)^{\rho_i} \quad \rho_i < 0 \tag{2.1-11.1}$$

donde  $y_i$  es el valor de la pérdida en la ciudad,  $K_i$  y  $\rho_i$  son parámetros de la función de la tasa de excedencia de pérdidas. El valor de  $\rho_i$  es la pendiente de la curva  $v_i$  versus  $y_i$  en escala logarítmica. Suponiendo que se conocen las pérdidas para las ciudades más importantes en el país para el período de retorno  $T_r = 1/v_0$ . El valor  $K_i$  puede ser calculado de 2.1-11.1:

$$K_i = \frac{v_0}{(p_i)^{\rho_i}} \tag{2.1-11.2}$$

donde  $p_i$  es la pérdida en la  $i$ -ma ciudad con período de retorno  $T_r$ . Considérese que hay dos ciudades en el país y están suficientemente lejos como para que sus pérdidas sean independientes la una de la otra. En este caso, la tasa de excedencia de la pérdida total es la suma de las tasas de excedencia de las pérdidas individuales:

$$v(y) = v_1(y) + v_2(y) \tag{2.1-11.3}$$

Se esta buscando el valor de  $y$  para el cual  $v(y) = v_0$ . Reemplazando 2.1-11.1 y 2.1-11.2 e la ecuación 2.1-11.3,

$$v_0 = \frac{v_0}{(p_1)^{\rho_1}} y^{\rho_1} + \frac{v_0}{(p_2)^{\rho_2}} y^{\rho_2} \quad (2.1-11.4)$$

$$1 = \frac{1}{(p_1)^{\rho_1}} y^{\rho_1} + \frac{1}{(p_2)^{\rho_2}} y^{\rho_2} \quad (2.1-11.5)$$

Por simplicidad, se asume que  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ . En vista de esto, la ecuación 2.1-11.5 puede entonces ser re-escrita como:

$$y^\rho = p_1^\rho + p_2^\rho \quad (2.1-11.6)$$

La ecuación 2.1-11.6 es entonces la regla de combinación para el caso de pérdidas independientes.

Se propone calcular el coeficiente  $\rho$  con la curva de tasa de excedencia de pérdidas de la ciudad que tiene la mayor pérdida para el período de retorno seleccionado, calculado usando una función de vulnerabilidad determinística; esta pérdida se denominará  $y_m$ .

Por ejemplo, considerando la siguiente tasa de excedencia de intensidad, típica de la amenaza sísmica:

$$\lambda(I) = \left( \frac{I_0}{I} \right)^r \quad (2.1-11.7)$$

donde  $I$  representa la intensidad y  $I_0$  y  $r$  son parámetros. Además, teniendo en cuenta la siguiente función de vulnerabilidad, también tomada de la amenaza sísmica:

$$V(I) = 1 - \exp \left\{ \ln 0.5 \left( \frac{I}{\gamma} \right)^\alpha \right\} \quad (2.1-11.8)$$

donde  $\alpha$  y  $\gamma$  son parámetros. Si la función de vulnerabilidad es determinística, entonces la tasa de excedencia de pérdidas  $y$  es igual a la tasa de excedencia de la intensidad que produce esta pérdida:

$$v(y) = \lambda[I(y)] \quad (2.1-11.9)$$

$I(y)$  puede ser obtenido invirtiendo la ecuación 2.1-11.8:

$$I(y) = \gamma \ln(2)^{-1/\alpha} [-\ln(1-y)]^{1/\alpha} \quad (2.1-11.10)$$

y de la ecuación 11.9 se tiene que

$$v(y) = \left[ \frac{I_0 \ln(2)}{-\ln(1-y)} \right]^{r/\alpha} \gamma^{-r} \quad (2.1-11.11)$$

Recordando que  $\rho$  puede considerarse como la pendiente de la curva de tasas de excedencia de pérdidas,  $v(y)$ , en la escala log-log, se sigue que

$$\rho = \frac{d \ln v(y)}{d \ln y} = y \frac{d \ln v(y)}{dy} \quad (2.1-11.12)$$

valorado en  $y=y_m$ . En vista de esto,  $\rho$  puede ser calculado de las ecuaciones 2.1-11.11 y 2.1-11.12, conduciendo a:

$$\rho = \frac{r y_m}{\alpha(1-y_m) \ln(1-y_m)} \quad (2.1-11.13)$$

que es el valor que debe usarse en la regla de combinación dada en la ecuación 2.1-11.6.

## 2.2 Índice de desastres locales (IDL)

Los indicadores de este índice se pueden calcular utilizando la base de datos DesInventar de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, que tiene registros de la mayoría de los países de América Latina y el Caribe discriminados por tipos de eventos (fenómenos), tipos de efectos a nivel municipal, así como también acumulaciones y estadísticas temporales y espaciales (La RED 2002). Esta base de datos sobre desastres locales (por municipio) se ha venido construyendo en los últimos diez años y cuenta con cerca de 80,000 registros de 16 países donde aproximadamente el 70% de los mismos corresponde a eventos ocurridos después de 1970. En general, esta base de datos registra los efectos de la mayoría de eventos recurrentes que son resultado de la variabilidad climática y el cambio global ambiental.

Dado que, de acuerdo con las denominaciones e intereses de cada país, existen muchos tipos de eventos en la base de datos DesInventar, estos se clasifican en seis categorías: fenómenos geodinámicos externos e internos, hidrológicos, atmosféricos, tecnológicos y biológicos, como lo indica el Apéndice 2.2-1. Sin embargo, para simplificar, a los fenómenos geodinámicos externos se les denomina coloquialmente como a) *deslizamientos y flujos* y a los fenómenos geodinámicos internos se les identifica como eventos b) *sismo-tectónicos*. Se agrupan los fenómenos hidrológicos con los atmosféricos y se les denomina coloquialmente como c) *inundaciones y tormentas* e igualmente se agrupan los fenómenos tecnológicos y biológicos y se les identifica como d) *otros eventos*.

La base de datos DesInventar presenta datos de diversa índole pero de su revisión cuidadosa se considera que la información más confiable es el número de muertos, las viviendas destruidas y el número de afectados (La RED 2002). También hay información que se considera relativamente completa acerca de heridos, damnificados, viviendas y hectáreas de cultivos afectadas. El resto de la información que presenta sobre efectos en los diferentes sectores, tipos de infraestructura, industria y servicios es muy poco confiable.

De acuerdo con lo anterior, la base de datos debe adecuarse para procesar la información de tres variables: i) muertos, ii) afectados y iii) pérdidas directas –representadas en una valoración económica de las viviendas y cultivos destruidos– para los cuatro tipos de evento. Se considera pertinente adicionar afectados con damnificados, cuando son figuras diferentes en la base de datos, dado que en algunos países se usa una u otra denominación para lo mismo, y se ha acordado adicionar las viviendas destruidas con las viviendas afectadas, considerando que una vivienda afectada corresponde a 0.25 viviendas destruidas.<sup>18</sup> El valor de reposición de cada vivienda destruida se asume equivalente al valor promedio de una vivienda de interés social según el patrón existente en cada país (número de metros cuadrados), en el período de análisis, y que el valor por metro cuadrado de vivienda de interés social corresponde al valor de un salario mínimo legal promedio en el mismo período. Por otra parte, el valor de una hectárea de cultivos se determina con base en un precio promedio ponderado de las áreas de cultivos usualmente afectadas, según el criterio de expertos de cada país en el período de análisis.

---

<sup>18</sup> En general se considera que cuando el daño en una construcción supera el 50% su reparación no se justifica. Por lo que, para este tipo de aproximaciones, un criterio aceptable es considerar que una “construcción afectada” equivale a un daño del 25% en promedio.

Puesto que la información de DesInventar permite obtener las estimaciones anteriores para todos los municipios o localidades de cada país, cada valor debe normalizarse teniendo en cuenta la superficie (en kilómetros cuadrados) de cada municipio. Los valores normalizados permiten tener una noción local de la concentración y son los valores que deben utilizarse para efectos de la construcción de los indicadores agregados nacionales.

De acuerdo con lo anterior, el  $IDL$ , que se obtiene de la ecuación 2.2.1, corresponde a la adición de tres subíndices de desastres locales, teniendo en cuenta muertos  $K$ , afectados  $A$ , y pérdidas  $L$ :

$$IDL = IDL_K + IDL_A + IDL_L \quad (2.2.1)$$

Los subíndices de desastres locales para cada tipo de variable  $(K,A,L)$  se obtienen de la ecuación 2.2.2,

$$IDL_{(K,A,L)} = \left( 1 - \sum_{e=1}^E \left( \frac{IP_e}{IP} \right)^2 \right) \lambda \Big|_{(K,A,L)} \quad \text{donde} \quad IP_{(K,A,L)} = \sum_{e=1}^E IP_{e(K,A,L)} \quad (2.2.2)$$

$\lambda$  es un coeficiente de escalamiento e  $IP_e$ , como lo expresa la ecuación 2.2.3, corresponde al Índice de Persistencia de los efectos  $(K,A,L)$  causados por cada tipo de evento  $e$ ; que en este caso son cuatro: i) deslizamientos y flujos, ii) fenómenos sismo-tectónicos, iii) inundaciones y tormentas y iv) otros eventos,

$$IP_{e(K,A,L)} = 100 \sum_{m=1}^M CL_{em(K,A,L)} \quad (2.2.3)$$

$CL_{em}$  corresponde al Coeficiente de Localización de los efectos  $x(K,A,L)$  causados por cada tipo de evento  $e$  en cada municipio  $m$  del país, como lo establece mediante la ecuación 2.2.4,

$$CL_{em(K,A,L)} = \frac{x_{em} x_{eC}}{x_m x_C} \eta \Big|_{(K,A,L)} \quad (2.2.4)$$

donde los valores de la variable  $x$  en consideración, correspondiente a  $K, A$  o  $L$ , son:

$x_{em}$  el valor  $x$  causado por el tipo evento  $e$  en el municipio  $m$ ;

$x_m$  la suma total de  $x$  para todos los tipos de eventos considerados en el municipio  $m$ ;

$x_{eC}$  el valor de  $x$  para el tipo de evento  $e$  en el todo el país;

$x_C$  la suma total de  $x$  en todo el país, y

$\eta$  es la relación entre el total de tipos de evento  $E$  y el total de municipios del país  $M$ , en los cuales se ha presentado algún efecto.

Estos coeficientes dan cuenta del peso relativo de los efectos causados por los diferentes tipos de evento en cada municipio con respecto al país, por lo tanto los Índices de Persistencia captan simultáneamente, para el período de análisis que se considere (un año, cinco años, etc.), la incidencia –o

concentración relativa– y la homogeneidad de los efectos a nivel local de cada tipo de evento con respecto a los demás municipios y tipos de evento en todo el país.

Es importante indicar que los índices y coeficientes antes mencionados no son sensibles a que un país tenga un mayor número de desastres, municipios, tipos de evento o un mayor tamaño. Esto facilita que las comparaciones entre países sean independientes de ese tipo de características. Por otra parte, cada subíndice puede ser de interés internamente en cada país dado que refleja la persistencia de efectos por tipo de evento y su localización en cada municipio. Otras expresiones que se pueden utilizar para valorar otras características similares de persistencia en los datos se presentan en el Apéndice 2.2-2.

El valor de los subíndices de desastres locales,  $IDL (K,A,L)$ , aumenta si existe una distribución uniforme de la variable (efectos) entre los municipios y los diferentes tipos de evento. Así, los valores más bajos significan que hay alta disparidad y que la variable está concentrada. En caso de que  $\lambda$  sea igual a  $(400/3)$  el valor máximo del subíndice es 100, lo que significa que la variable es similar para todos los tipos de evento y que su distribución es similar entre los municipios.

El valor final del  $IDL$  tiene en cuenta el total de muertos, afectados y pérdidas, sin embargo es importante indicar que el  $IDL$  es una medida de persistencia y dispersión regular de dichos valores.

El  $IDL'$  se propone como un indicador colateral que sirve para poner en contexto el  $IDL$ . Este indicador, que se expresa mediante la ecuación 2.2.5, mide la concentración de las pérdidas agregadas a nivel municipal para todos los eventos en el país,<sup>19</sup>

$$IDL' = \frac{\sum_{i=1}^{M-1} q_i}{2 \sum_{i=1}^{M-1} p_i} \quad (2.2.5)$$

donde

$$q_i = \frac{Z_i}{Z_M} \quad (2.2.6)$$

cuyos valores se obtienen de las ecuaciones 2.2.7,

$$Z_i = \sum_{j=1}^i x_{mL,j} m_j \quad y \quad Z_M = \sum_{j=1}^M x_{mL,j} m_j \quad (2.2.7)$$

previo ordenamiento de los valores de  $x_{mL}$  en forma descendente, manteniendo la correspondencia con el respectivo municipio  $m$ , y

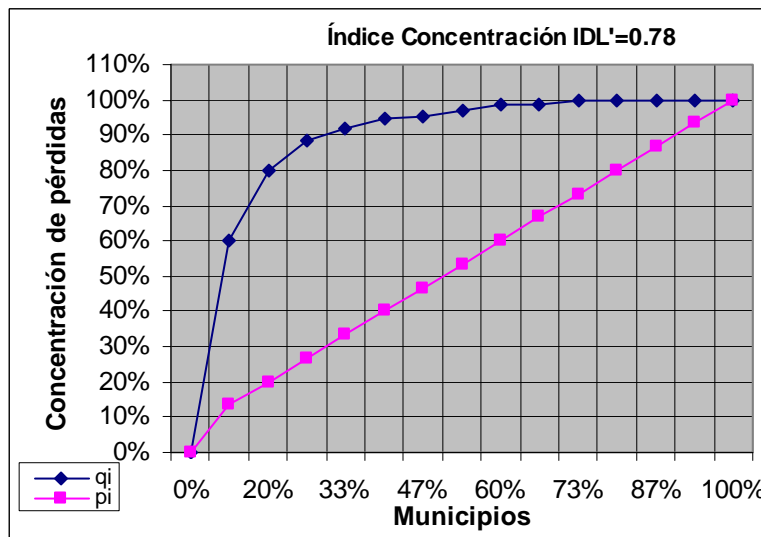
---

<sup>19</sup> El valor de este índice varía entre 0.5, que significa distribución uniforme, y 1.0 que significa alta concentración.

$$p_i = \frac{N_i}{N_M} \quad (2.2.8)$$

que es la relación que resulta de la posición del municipio con respecto al total de municipios del país. La figura 2.2.1 presenta un ejemplo hipotético de las relaciones antes mencionadas. En este caso una concentración de 0.78 significa, por ejemplo, que el 20% de los municipios del país analizado concentra el 70% del total de todas las pérdidas.

**Figura 2.2.1 Ilustra una alta concentración de pérdidas en muy pocos municipios al ordenar la agregación de pérdidas de mayor a menor.**



Un índice similar al propuesto es el índice de Gini obtenido con base en la curva de Lorenz, que se describe en el Apéndice 2.2-2.

La formulación de estos índices tiene especial interés porque permite comparar de manera razonable países grandes y pequeños.

### Apéndice 2.2-1 Categorías para la agrupación de eventos del DesInventar

La base de datos tiene un amplio número de denominaciones para los eventos que han originado desastres locales que varía de un país a otro. Algunas son sinónimos de un mismo fenómeno o son nombres utilizados específicamente en cada país para referirse a un fenómeno muy peculiar pero que en general puede clasificarse en una categoría bien definida. Aunque muchos fenómenos son el resultado de una combinación de situaciones de diferente origen, para simplificar aquí se utilizan las siguientes categorías:



- a) Fenómenos geodinámicos: Son sucesos que pueden ser endógenos o exógenos dependiendo si son eventos generados por la geodinámica interna o externa de la tierra. A este tipo de fenómenos corresponden los sucesos de origen tectónico como los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis o maremotos y las grandes deformaciones del suelo causadas por licuación o el movimiento de fallas geológicas. También se clasifican dentro de esta tipología los fenómenos de remoción en masa, donde se pueden mencionar la caída o volcamiento de rocas, los deslizamientos, reptaciones, flujos de escombros o deslaves y avalanchas, y la subsidencia o hundimientos. Esta categoría puede subdividirse en general en fenómenos geodinámicos externos e internos.
- b) Fenómenos hidrológicos: Son eventos relacionados con la dinámica del agua en la superficie y al interior de la corteza terrestre. Pertenecen a este tipo de fenómenos, las inundaciones lentas en planicie y las inundaciones súbitas de alta pendiente o de régimen torrencial; los desbordamientos de ríos y lagos y el anegamiento de zonas bajas por el aumento inusitado de volúmenes de agua o caudal; también se pueden clasificar sucesos tales como la erosión terrestre y costera, la sedimentación, la salinización, el agotamiento de acuíferos, la desertificación y las sequías.
- c) Fenómenos atmosféricos: Pertenecen a este tipo sucesos de origen meteorológico como los tornados y vendavales; las lluvias torrenciales y tormentas; fenómenos climáticos tales como las heladas, las granizadas, cambios fuertes de temperatura e incendios forestales; y eventos de interacción oceánico-atmosférica como los huracanes (ciclones o tifones) y el fenómeno de El Niño. Estos últimos son a su vez generadores de eventos hidrológicos y geodinámicos extremos, exacerbados por la intensidad de sus efectos o por cambios climáticos globales.
- d) Sucesos tecnológicos: Pertenecen a este tipo los eventos relacionados con fallos de sistemas por descuido, falta de mantenimiento, errores de operación, fatiga de materiales o mal funcionamiento mecánico. Algunos ejemplos son los accidentes aéreos y de embarcaciones, accidentes ferroviarios, rompimiento de represas, sobrepresión de tuberías, explosiones, incendios, etc. También se pueden mencionar los relacionados con la acción de agentes tóxicos o peligrosos en términos bióticos para el ser humano y el medio ambiente. Como los escapes de sustancias químicas, los derrames petroleros, las emisiones radioactivas, etc.
- e) Fenómenos biológicos: Básicamente se refiere a epidemias y plagas que pueden afectar al ser humano, a animales productivos o cultivos. Entre los primeros se pueden mencionar enfermedades causadas por virus, como el cólera, el sarampión, la gripe y el SIDA, entre otras. Algunos casos representativos de los segundos son las nubes de langostas, las abejas africanas y la reproducción excesiva de roedores.

Algunos de estos fenómenos comúnmente referenciados en la base de datos DesInventar en diferentes países se incluyen en tabla 2.2-1.1.

**Tabla 2.2-1.1 Clasificación de eventos utilizada**

Denominación coloquial	Tipos de fenómenos
<i>Deslizamientos y flujos</i>	<b>Fenómenos geodinámicos externos</b>
	Deslizamiento; alud; aluvión, reptación; flujo de escombros; deslave; huaico; avalancha; remoción en masa; caída; volcamiento de roca; subsidencia; hundimiento.
<i>Sismo-tectónicos</i>	<b>Fenómenos geodinámicos internos</b>
	Sismo; erupción volcánica; tsunami; falla; licuación.
<i>Inundaciones y tormentas</i>	<b>Fenómenos hidrológicos</b>
	Inundación; avenida; creciente, sedimentación; erosión, marejada; litoral; desbordamiento; agotamiento de acuífero; sequía.
	<b>Fenómenos atmosféricos</b>
	Tormenta (eléctrica, tropical); tempestad; vendaval; huracán; lluvias; neblina; granizada; nevada; helada; ola de calor; incendio forestal.
<i>Otros eventos</i>	<b>Fenómenos tecnológicos</b>
	Incendio; accidente; explosión; escape, contaminación; colapso; estructura.
	<b>Fenómenos biológicos</b>
	Epidemia, biológico, plaga.

## Apéndice 2.2-2 Otros indicadores posibles de persistencia de efectos

Existen otras posibilidades de medir la uniformidad, diversificación, disparidad o concentración de una variable entre los municipios y los tipos de evento considerados de una base de datos de desastres.

Un coeficiente de localización alternativo lo expresa la ecuación 2.2-2.1,

$$CL_{em} = \frac{x_{em} x_C}{x_m x_{eC}} \quad (2.2-2.1)$$

donde los valores de la variable  $x$  en consideración son:

$x_{em}$  el valor  $x$  causado por el tipo evento  $e$  en el municipio  $m$ ;

$x_m$  la suma total de  $x$  para todos los tipos de eventos considerados en el municipio  $m$ ;

$x_{eC}$  el valor de  $x$  para el tipo de evento  $e$  en el todo el país; y

$x_C$  la suma total de  $x$  en todo el país.

También se pueden proponer otras expresiones para los índices de persistencia, que dan cuenta en diferente medida de la uniformidad y concentración de efectos tanto a nivel de tipos de evento como a nivel de cada municipio según sea el interés. Estas expresiones se presentan en las ecuaciones 2.2-2.2 y 2.2-2.3,

$$IP_e' = \frac{1}{\rho} \sum_{m=1}^M \left| \left( \frac{x_{em}}{x_m} \right)^2 - \left( \frac{x_{eC}}{x_C} \right)^2 \right| \quad y \quad IP_m' = \frac{1}{\rho} \sum_{e=1}^E \left| \left( \frac{x_{em}}{x_m} \right)^2 - \left( \frac{x_{eC}}{x_C} \right)^2 \right| \quad (2.2-2.2)$$

$$IP_e'' = \frac{1}{\rho} \sum_{m=1}^M \left| \left( \frac{x_{em}}{x_{eC}} \right) - \left( \frac{x_m}{x_C} \right) \right| \quad \text{y} \quad IP_m'' = \frac{1}{\rho} \sum_{e=1}^E \left| \left( \frac{x_{em}}{x_{eC}} \right) - \left( \frac{x_m}{x_C} \right) \right| \quad (2.2-2.3)$$

donde  $\rho$  es una constante que permite escalar el valor del índice y que en caso de utilizarse alternativamente se recomienda que sea igual a 0.1.

Estas expresiones capturan la composición de las variables en el municipio o del tipo de evento con respecto al país. Dan un mayor peso a la concentración relativa de la variable que se mide y adoptan valores nulos cuando la participación, del tipo del evento o del municipio según sea el caso, coincida con su participación a nivel nacional.

Adicionalmente, hay otras expresiones como las que se presentan en la ecuación (2.2-2.4), que dan cuenta de la uniformidad de la distribución de los valores de las variables,

$$CD_e = 1 - \frac{\left( \sum_{e=1}^E x_{em} \right)^2}{E \sum_{e=1}^E (x_{em})^2} \quad \text{ó} \quad I_m^2 = 1 - \sum_{m=1}^M \left( \frac{x_{em}}{x_m} \right)^2 \quad (2.2-2.4)$$

A estas expresiones se les denomina usualmente coeficientes de diversificación. En el primer caso su valor es nulo cuando la distribución de la variable es uniforme y es máximo en el caso contrario. En el segundo caso, denominado índice cuadrático, su valor es nulo en la medida que hay disparidad y concentración y máximo cuando hay distribución uniforme de la variable. Estas dos medidas tienen una interpretación similar pero sus resultados son opuestos.

### **Índice de Gini/Lorenz**

Este índice se utiliza para medir la distribución de una variable. Utilizando la misma nomenclatura del *IDL'* se puede expresar mediante la ecuación 2.2-2.5,

$$IL = \frac{\sum_{i=1}^{M-1} (p_i - q_i)}{\sum_{i=1}^{M-1} p_i} \quad (2.2-2.5)$$

donde el valor de  $q_i$  se obtiene del ordenamiento en forma ascendente de la variable considerada (también conocida como curva de Lorenz). Este índice tiene valores nulos cuando existe una distribución perfectamente uniforme y su valor es cercano a 1.0 cuando hay una muy alta disparidad. La relación entre el índice de concentración propuesto para el *IDL'* y el índice de Gini/Lorenz es la que establece la ecuación 2.2-2.6,

$$IDL' = \frac{IL + 1}{2} \quad (2.2-2.6)$$

## 2.3 Índice de vulnerabilidad prevalente (IVP)

El planteamiento de estimar la vulnerabilidad prevalente como un reflejo o *proxy* del riesgo significa reconocer que lo que se intenta caracterizar, con fines de comparación, es una situación o *pattern* de un país. Esta circunstancia se sustenta en el hecho de que lo que diferencia la vulnerabilidad del riesgo es que el riesgo es una situación que exige una acotación de la vulnerabilidad en el tiempo; es decir, que dicho *pattern* este referido a un despliegue temporal, de lo cual depende que el riesgo sea mayor o menor. En otras palabras, dada la importancia del concepto de vulnerabilidad se ha propuesto para esta valoración comparativa una lectura donde la amenaza –que es el factor que establece el referente del tiempo– se entiende como una situación tácita.

La vulnerabilidad es un aspecto clave para entender el riesgo desde la perspectiva de los desastres, y debe ser dimensionada de acuerdo con la escala espacial y social considerada, cualquiera que sea el modelo de representación. En este proyecto se ha intentado identificar ciertas necesidades y opciones en relación con dicha estimación, reconociendo desde el principio que es necesario hacer una clara especificación antes del análisis en relación con las estructuras sociales o los contextos particulares a los que se hace referencia en la aplicación del análisis de vulnerabilidad, considerando la inseguridad, la fragilidad, la resiliencia, etc. de los diferentes componentes que se tienen en cuenta: una población pobre, una infraestructura crítica, unas economías de subsistencia, unos sectores agrícolas modernos, a nivel nacional, subnacional o local, etc. Aquí se presenta un análisis basado en la identificación de tres categorías o componentes de la vulnerabilidad –exposición y susceptibilidad física, fragilidad socio-económica y falta de resiliencia (ver Cardona *et al.* 2003a). Esta es una alternativa entre muchas otras.<sup>20</sup>

Usar indicadores compuestos para realizar estimaciones o mediciones de vulnerabilidad y riesgo tiene el beneficio de permitir la combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas de evaluación. Los indicadores permiten captar rasgos que mediante modelos o algoritmos matemáticos no es posible estimar o que intentar estimarlos mediante dichos modelos es igualmente impreciso. Sin embargo, cualquier sistema de indicadores debe ser consistente en la manera de relacionar las variables seleccionadas. Esto implica que es necesario en el caso de las estimaciones propuestas definir si las relaciones serán aditivas o multiplicativas por ejemplo. Si tendrán pesos diferentes, que permitan expresar su contribución a lo que se desea representar, o si su contribución es exclusivamente indicativa y para efectos comparativos. Ver el Apéndice 2.3-1 (JRC-EC 2002).

Una recomendación general es utilizar máximo diez indicadores para que se facilite la asignación concertada de factores de importancia o pesos. En este caso para cada subíndice se utilizan ocho indicadores. Las tablas 2.3.1 a 2.3.3 presentan los grupos de variables que se han identificado como indicadores para la estimación del *IVP*.

---

<sup>20</sup> Wisner *et al* (2003) en su libro *At Risk* identifica cinco factores de vulnerabilidad o componentes (presentados en este proyecto por Terry Cannon & Ian Davis, coautores del mencionado estudio), que ayudan a explicar la vulnerabilidad de las personas y de sus medios de subsistencia –el bien-estar inicial, la resiliencia de su sustento, los mecanismos de auto protección, los mecanismos de protección social, y los aspectos relacionados con la estructura del gobierno, la sociedad civil, la participación, el desarrollo del capital social etc.

**Tabla 2.3. 1 Indicadores de exposición y susceptibilidad**

<b>Indicador</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Fuente</b>
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	El aumento de la población, en general, significa mayor cantidad de personas expuestas a amenazas o que pueden llegar ocupar áreas propensas a sufrir efectos por la ocurrencia de fenómenos peligrosos.	UNDESA WB WB
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	Un rápido proceso de urbanización por migración del campo a la ciudad o por arribo de personas desplazadas por conflictos significa problemas de ambiente urbano, dificultad para proveer servicios, vivienda insegura y ocupación de zonas propensas.	UNDESA WB GEO HABITAT
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )	La concentración de población espacialmente favorece la afectación en conjunto de asentamientos humanos, en particular en áreas marginadas que usualmente coinciden con las zonas de mayor riesgo por inundación y deslizamientos.	UNEP/GRID GEO
ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$ 1 diario PPP. <sup>21</sup>	Los estratos de población de más bajos ingresos son usualmente los más afectados cuando se materializa el riesgo. En zonas urbanas no pueden costearse sitios seguros y en áreas rurales pierden recurrentemente sus medios de sustento.	WB UNICEF
ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>	Los activos tanto del sector público como privado constituyen los elementos físicos expuestos como infraestructura, edificios, contenidos e inversiones que pueden sufrir el impacto directo de los fenómenos peligrosos que se presentan.	WB Ministerios de Hacienda o Planificación.
ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % del PIB	Las transacciones económicas que dan cuenta del volumen de actividades comerciales, del sector agrícola, industrial y de servicios, y que representan relaciones y flujos económicos que pueden afectarse por desastres.	WB
ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB	Los gastos de capital que realiza el gobierno representan inversiones en activos que incrementan el stock de capital y por lo tanto el volumen y el valor de elementos expuestos que pueden ser afectados.	WB
ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo	Los cultivos permanentes y el suelo factible de cultivar son activos sensibles a la acción de ciertos fenómenos como las inundaciones, deslizamientos o erupciones volcánicas o representan medios de sustento de poblaciones vulnerables.	FAO GEO

UNDESA: United Nations Department of Economical and Social Affairs; WB: World Bank; GEO: Group on Earth Observations; HABITAT: United Nations Human Settlements Program; UNEP/GRID: United Nations Environment Program / Global Resource Information Database; UNICEF: United Nations Children's Fund; FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<sup>21</sup> Paridades de poder adquisitivo (Purchasing power parity en inglés). Conversión a dólares internacionales que tienen el mismo poder adquisitivo que tiene un dólar en los Estados Unidos (PNUD 2001).

**Tabla 2.3.2 Indicadores de fragilidad socio-económica**

<b>Indicador</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Fuente</b>
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1.	Las condiciones de inseguridad humana y sin acceso a servicios básicos reflejan la situación de mayor desprotección ante cualquier tipo de amenaza. Las personas en condiciones de pobreza extrema son las más gravemente afectadas por los desastres.	UNDP
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población en capacidad de trabajar (15-64).	La proporción de personas de mayor edad y de niños con respecto a la población en capacidad de trabajar representa un segmento de la población que en general está en desventaja para enfrentar situaciones crisis extremas como los desastres.	WB
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso medida con base en índice de Gini.	La concentración del ingreso en un porcentaje menor de la población representa una condición de reducido “bien-estar” y calidad de vida para la mayoría de la población, aunque exista crecimiento económico. <sup>22</sup> Ausencia de bien-estar social y desarrollo humano significa ausencia de seguridad ante diferentes amenazas.	WB
FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo	No estar empleado es una situación de desventaja económica adicional de la población, debido a que la ausencia de ingresos significa una reducida capacidad de acceso a recursos y medios de protección.	ILO WB
FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en porcentaje anual.	La pérdida del poder adquisitivo es una desventaja económica que significa una reducción adicional de la capacidad de la población para acceder a recursos y refleja problemas económicos que inciden de manera macro en la respuesta de la sociedad.	UNICEF WB
FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en porcentaje anual.	La dependencia del crecimiento económico del sector agrícola refleja el impacto a la sociedad, en general, por la afectación de la producción agrícola como resultado de los recurrentes eventos que genera la variabilidad climática y el cambio global ambiental.	WB
FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB.	Alto endeudamiento significa un bajo margen de recursos propios y la necesidad de aumentar la deuda para cubrir la recuperación después de un desastre. En caso de existir restricciones para asumir nuevas obligaciones la deuda se podría volver insostenible y existiría la posibilidad de no recuperarse.	WB
FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD).	La degradación del suelo inducida en forma antrópica refleja el nivel de deterioro ambiental y de uso inadecuado de los recursos naturales. Este deterioro exacerba la generación de amenazas de origen socio-natural y reducción del amortiguamiento de fenómenos extremos.	FAO/UNEP GEO

UNDP: United Nations Development Program; WB: World Bank; ILO: International Labour Organization; UNICEF: United Nations Children's Fund; FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations; UNEP: United Nations Environment Program; GEO: Group on Earth Observations. GLASOD: Global Assessment of Soil Degradation.

<sup>22</sup> No es suficiente crecer para ampliar el bien-estar social y necesariamente hay que acudir a políticas redistributivas (CID 2003; Barreto 2003).

**Tabla 2.3.3 Indicadores de (falta de) resiliencia**

<b>Indicador</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Fuente</b>
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	Representa el nivel desarrollo de la población teniendo en cuenta los promedios de longevidad, alfabetización de las personas, su escolaridad y el ingreso en paridades de poder adquisitivo per capita. A mayor desarrollo mayor es la capacidad para reducir el riesgo y enfrentar los desastres.	UNDP
FR2. Índice de desarrollo relacionado con género, GDI [Inv]	Ajusta el grado desarrollo para reflejar las desigualdades entre hombres y mujeres en las mismas dimensiones del IDH. Representa capacidad de la mujer como capital humano. Su mayor participación e igualdad significan mayor capacidad de la población frente a las adversidades.	UNDP
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en porcentaje del PIB [Inv]	Significa recursos orientados al mejoramiento de la seguridad de la población más pobre y vulnerable. Un adecuado y amplio cubrimiento de los programas de inversión social reduce la fragilidad de las personas que son más afectadas por desastres.	WB
FR4. Índice de Gobernabilidad <sup>23</sup> [Inv]	Representa eficiencia de la gestión pública, legitimidad, transparencia y democratización. Una mayor gobernabilidad social significa mejor institucionalidad, legislación, equidad e integración de la gestión del riesgo en la planificación del desarrollo.	WBI
FR5. Aseguramiento de infraestructura y vivienda en porcentaje del PIB. [Inv]	Una adecuada cobertura de las pérdidas potenciales en la vivienda y los bienes públicos y privados por parte de la industria de seguros significa una mayor protección financiera de la población frente a las amenazas factibles.	Ministerios de Hacienda o Planificación.
FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]	La recepción de información con tecnología audiovisual facilita la divulgación eficiente, oportuna y continua de conocimientos. Una adecuada divulgación y cubrimiento mejora la comprensión sobre el riesgo y los desastres e influye positivamente en una mejor percepción y toma de conciencia de la población.	WB
FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]	Desde el punto de vista de respuesta en caso de emergencia contar con una adecuada capacidad e infraestructura del sector salud refleja una mayor capacidad para atender la población cuando se presentan desastres y emergencias.	WB
FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, <sup>24</sup> ESI [Inv]	Sostenibilidad ambiental significa un buen desempeño en obtener unas buenas condiciones ambientales para el futuro. La gestión ambiental influye positivamente en la reducción de la vulnerabilidad y la prevención de desastres.	WEF

UNPD: United Nations Development Program; WB: World Bank; WBI: World Bank Institute; TI: Transparency International; WEF: World Environment Foundation.

<sup>23</sup> Se escalan seis indicadores propuestos por Daniel Kaufmann (2003) y colaboradores que se consideran dimensiones de la gobernabilidad: Voz y Responsabilidad; Estabilidad Política; Ausencia de Violencia; Eficacia del Gobierno; Calidad Reguladora; Cumplimiento de la Ley; y Control de la Corrupción (World Bank Institute).

<sup>24</sup> Algunos índices e indicadores no han sido estimados para todos los períodos que se esperan evaluar con fines comparativos. Se optará por mantener valores constantes que no afecten la agregación para la estimación de los respectivos subíndices de vulnerabilidad prevalente.

Los indicadores compuestos han recibido una notable atención en los últimos años y varias metodologías han sido adoptadas para el manejo del tema. Hay diversos métodos que se aplican para desarrollar indicadores compuestos, dependiendo del conocimiento de quienes los desarrollan o de la complejidad de los datos. Los métodos participativos, a través de la opinión de expertos o de encuestas de opinión pública, son más preferidos usualmente que los métodos exclusivamente estadísticos para la ponderación de la importancia de indicadores, de tal manera que el indicador compuesto sea aceptado por el público y los tomadores de decisiones.

Los indicadores que componen el *IVP* se han seleccionado teniendo en cuenta que reflejen lo mejor posible lo que se quiere representar y la calidad y la confiabilidad de los datos (Comfort 2003). El uso de variables que representan aspectos similares o la utilización repetida del mismo indicador significa que se les está otorgando un mayor peso con respecto a los demás (Davidson 1997; Cardona 2001; Briguglio 2003a), por esta razón una vez que se obtienen los valores de los subindicadores para cada país es necesario realizar una serie de procesos estadísticos para depurar su uso. Entre dichos subindicadores pueden detectarse correlaciones, dependencias y redundancia. En los Apéndices 2.3-1 y 2.3-2 se describe el procedimiento y las alternativas de tratamiento numérico que se han tenido en cuenta para la estimación de los índices que componen el *IVP* de cada país.

El *IVP*, como lo indica la ecuación 2.3.1, se obtiene del promedio de los tres subíndices de vulnerabilidad prevalente que reflejan exposición y susceptibilidad física *ES*, fragilidad socio-económica *FS*, la falta de resiliencia *FR*:

$$IVP = (IVP_{ES} + IVP_{FS} + IVP_{FR}) / 3 \quad (2.3.1)$$

Los subíndices de condiciones de vulnerabilidad prevalente para cada tipo de situación (*ES,FS,FR*) se obtienen de la ecuación 2.3.2,

$$IVP_{c(ES,FS,FR)}^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i I_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i} \Big|_{(ES,FS,FR)} \quad (2.3.2)$$

donde,  $w_i$  es el peso asignado a cada indicador,  $I_{ic}^t$  corresponde a cada indicador normalizado, como lo expresan las ecuaciones 2.3.3 y 2.3.4, que representa las condiciones de vulnerabilidad para cada situación (*ES,FS,FR*) respectivamente,

$$I_{ic}^t = \frac{x_{ic}^t - x_m^t}{rango(x_i^t)}, \text{ para } (ES,FS) \quad (2.3.3)$$

y

$$I_{ic}^t = \frac{x_M^t - x_{ic}^t}{rango(x_i^t)}, \text{ para } (FR)^{25} \quad (2.3.4)$$

---

<sup>25</sup> Mediante esta técnica se convierten los valores de resiliencia, que son inversamente proporcionales a la vulnerabilidad, en indicadores de falta de resiliencia.



$x_{ic}^t$  es el dato original de la variable para el país  $c$  y el período  $t$ , y  
 $x_i^t$  es la variable que en conjunto se considera entre los países,  
 $x_M^t$  es el valor máximo definido para la variable en el período  $t$ ,  
 $x_m^t$  corresponde al valor mínimo definido para la variable en el período  $t$ ,  
 $rango(x_i^t)$  es la diferencia entre el valor máximo y mínimo ( $x_M^t - x_m^t$ ) en el período  $t$ .

La selección de qué método de ponderación o asignación de pesos utilizar es difícil, debido a que cada método tiene sus fortalezas y sus debilidades. Tal escogencia depende del objetivo del indicador compuesto, las características de los subindicadores y, también, del costo del cálculo que el investigador pueda pagar. Una característica típica de algunos procedimientos de ponderación es la identificación de correlaciones entre el conjunto de indicadores. Sin embargo, los pesos asignados por métodos basados en correlaciones no guardan ninguna relación con el modelo analítico subyacente que el indicador compuesto intenta representar. Como resultado, una buena estrategia es usar algunas técnicas analíticas diferentes para explorar los grupos de indicadores.

De la revisión de los diferentes métodos presentados en el Apéndice 2.3-2 (JRC-EC 2003) es posible decir lo siguiente:

- a) *La igual ponderación* se puede aplicar después de un adecuado escalamiento de los subindicadores. Este método funciona bien si todos los subindicadores no están correlacionados, o si todos están altamente correlacionados. Sin embargo, cuando algunos pocos indicadores altamente correlacionados están siendo considerados, este método, aunque simple, puede no ser el mejor método de agregación.
- b) *Los modelos de regresión múltiple* pueden manejar un gran número de indicadores. Este enfoque puede ser aplicado en casos donde los subindicadores considerados de entrada al modelo están relacionados con varias acciones de política y el valor de salida del modelo es el objetivo. El modelo de regresión, por consiguiente, podría cuantificar el efecto relativo de cada acción de política sobre el producto, es decir en un solo indicador. Ahora bien, esto quiere decir que debe haber una “variable dependiente” que mida con precisión (y en forma satisfactoria) el objetivo en cuestión. Medir la influencia de un número de variables independientes sobre dicho objetivo de política es algo que resulta razonable. Sin embargo, en tales casos la variable dependiente no puede ser un indicador compuesto. Adicionalmente, este enfoque puede ser utilizado con propósitos de pronóstico. En un caso más general de múltiples indicadores de salida, un análisis de correlación canónico podría ser utilizado, dado que es una generalización de la regresión múltiple. Sin embargo, en cualquier caso siempre hay la incertidumbre que las relaciones, capturadas por el modelo de regresión para un rango dado de valores de entrada y salida, pueden no ser válidas en ciertos casos.
- c) *El análisis de componentes principales* es una técnica de exploración muy interesante para examinar la estructura de correlación de grupos de variables. En el desarrollo de indicadores compuestos, se ha justificado la aplicación del ACP para identificar las dimensiones de los datos y/o definir los pesos de los subindicadores.

- d) El análisis de factores usualmente es empleado como un método complementario al anterior con el fin de examinar minuciosamente las interrelaciones de los subindicadores. No obstante, hay dos problemas cruciales con estas técnicas: Primero, los pesos asignados a los subindicadores mediante estas dos técnicas están basados en correlaciones que no necesariamente a la relación subyacente entre los subindicadores y el fenómeno que se está midiendo. En otras palabras podría haber confusión entre correlación y causalidad. Es imposible saber (o estimar) los pesos *reales* debido a que se necesitaría una variable independiente, pero si hubiese una variable dependiente satisfactoria no habría necesidad de formular un indicador compuesto. Además, no es recomendable usar el ACP cuando los subindicadores tienen diferentes ciclos, esto reduciría la confiabilidad del indicador compuesto porque algunos indicadores trabajan mejor en un ciclo y otros en otro ciclo diferente (Nilsson 2000).
- e) La frontera eficiente es un enfoque es muy poco generoso en cuanto a las suposiciones de ponderación, porque permite que los datos decidan sobre la asignación de pesos. Algunos argumentan que este enfoque empírico puede no indicar la dirección apropiada de una política para un país con fines de mejorar su situación.
- f) La distancia a un objetivo es una manera para evitar la selección inmediata de pesos, midiendo la necesidad de la intervención de una política y la “urgencia” de un problema. Usar metas de política como objetivos es convincente para los tomadores de decisiones por su “adecuación” como método de ponderación en la medida que dichos tomadores de decisiones hayan definido los objetivos de política. Este enfoque es técnicamente factible cuando para una política determinada existe una base bien definida, como un Plan Nacional u otros documentos similares de referencia. Para comparaciones internacionales, dichas referencias usualmente no existen o pueden conducir a resultados contradictorios. Otro argumento en contra de utilización de metas de política como objetivos es que los beneficios de una política deben ser evaluados independientemente de las metas de políticas existentes.
- g) El juicio de expertos es técnica que se adopta cuando un método participativo de asignación de pesos es requerido. Es esencial reunir expertos que tengan un amplio espectro de conocimientos, experiencia e intereses para asegurar que se encuentre un adecuado sistema de ponderación para una aplicación determinada. La asignación *presupuestal* de pesos es óptima para un número máximo de 10 a 12 indicadores. Sin un amplio número de indicadores tienen que ser considerados, este método puede significar una tensión cognitiva excesiva para los expertos a los cuales se les solicita la asignación de pesos.
- h) El proceso analítico jerárquico es una técnica ampliamente usada para el la toma de decisiones con base en múltiples atributos y como método de ponderación le permite al tomador de decisiones obtener pesos contrastantes a los asignados en forma arbitraria. Una ventaja del PAJ, a diferencia de otros métodos basados en la Teoría de la Utilidad, es que su uso para con fines de comparación no requiere de una escala universal. Más aún, el PAJ tolera la inconsistencia de tal manera que las personas piensan a través de un enfoque redundante (hay más ecuaciones disponibles que el número de pesos en ser definidos). Esta redundancia es una característica útil así como lo es, es en forma análoga, el cálculo de un número con base en la estimación del promedio después de repetidas observaciones. Los pesos obtenidos son menos sensitivos a los errores de juicio. Estas ventajas de los pesos obtenidos mediante el PAJ se

pueden defender y justificar delante del público.

- i) *El enfoque de decisión multicriterio* permite al evaluador resaltar el hecho de que las clasificaciones no son siempre robustas y que existe incertidumbre en algunas ocasiones. Esta técnica hace énfasis en que la transparencia depende de esa incertidumbre, que es ignorada completamente en la regla de agregación lineal. Más aún, se concluye que el uso de pesos como factores de importancia puede cambiar significativamente la modelación de un problema. Sin embargo, es necesario indicar que el mejoramiento del procedimiento matemático de agregación propuesto no necesariamente cambia los resultados de manera importante. No obstante el proceso de estructuración y, en este caso todo lo anterior, la información de entrada que se usa para la puntuación de los indicadores define claramente la clasificación.
- j) *La ponderación endógena* para la determinación de un indicador compuesto utilizando programación lineal es un método interesante pero podría ser no muy transparente. Primero, porque el pesaje endógeno conduce a la imposibilidad de comparar el desempeño de los países (debido a que cada país tiene su sistema de ponderación para cada variable que compone el indicador compuesto) y, segundo, porque pone en peligro la capacidad de interpretación del ejercicio de referenciación. Más aún, la ponderación endógena asocia más peso a los mayores desempeños. Esto significa que una mayor prioridad se le dará las variables (o políticas) en las cuales el país presenta una ventaja comparativa. Munda (2003) considera que esta es una lógica cuestionable debido a que un indicador debe ser construido idealmente, teniendo en cuenta una visión “objetiva” del aspecto que se considera.

El análisis de incertidumbre (AI) le permite al analista valorar la incertidumbres asociada con los valores de un indicador compuesto (o modelo en un contexto más general) como resultado de la propagación mediante los errores en los datos de los subindicadores, e incertidumbres en los pesos de dichos subindicadores. El análisis de sensibilidad (AS) estudia cómo la variación de los valores de un indicador compuesto puede ser atribuida, cualitativa o cuantitativamente, a diferentes fuentes de variación, y de cómo un indicador compuesto depende de la información con que se alimente. Sobre esta base, se considera que AI y el AS son requisitos necesarios para la construcción de indicadores compuestos (JRC-EC 2002).

Los pesos de los subindicadores son consideradas incertidumbres, debido a la pluralidad de perspectivas de los diferentes interesados. Por ejemplo, se puede suponer algunas evaluaciones, cada una de diferentes individuos informados acerca objetivo de un indicador compuesto y de los diversos subindicadores que los componen, resultado de un grupo de conjuntos de pesos, los cuales han sido calculados usando la asignación *presupuestal* de pesos y el *proceso analítico jerárquico*. Para los propósitos del análisis de incertidumbre, los pesos de los subindicadores podrían considerarse uniformemente distribuidos y muestreados en todo su rango aceptable, determinados en este caso entre los percentiles 10 y 90 de los pesos.

Para poder hacer el análisis de incertidumbre, los valores del indicador compuesto para cada país podría ser obtenidos miles de veces, usando conjuntos de pesos aleatorios; cada peso muestreado en su rango aceptable mediante un procedimiento de tipo Monte Carlo. Para ilustrar, algunos métodos han sido utilizados permitiendo al analista realizar tanto los análisis de incertidumbre como los de sensibilidad. Los resultados del análisis de incertidumbre para los países pueden presentar-

se en forma de barras (la mediana, i.e. el percentil 50 de los valores del indicador compuesto) y los límites de confianza, correspondientes al percentil 5 y 95 de los valores del indicador.

Una vez el sistema de subindicadores es determinado y usado para obtener el indicador compuesto es importante analizar cuánto están influenciados los valores de los indicadores compuestos por la incertidumbre en los datos de origen y/o la incertidumbre en los pesos (debido a la pluralidad de perspectivas de los interesados).

El análisis de sensibilidad complementa el análisis de incertidumbre en que intenta atribuir cuantitativamente las variaciones en los valores de los indicadores a diferentes fuentes de variación (por ejemplo, pesos, valores de los subindicadores). En la primera etapa, es interesante identificar cuáles pesos son los más responsables del traslape de países, asumiendo que no hay errores en los valores de los subindicadores.

El método de muestreo permite tanto el análisis de incertidumbre como el de sensibilidad. Los índices de sensibilidad se calculan teniendo en cuenta la contribución de cada peso a la diferencia en los valores de los indicadores entre dos países. A mayor valor del índice de sensibilidad para un peso dado, mayor es la sensibilidad del valor de salida para la variación de ese peso.

En general se puede decir que los análisis de incertidumbre y de sensibilidad pueden ser usados como herramientas para monitorear la evolución de la discusión entre los interesados. Dichos análisis pueden suministrar información útil sobre la identificación de los factores más importantes de ponderación, lo cual podría guiar un proceso de convergencia entre los expertos que concentran su atención en los pesos importantes.

### **Apéndice 2.3-1. Pautas de calidad para indicadores compuestos**

Una combinación matemática (o agregación como es llamada) de un conjunto de indicadores es a menudo denominado “índice” o “indicador compuesto”. Es usualmente una conciliación entre la exactitud científica y la información disponible a un costo razonable. Los indicadores compuestos están basados en subindicadores que no tienen unidades significativas comunes de medida y no hay una manera obvia de ponderar estos subindicadores (Cardona *et al.* 2003b). Se ha enfatizado que la calidad en general de un indicador compuesto depende crucialmente de la forma como este modelo matemático se incruste en el proceso de estructuración social, política y técnica (Munda 2003).

De acuerdo con la organización para la cooperación y el desarrollo económico. “...los indicadores compuestos son valorados por su capacidad de integrar grandes cantidades de información en formatos de fácil comprensión para una audiencia general. Sin embargo, los indicadores compuestos pueden despistar, particularmente cuando son usados para clasificar el desempeño de los países sobre [la complejidad social y económica] y aún más cuando la clasificación de los países es comparada en el tiempo. Ellos tienen muchas dificultades metodológicas las cuales deben ser confrontadas y pueden ser fácilmente manipuladas para producir los efectos deseados. La proliferación de indicadores compuestos en varios dominios de política hace que surjan preguntas en cuanto a su precisión y confiabilidad. Dada la aparente naturaleza *ad hoc* de su cálculo, la sensibilidad de los resultados de las diferentes técnicas de agregación y los reiterados problemas de falta de información, los indicadores compuestos pueden dar resultados distorsionados sobre el

desempeño de los países y la incorrecta prescripción de políticas. A pesar de sus múltiples deficiencias, los indicadores compuestos continuarán siendo desarrollados debido a su utilidad como herramienta de comunicación y, en ocasiones, debido a su utilidad para propósitos analíticos”(OECD, 2003, P.3).

La experiencia demuestra que los debates sobre cuál es el método apropiado para establecer pesos no se pueden resolver fácilmente. Cox *et al.* (1992) resume las dificultades más comúnmente encontradas cuando se proponen pesos para combinar indicadores en una sola medida, y concluye que muchos esquemas de ponderación publicados o son arbitrarios (i.e basados sobre métodos multivariados muy complejos) o no son confiables (i.e tienen poca relevancia social). Wall *et al.* (1995) anota que “el desarrollo de indicadores altamente agregados se enfrenta al dilema, que aunque un alto nivel de agregación es necesario para poder intensificar la toma de conciencia de los problemas, la existencia de valores desagregados es esencial para sacar conclusiones sobre los posibles cursos de acción”. A pesar de estas deficiencias intencionadas, los indicadores compuestos son, no obstante, útiles para proveer a expertos, actores interesados y tomadores de decisiones el direccionamiento de desarrollos, comparaciones entre lugares, situaciones y países; evaluaciones de estado y tendencias en relación con metas y propósitos; alertas tempranas; identificación de áreas de intervención; anticipación de futuras condiciones y tendencias; y un canal de comunicación entre el público general y los tomadores de decisiones. Una lista de pros y contras sobre indicadores compuestos (JRC-EC 2002) son los siguientes:

#### Pros

- Los indicadores compuestos pueden ser usados para resumir aspectos complejos y de múltiples dimensiones, para apoyar a los tomadores de decisiones.
- Los indicadores compuestos dan una imagen total. Pueden ser más fácilmente interpretados que tratar de encontrar una tendencia entre muchos indicadores separados. Ellos facilitan la tarea de clasificar a los países en cuestiones complejas.
- Los indicadores compuestos ayudan a atraer el interés público al proveer una figura resumida con la cual se puede comparar el desempeño de los países y su progreso en el tiempo.
- Los indicadores compuestos pueden ayudar a reducir el tamaño de una lista de indicadores o a incluir más información dentro del limitado tamaño existente.

#### Contras

- Los indicadores compuestos pueden enviar mensajes de política engañosos si están pobremente contruidos o malinterpretados. El análisis de sensibilidad puede ser usado para examinar la robustez de los indicadores compuestos.
- Los resultados de la simple “gran imagen” que muestran los indicadores compuestos puede invitar a los políticos a extraer conclusiones de política simplistas. Los indicadores compuestos deben ser usados en combinación con sus subindicadores para extraer conclusiones de política refinadas.
- La construcción de indicadores compuestos involucra etapas donde se deben hacer juicios: La selección de subindicadores, la escogencia del modelo, la ponderación y el tratamiento de datos faltantes etc. Estos juicios deben ser transparentes y basados en principios estadísticos adecuados.
- Puede haber más alcance para los países en relación con indicadores compuestos que sobre indicadores individuales. La selección de subindicadores y pesos podría ser el objetivo de desafíos políticos.
- Los indicadores compuestos aumentan la cantidad de datos necesarios porque datos son nece-

sarios para todos los subindicadores y un análisis de importancia desde el punto de vista estadístico.

Aunque la ciencia no puede proveer un método objetivo para desarrollar el único y verdadero indicador compuesto para resumir un sistema complejo, puede ayudar significativamente en asegurar que los procesos de agregación sean los más adecuados y transparentes posible. Entre los pasos que hay que seguir en la construcción de indicadores compuestos están:

1. Definir el fenómeno que se va a medir;
2. Seleccionar los subindicadores;
3. Verificar los datos disponibles;
4. Tratamiento previo a los datos;
5. Valorar las relaciones entre los subindicadores y sus propiedades estadísticas;
6. Normalizar y pesar las variables;
7. Examinar la robustez y la sensibilidad; y
8. Visualizar el indicador compuesto.

De acuerdo con el Primer Taller sobre Indicadores Compuestos de Desempeño de Países llevado a cabo en Ispra, Italia (JRC-EC 2003) los siguientes son los aspectos que se deben considerar para la construcción de indicadores compuestos:

- a. *Marco teórico*- Un marco teórico debe ser presentado dando las bases para la selección y la combinación de las variables de un indicador compuesto relevante. Este apuntalamiento analítico debe señalar cómo son ponderados los subcomponentes y las variables y debe estar relacionado a un proceso político relevante.
- b. *Selección de datos* – Las variables deben ser seleccionadas con base en su suficiencia analítica, su posibilidad de ser medidas, el cubrimiento de país, la relevancia con el fenómeno que se mide y la relación entre ellas. Los aspectos a tener en cuenta incluyen el manejo de los valores faltantes, la confiabilidad de “los datos blandos” de estudios y otras fuentes, problemas de sobre-agregación de datos y doble contabilidad del fenómeno, ya sea al incluir tanto valores estadísticos o tasas de crecimiento, y las dificultades al usar los países como unidad de medida.
- c. *Análisis de correlación de los datos* – Un análisis preliminar de los datos consiste en la aplicación de técnicas como el análisis de componentes principales y el análisis de anidamiento, con la visión de ganar una percepción en las relaciones entre las variables y un entendimiento intuitivo del fenómeno que será medido.
- d. *Métodos de normalización* – Las variables en un indicador compuesto deben estar normalizadas o unificadas para que sean comparables. Las variables vienen en una variedad de unidades y series estadísticas con diferentes rangos o escalas que deben ser escalados a una base común. La técnica seleccionada para la estandarización –desviación estándar, escala categórica, mínimo-máximo, etc.– deben basarse en el marco teórico y en el conjunto de datos en cuestión.
- e. *Técnica de ponderación* – Las variables en un indicador compuesto deben ser ponderadas de acuerdo con un marco teórico básico o una razón conceptual. Un mayor peso se le debe dar a los componentes considerados de mayor significado en el contexto del indicador compuesto particular. Los pesos se pueden asignar según opiniones de expertos, técnicas como el análisis

de componentes principales o el análisis de factores, o a través de correlaciones con variables dependientes como las tasas de crecimiento económico.

- f. *Agrupaciones de países* – Los indicadores compuestos que comparan el desempeño de países deben evitar comparar países dispares, particularmente en términos de desarrollo. Los países deberían ser primero divididos en grupos afines o agrupamiento de similares para así ser comparados o clasificados dentro de sus grupos de referencia relevante.
- g. *Pruebas de sensibilidad* – La robustez de los indicadores compuestos debe ser valorada para poder asegurar su credibilidad y relevancia para los procesos de política. Las pruebas de sensibilidad deben realizarse para valorar el impacto de incluir o excluir variables, pesos cambiantes, utilización de diferentes técnicas de estandarización, selección de años base alternativos, etc. Los indicadores compuestos deben ser fácilmente descompuestos o desagregados para poder llevar a cabo las pruebas.
- h. *Transparencia/accesibilidad* – Los indicadores compuestos deben estar acompañados por explicaciones detalladas de los conjuntos de datos básicos, la selección de técnicas de normalización, selección de métodos de ponderación y la valoración de la robustez de enfoques alternativos. En toda su extensión, los componentes de los indicadores compuestos deben estar electrónicamente disponibles para permitirle a los usuarios cambiar variables, pesos, etc., y reproducir las pruebas de sensibilidad.
- i. *Visualización* - La presentación de los resultados de los indicadores compuestos debe reconocer sus limitaciones, mostrar los resultados de los análisis de sensibilidad, e incluir intervalos de confianza para la clasificación de países. Los indicadores compuestos se deben reconocer como representaciones y comparaciones simplificadas del desempeño de los países en áreas determinadas que deben ser utilizadas como puntos de partida para futuros análisis.

## **Apéndice 2.3-2 Tratamiento estadístico y estrategias de ponderación para construir indicadores compuestos**

Los indicadores compuestos están basados en subindicadores que no tienen unidades significativas comunes de medición y no hay una forma obvia de ponderarlos. Varias técnicas han sido analizadas aquí y sobre la base de sus ventajas y desventajas se hace una descripción comparativa<sup>‡</sup>. Estas incluyen: técnicas de agregación, análisis de regresión lineal múltiple, análisis de componentes principales y de factores, de frontera eficiente, opinión de expertos (asignación presupuestal de pesos), distancia a objetivos, opinión pública y Proceso Analítico Jerárquico.

### **2.3-2.1 Técnicas de agregación**

Considerando que  $x_i$  es el valor del indicador  $i$  para el país  $c$  en tiempo  $t$ , que  $w_i$  es el peso dado al indicador  $i$  en el indicador compuesto y que  $GC$  significa el grupo de países, la siguiente descripción describe las ecuaciones para seis métodos diferentes para calcular el indicador compuesto (Arundel and Bordoy 2002). Estos se presentan desde el más sencillo (Método 1) al más refinado (Método 6). Existen diversas variaciones en cada método y existen otros métodos. Sin embargo, se han escogido estos debido a que son los más representativos de la filosofía subyacente

---

<sup>‡</sup> Este apéndice ha sido desarrollado en su mayoría con base en la revisión realizada por el Grupo de Estadísticas Aplicadas de JRC-EC (2002) de 24 estudios publicados en diferentes áreas, tales como medio ambiente, economía, investigación, tecnología y salud.

del desarrollo de los indicadores compuestos así como son los más establecidos en la literatura.

Método 1. Suma de posiciones de países. Este es el método de agregación más sencillo. Conduce a la clasificación de los países por cada subindicador y luego se suman las posiciones de los países. El Método 1 está basado entonces en niveles ordinales. Sus ventajas son su simplicidad y la independencia de los valores extremos. La desventaja de este método es que pierde la información a nivel absoluto.

$$I_c^t = \sum_{i=1}^N Posición_{ic}^t \quad (2.3-2.1.1)$$

Método 2. Diferencia entre el número de indicadores por encima y por debajo de la media. Este método sólo utiliza datos de nivel nominal para cada indicador. Simplemente toma la diferencia entre el número de indicadores que están por encima y por debajo de un umbral definido arbitrariamente alrededor de la media. Sus ventajas son su simplicidad y el hecho de que este método no lo afectan los valores extremos. La desventaja de este método es que pierde información a nivel de intervalo.  $p$  es un umbral escogido arbitrariamente por encima y por debajo de la media.

$$I_c^t = \sum_{i=1}^N \cdot \operatorname{sgn} \left[ \frac{x_{ic}^t}{x_{GCi}^t} - (1 + p) \right] \quad (2.3-2.1.2)$$

Método 3. Tasa o porcentaje de diferencias con respecto a la media. Este método toma esencialmente el promedio de las relaciones (o porcentajes) alrededor de la media de los países para cada indicador. Por ejemplo, asume que la media de los países para el indicador  $x$  es 4, y el valor es 6 para el país A, 16 para el país B, y 1 para el país C. Las tasas son: país A = 1.5, país B = 4, país C = 0.25. Las tasas para todos los países son entonces sumadas y divididas por el número de indicadores (si todos los pesos = 1). La ventaja de este método es que puede ser utilizado para calcular cambios en el indicador compuesto en el tiempo. Sin embargo, este método tiene una desventaja importante. Es menos robusto cuando hay valores extremos.

$$I_c^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i}, \text{ donde } y_{ic}^t = \frac{x_{ic}^t}{x_{GCi}^t} \quad (2.3-2.1.3)$$

Método 4. Porcentaje de diferencias anuales sobre años consecutivos. Los valores de los subindicadores son sustituidos por las diferencias de los valores entre el año en cuestión y el año anterior y dividido por el valor del año previo.

$$I_c^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i}, \text{ donde } y_{ic}^t = \frac{x_{ic}^t - x_{ic}^{t-1}}{x_{ic}^t} \quad (2.3-2.1.4)$$



Método 5. Valores normalizados. Este método ha sido extensamente utilizado (e.g. Índice de la Sostenibilidad Ambiental del Foro Económico Mundial, 2001). El indicador compuesto está basado en los puntajes normalizados (*z-scores*) para cada indicador que iguala la diferencia entre indicador de cada país y la media del *GC*, dividida por el error estándar. Este método es más robusto cuando trata con valores extremos que con el Método 3, pero no resuelve el problema totalmente. Esto se debe a que el rango entre los mínimos y máximos puntos unificados observados variará para cada indicador. Esta característica del Método 5 no es necesariamente indeseable. El método le da mayor peso a un indicador en aquellos países con valores extremos. Esto podría ser una propiedad deseable si se desea premiar el desempeño excepcional, por ejemplo, si se cree que unos pocos indicadores excepcionales valen más que una gran cantidad de puntajes promedio. Con la visión de permitir comparaciones entre años, una alternativa a este método es calcular el indicador compuesto para cada año usando los valores de la media de *GC* y la desviación estándar para el año de referencia.

$$I_c^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i}, \text{ donde } y_{ic}^t = \frac{x_{ic}^t - x_{GCi}^t}{\sigma_{GCi}^t} \quad (2.3-2.1.5)$$

Método 6. Valores re-escalados. Este método es similar al Método 5, excepto que usa valores re-escalados de los indicadores constituyentes. El resultado es que los puntajes normalizados para todos los indicadores tienen un rango idéntico. Esto hace a este método más robusto cuando hay valores extremos. Sin embargo, esta característica introduce el problema opuesto –se incrementa el rango para indicadores con muy poca variación. Estos indicadores contribuirán entonces más al indicador compuesto de lo que lo harían utilizando el Método 5. El resultado es que el Método 6 es más dependiente del valor de los pesos para cada indicador que los métodos 3 y 5, donde la contribución de cada indicador al indicador compuesto depende tanto del peso como de la varianza en el indicador.

$$I_c^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i}, \text{ donde } y_{ic}^t = \frac{x_{ic}^t - \min(x_i^t)}{\text{rango}(x_i^t)} \quad (2.3-2.1.6)$$

### 2.3-2.2 Análisis de regresión lineal múltiple

Un enfoque que ha sido usado para combinar un número de subindicadores es calcular los coeficientes de correlación entre todos los subindicadores. Los modelos de regresión lineal pueden decir algo sobre los “nexos” entre un gran número de indicadores  $X_1, X_2, \dots, X_n$  un indicador de salida único  $\hat{U}$ , pero ellos sólo tratan con la correlación lineal *per se*. Los modelos de regresión pueden, sin embargo, estimular la investigación de nuevas formas de modelos conceptuales. En modelos de regresión, un conjunto de indicadores  $X_1, X_2, \dots, X_n$  es combinado en una mano y un indicador  $\hat{U}$  representando el objetivo para ser alcanzado en la otra. Un modelo de regresión múltiple

es construido entonces para calcular los pesos relativos de los subindicadores. Dichos modelos son esencialmente lineales,

$$\hat{U} = a + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n \quad (2.3-2.2.1)$$

donde  $\hat{U}$  es el indicador,  $a$  es una constante, y  $b_1$  a  $b_n$  son los coeficientes de regresión (pesos) de los subindicadores  $X_1, X_2, \dots, X_n$  asociados.

Estos modelos, aunque pueden manejar un gran número de variables de diferentes tipos, siempre parten de la suposición de un comportamiento lineal y la incertidumbre de que las relaciones, capturada por el modelo de regresión para un rango de valores de entrada y salida, puede que no sea válida para diferentes rangos. Se argumenta más adelante que si los conceptos que serán medidos pueden ser representados por un indicador único  $\hat{U}$ , entonces no habría necesidad para desarrollar un indicador compuesto (Muldur 2001). Sin embargo, el conjunto de subindicadores considerado como valores de entrada en el modelo de regresión puede ser relacionado con varias acciones de política. El modelo de regresión, después de eso, puede cuantificar el efecto relativo de cada acción de política sobre el objetivo, i.e. un indicador de desempeño de salida identificado con base en caso por caso. En un caso más general, donde un conjunto de indicadores de desempeño de entrada se ve que están simultáneamente relacionados con un conjunto de indicadores de salida, entonces puede ser aplicado un análisis de correlación canónica, que es una generalización de la regresión múltiple (Manly 1994).

### 2.3-2.3 Análisis de componentes principales

Las aplicaciones del Análisis de Componentes Principales (ACP) relacionadas con el desarrollo de indicadores compuestos son: a) *Identificar la dimensionalidad* del fenómeno, b) *Agrupar* los indicadores, y c) *Definir los pesos*. ACP decide cuáles, entre todas las proyecciones posibles, son las mejores para representar la estructura de los datos. Las proyecciones son escogidas para que la máxima cantidad de información, medida en términos de variabilidad, sea retenida en el menor número de dimensiones. El objetivo del análisis es tomar  $p$  variables  $X_1, X_2, \dots, X_p$  y encontrar las combinaciones lineales de estas para producir los componentes principales  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$  que no están correlacionados, siguiendo

$$Z_j = \sum_{i=1}^p a_{ij} X_i, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (2.3-2.3.1)$$

La falta de correlación es una propiedad útil porque significa que los principales componentes están midiendo diferentes “dimensiones estadísticas” en los datos. Cuando se hace un ACP siempre existe la esperanza que algún grado de economía se puede lograr si la variación en la  $p$  original de variables  $X$  se puede estimar por un número menor de variables  $Z$ . Se debe enfatizar que ACP no siempre funciona en el sentido de que un gran número de variables originales sean reducidas a un pequeño número de variables transformadas. Ciertamente, si las variables originales no están correlacionadas entonces el análisis no hace absolutamente nada. Los mejores resultados son obtenidos cuando las variables originales están muy altamente correlacionadas, positiva o negativamente.

Los pesos  $a_i$  aplicados en las variables  $X$  en la ecuación 2.3-2.3.1 son escogidos de tal manera que los componentes principales  $Z$  satisfagan las siguientes condiciones:

- i. no están correlacionadas (ortogonales),
- ii. el primer componente principal contabiliza la máxima proporción posible de la varianza del conjunto de  $X$ 's, el segundo componente principal valora la máxima varianza restante y así en adelante hasta que el último de los componentes principales absorbe toda la varianza restante no valorada por los componentes anteriores, y
- iii.  $a_{1j}^2 + a_{2j}^2 + \dots + a_{pj}^2 = 1$  ,  $j = 1, 2, \dots, p$

En breve, ACP implica obtener los valores propios  $\lambda_j$  de la matriz de covarianza  $C$  de la muestra,

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1p} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2p} \\ \cdots & & & \\ c_{p1} & c_{p2} & \cdots & c_{pp} \end{bmatrix} \quad (2.3-2.3.2)$$

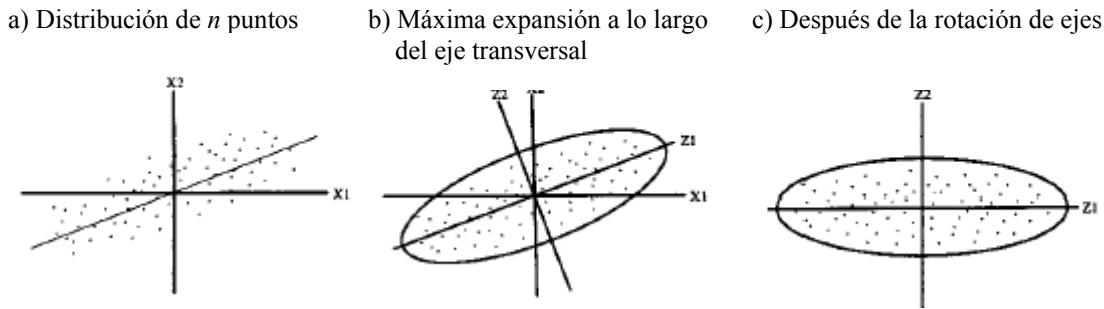
donde el elemento diagonal  $c_{ii}$  es la variación de  $X_i$  y  $c_{ij}$  es la covarianza de las variables  $X_i$  y  $X_j$ . Los valores propios de la matriz  $C$  son las varianzas de los componentes principales. Existen  $p$  valores propios, algunos de los cuales pueden ser despreciados. Los valores propios negativos no son posibles para una matriz de covarianza. Una propiedad importante de los valores propios es que ellos adicionan la suma de los elementos diagonales de  $C$ . Esto quiere decir que la suma de las varianzas de los componentes principales es igual a la suma de las varianzas de las variables originales,

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = c_{11} + c_{22} + \dots + c_{pp} \quad (2.3-2.3.3)$$

Para evitar que una variable tenga una influencia indebida sobre los componentes principales es común unificar las variables  $X$  para tener medias de cero y varianzas unitarias al comienzo del análisis. La matriz  $C$  toma luego la forma de la matriz de correlación. En ese caso, la suma de los términos diagonales, y por lo tanto la suma de los valores propios, es igual a  $p$ , el número de variables. Los coeficientes de correlación de los componentes principales  $Z$  con las variables  $X$  son llamados, *pesos*,  $r(Z_j, X_i)$ . En caso de variables no correlacionadas  $X$ , los pesos son iguales a los pesos  $a_{ij}$  dados en la ecuación 2.3-2.3.1

Observando a ACP de una manera más concreta, se puede considerar el caso de dos variables  $X_1$  y  $X_2$  y situaciones  $n$  que son expresadas por dos variables. Un diagrama de distribución de situaciones  $n$  se muestra en la figura 2.3-2.3.1a. La varianza de la variable  $X_1$  es 60% y la varianza de  $X_2$  es 40%. Desde la distribución de puntos  $n$ , se puede observar que hay cierta forma de correlación entre las variables  $X_1$  y  $X_2$ . Si hay una relación proporcional entre dos variables, los puntos  $n$  serán distribuidos a lo largo de una línea recta, y en este caso una variable es suficiente. En la Figura 2.3-2.3.1a, la relación no es perfectamente proporcional, aunque es cercanamente proporcional, así que en aproximaciones una única variable es suficiente.

**Figura 2.3-2.3.1 Diagrama de distribución de puntos,  $n$ , sobre dos indicadores y rotación de eje**



En la Figura 2.3-2.3.1b, una elipse es dibujada alrededor de la circunferencia de puntos  $n$  para mostrar la forma de su distribución. En este caso, una nueva variable  $Z_1$  es insertada a lo largo del eje transversal, y  $Z_2$  es insertada a lo largo del eje conjugado (ángulos rectos al eje transversal). Esto corresponde a un cambio de coordenadas. Aquí, la varianza de  $Z_1$  es 95% y la varianza de  $Z_2$  es 5%, lo que significa que  $Z_1$  es el primer componente principal y  $Z_2$  es el segundo componente principal. Una rotación es aplicada para describir mejor la situación (figura 2.3-2.3.1c). En este punto las siguientes características pueden ser observadas:

- 1) Hay una mayor varianza de  $n$  puntos en el eje  $Z_1$  que en cualquier otra línea recta dibujada en este Plano.
- 2) No hay correlación en cuanto a las coordenadas  $Z_1, Z_2$  de puntos  $n$ .

En la distribución mostrada en la figura, los puntos  $n$  están dispersos en gran medida a lo largo del eje  $Z_1$ , así que cuando se observan los datos en  $n$  situaciones (muestras), una considerable proporción puede ser entendida solamente a través de  $Z_1$ . Por lo tanto, si la información mostrada por el eje  $Z_2$  no es tenida en cuenta, la información contenida en las dos variables  $X_1$  y  $X_2$  pueden ser resumidas en  $Z_1$ . En el caso opuesto donde las variables  $X_1$  y  $X_2$  son completamente independientes de los datos en situaciones  $n$ , entonces los puntos  $n$  son distribuidos en la forma de un círculo y no de una elipse, haciendo caso omiso de la dirección de los nuevos ejes de coordenadas. En ese caso, tanto  $Z_1$  y  $Z_2$  contienen una cantidad igual de información, así que ninguno puede ser despreciado.

El método ACP ha sido extensamente usado en la construcción de indicadores compuestos de grandes conjuntos de subindicadores, sobre la base de la correlación entre los subindicadores. En tales casos, los componentes principales han sido usados con el objetivo de combinar subindicadores en indicadores compuestos para reflejar la máxima proporción posible de la variación total en el conjunto. El primer componente principal usualmente debería capturar la variación suficiente para que sea una representación adecuada de la serie original. Sin embargo, en otros casos el solo primer componente principal no explica más del 80% de la varianza total de los subindicadores y algunos componentes principales son combinados para crear el indicador compuesto. Al igual que las otras técnicas que aquí se comentan, que se basan en correlaciones, el ACP tiene la desventaja de que las correlaciones no necesariamente representan la *influencia real* (y hasta *estadística*) de los subindicadores del fenómeno el indicador compuesto que se está midiendo.

### 2.3-2.4 Análisis de factores

El AF apunta a lo mismo que el ACP. La idea básica es que todavía sea posible describir un conjunto de  $p$  variables  $X_1, X_2, \dots, X_p$  en términos de un número más pequeño de factores  $m$ , y por lo tanto elucidar la relación entre estas variables. Existe, sin embargo, una diferencia importante: el ACP no está basado en ningún modelo estadístico particular, pero el AF está basado en un modelo más bien especial.

El desarrollo temprano del análisis de factores se debió a Charles Spearman, quien estudió las correlaciones entre puntajes de prueba de varios tipos y notó que muchas observaciones podrían ser valoradas por un modelo simple de los puntajes (Manly 1994). Por ejemplo, en un caso obtuvo la siguiente matriz de correlaciones (tabla 2.3-2.4.1) para niños en una escuela preparatoria en relación con sus puntajes en exámenes sobre los Clásicos (C), Francés (F), Inglés (I), Matemáticas (M), Apreciación musical (A), y Música (Mu) :

**Tabla 2.3-2.4.1 Matriz de correlaciones**

	C	F	E	M	A	Mu
C	1.00	0.83	0.78	0.70	0.66	0.63
F	0.83	1.00	0.67	0.67	0.65	0.57
E	0.78	0.67	1.00	0.64	0.54	0.51
M	0.70	0.67	0.64	1.00	0.45	0.51
A	0.66	0.65	0.54	0.45	1.00	0.40
Mu	0.63	0.57	0.51	0.51	0.40	1.00

Spearman se dio cuenta de que esta matriz tenía una propiedad interesante: que cualquiera de las dos hileras son casi proporcionales si son ignoradas las diagonales. Por lo tanto, las filas C y E tienen relaciones:

$$\frac{0.83}{0.67} \cong \frac{0.70}{0.64} \cong \frac{0.66}{0.54} \cong \frac{0.63}{0.51} \cong 1.2$$

Propuso la idea que los seis puntajes de prueba son todos de la forma  $X_i = F a_i + e_i$ , donde  $X_i$  es el  $i$ -er puntaje normalizado con una media de cero y una desviación estándar de uno,  $a_i$  es una constante,  $F$  es un "factor", el cual tiene una media cero y desviación estándar de uno, y  $e_i$  es la parte de  $X_i$  que es específica solamente la  $i$ -era prueba. El mostró que una relación constante entre las filas de una matriz de correlación sigue como consecuencia de estas suposiciones y que por ende hay un modelo factible para los datos. De una manera general este modelo es dado por:

$$\begin{aligned} X_1 &= \alpha_{11}F_1 + \alpha_{12}F_2 + \dots + \alpha_{1m}F_m + e_1 \\ X_2 &= \alpha_{21}F_1 + \alpha_{22}F_2 + \dots + \alpha_{2m}F_m + e_2 \\ &\dots \\ X_p &= \alpha_{p1}F_1 + \alpha_{p2}F_2 + \dots + \alpha_{pm}F_m + e_p \end{aligned} \tag{2.3-2.4.1}$$

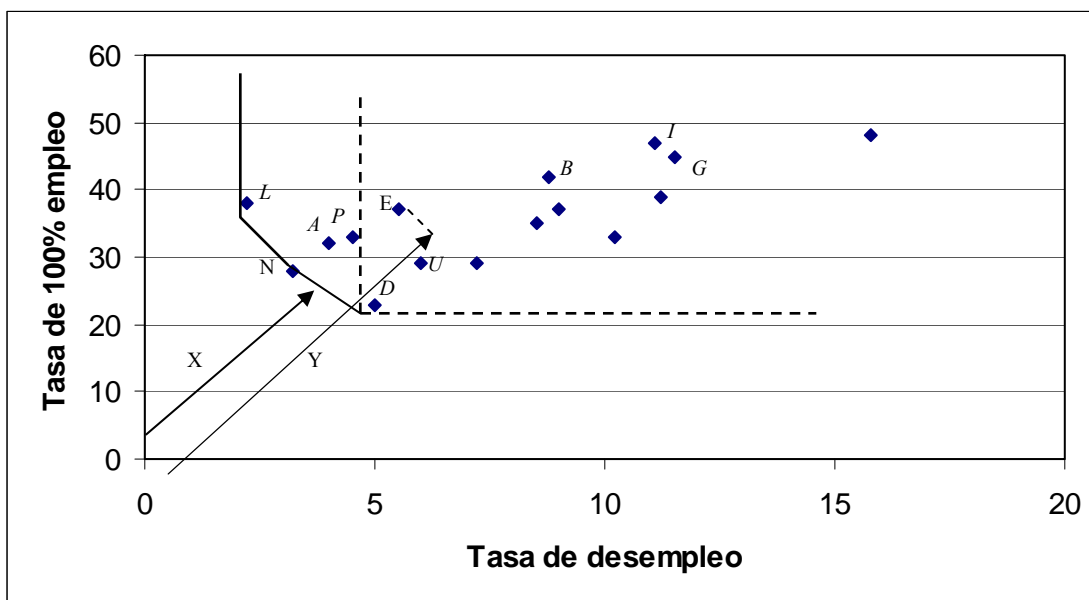
donde  $X_i$  es una variable con media cero y varianza unitaria;  $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{im}$  son los factores de peso relacionados con la variable  $X_i$ ;  $F_1, F_2, \dots, F_m$  son  $m$  factores no correlacionados comunes,

cada uno con media cero y varianza unitaria; y  $ei$  es el factor específico relacionado sólo con la variable  $X_i$ , que tiene media cero y no está correlacionada con ninguno de los factores comunes y los factores específicos. La primera fase para un AF es determinar los factores provisionales de peso  $\alpha_{ij}$ . Una forma de hacer esto es hacer el ACP y considerar sólo los primeros componentes principales  $m$ , los cuales son por sí mismos tomados para ser los factores  $m$ . Nótese que hay un infinito número de soluciones alternativas para el modelo de análisis de factores.

### 2.3-2.5 Frontera eficiente

Una descripción cuidadosa de la metodología puede ser encontrada en Storrie y Bjurek (1999, 2000). Los siguientes párrafos presentan la esencia del método, incluyendo una descripción de las suposiciones necesarias, y sus implicaciones, al crear un indicador compuesto de dos subindicadores para algunos países. La figura 2.3-2.5.1 grafica los dos indicadores, tasa de desempleo y tasa de empleo. El mejor desempeño se encuentra en la medida que se dirige hacia el origen en ambas dimensiones. Se dice que un país domina a otro cuando es mejor en ambos indicadores. Esta es la primera suposición de la metodología. El dominio es gráficamente ilustrado al dibujar una forma-L con el país en cuestión en la intersección de la L (ver la línea con guiones). El país domina todos los países por encima y a la derecha de la L. Por ejemplo,  $D$  domina a  $E, U$ , y así en adelante, pero no a  $P$  ni a  $A$ .  $L$  domina a  $F, B, G, I$  y  $S$ . El  $N$  domina a todos los países excepto a  $L$  y a  $D$ . Estos tres países no están dominados por ningún otro y constituyen de este modo la frontera o la referencia multidimensional, que pasa a través de  $L-N-D$ . Una suposición adicional es que una combinación lineal de dos países en la frontera también está en la frontera, i.e. convexidad. La frontera se dibuja con una línea sólida en la figura 2.3-2.5.1.

Figura 2.3-2.5.1 Construcción de una frontera



Lo que queda ahora es medir la extensión a la cual los otros países se desvían de la frontera. El procedimiento es ejemplificado con el  $E$ . La distancia de la raya desde el origen a  $E$  está señalada como  $Y$ . La distancia desde el origen en la dirección de  $E$  hasta la altura de la frontera está desig-

nada como X. El indicador compuesto para la E es entonces igual a  $X/Y=0.715$ . Los valores del indicador compuesto para los países restantes son calculados de manera similar. Es obvio que para países en la frontera el indicador compuesto es igual a unidad. De este modo, en esta metodología es la comparación de los países la que determina los pesos. Debe enfatizarse que diferentes países serían pesados de forma diferente dependiendo de dónde estén localizados en relación con la frontera.

La idea, ilustrada gráficamente en dos dimensiones, puede ser extendida en principio a cualquier número de dimensiones. La idea básica de una frontera y la distancia a un segmento particular se mantiene. El enfoque de la frontera eficiente (método objetivo) es usado para calcular el indicador compuesto. La primera suposición de la metodología es que un país domina a otro cuando es mejor en ambos indicadores. La asignación del peso no está basada en algún juicio de valor pero sí en los datos. Más precisamente, después de que se define la frontera (países que se desempeñan mejor), la ponderación depende de la ubicación relativa de los países varios con los países que se encuentran en la frontera de desempeño y que exhibe una mezcla similar de indicadores. Diferentes países son medidos de manera distinta dependiendo de dónde estén localizados en relación con la frontera.

Este método es muy poco generoso respecto a las suposiciones de ponderación porque le permite a los datos decidir sobre la cuestión del peso. McCarthy (2001) expresa, sin embargo, su preocupación de que tal construcción empírica pueda que no indique la dirección apropiada de una política para un determinado país para que mejore su situación.

### **2.3-2.6 Distancia a objetivos**

Una forma de evadir la selección inmediata de pesos es la medición de la necesidad de intervención política y la "urgencia" de un problema por el enfoque de la distancia al objetivo. La urgencia es alta si se está lejos de la meta, y es baja si la meta está casi al alcance. La ponderación en sí misma se realiza al dividir los valores de los subindicadores por los correspondientes valores objetivos, ambos expresados en las mismas unidades. Los parámetros sin dimensión que se obtienen de esta forma pueden ser resumidos por un simple promedio para producir el indicador compuesto.

Usar metas de política como objetivos es convincente para los tomadores de decisiones por su "adecuación" como método de ponderación en la medida que dichos tomadores de decisiones hayan definido los objetivos de política. Este enfoque es técnicamente factible cuando para una política determinada existe una base bien definida, como un Plan Nacional u otros documentos similares de referencia. Para comparaciones internacionales, dichas referencias usualmente no existen o pueden conducir a resultados contradictorios. Otro argumento en contra de utilización de metas de política como objetivos es que los beneficios de una política deben ser evaluados independientemente de las metas de políticas existentes. De manera alternativa a metas de política, los niveles de sostenibilidad, los efectos cuantificados sobre el medioambiente, o los países con mejor desempeño pueden ser usados como referentes de metas (e.g. el Índice de Desarrollo Humano, PNUD 1990, 2001).

### 2.3-2.7 Opinión de expertos (asignación presupuestal)

Un método usado comúnmente es la asignación de pesos a los subindicadores con base en el juicio personal (método participativo). Este método, sin embargo, alcanza sus límites cuando algunos indicadores tienen poco significado (o ninguno) para la persona entrevistada. Obviamente, en tales casos la opinión de los expertos es la que se busca. En algunos campos de política existe consenso entre los expertos sobre cómo juzgar, al menos, la contribución relativa de indicadores físicos para el problema en su totalidad, aunque hay algunos casos donde las opiniones divergen. Es esencial reunir a expertos que tengan un amplio espectro de conocimientos, experiencia e intereses para asegurarse de que se encuentre un apropiado sistema de ponderación para una aplicación determinada (Detlof von Winterfeld y Edward 1986).

*La asignación de presupuesto* es un método participativo en el cual a los expertos se les da un "presupuesto" de  $N$  puntos, para que sea distribuido sobre un número de subindicadores, "pagando" más por aquellos subindicadores cuya importancia se quiere enfatizar. El método de asignación de presupuesto puede dividirse en cuatro fases diferentes:

- Selección de expertos para la valoración;
- Asignación de presupuesto a los subindicadores;
- Cálculo de los pesos;
- Iteración de la asignación de pesos hasta que la convergencia sea alcanzada (opcional).

Diferentes casos de estudio en los cuales a muchos expertos se les ha solicitado la asignación de un presupuesto a diversos subindicadores han mostrado resultados muy consistentes, a pesar del hecho de que los expertos vinieron de esferas sociales opuestas (Moldan y Billharz 1997).

Un argumento opuesto en contra del uso de la opinión de los expertos es sobre la confiabilidad de la ponderación. La intervención local no se puede evaluar sin considerar las estrategias locales, así que la ponderación de los expertos no podría ser transferida de un área a otra. Más aún, asignar cierto presupuesto sobre un gran número de indicadores puede darle a los expertos una seria tensión cognitiva, debido a que implica pensamiento circular. El método es óptimo para un número máximo de 10 indicadores. Especial cuidado se le debe dar a la identificación de la población de expertos de los cuales se extrae una muestra, estratificada o de otra forma.

### 2.3-2.8 Proceso analítico jerárquico

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) fue propuesto en los años 70 y es una técnica bastante usada para la toma de decisiones con atributos múltiples (Saaty 1987). Permite la descomposición de un problema en una jerarquía y asegura que tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos de un problema sean incorporados en el proceso de evaluación, durante la cual la opinión es extraída sistemáticamente por medio de comparaciones entre pares. El PAJ es una metodología de decisión compensatoria porque las alternativas que son eficientes con respecto a uno o más objetivos pueden compensarse mediante su desempeño con respecto a otros objetivos. El PAJ permite la aplicación de datos, experiencia, conocimiento, e intuición de una forma lógica y profunda dentro de una jerarquía como un todo. En particular, el PAJ como método de ponderación permite a los tomadores de decisiones derivar pesos contrastantes a los asignados en forma arbitraria.



El núcleo del PAJ es una comparación de atributos entre pares ordinales; subindicadores en este contexto, en los cuales enunciados de preferencia son identificados. Para un objetivo dado, las comparaciones son realizadas por pares de subindicadores, primero planteando la pregunta “¿Cuál de los dos es el más importante?” y segundo “¿Por cuánto?”. La fortaleza de la preferencia es expresada en una escala semántica de 1 a 9, lo que permite la medida dentro del mismo orden de magnitud. La preferencia de 1 indica igualdad entre dos subindicadores mientras que una preferencia de 9 indica que un subindicador es 9 veces más grande o más importante que aquel con el que es comparado. De esta forma las comparaciones están siendo realizadas entre pares de subindicadores donde la percepción es lo suficientemente significativa para hacer una distinción. Estas comparaciones resultan en una matriz A de comparaciones (ver tabla 2.3-2.8.1) donde  $A_{ij} = 1$  y  $A_{ji} = 1 / A_{ij}$ .

**Tabla 2.3-2.8.1 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (escala semántica)**

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	1	3	1
Indicador B	1 / 3	1	1 / 5
Indicador C	1	5	1

Para el ejemplo ilustrado en la tabla 2.3-2.8.2, el indicador A es tres veces más importante que el indicador B, y consecuentemente el indicador B tiene un tercio de la importancia del indicador A. Cada juicio refleja, en la realidad, la percepción de la relación de las contribuciones relativas (pesos) de los dos indicadores al objetivo total que se valora como se muestra en la tabla 2.3-2.8.2.

**Tabla 2.3-2.8.2 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (pesos)**

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	$w_A/w_A$	$w_A/w_B$	$w_A/w_C$
Indicador B	$w_B/w_A$	$w_B/w_B$	$w_B/w_C$
Indicador C	$w_C/w_A$	$w_C/w_B$	$w_C/w_C$

Los pesos relativos de los subindicadores son calculados usando una técnica de vectores propios. Una de las ventajas de este método es que es capaz de verificar la consistencia de la matriz de comparación a través del cálculo de los valores propios (*eigenvalues*).

El PAJ tolera la inconsistencia a través de la cantidad de redundancia. Para una matriz de tamaño  $n \times n$  sólo comparaciones  $n-1$  son requeridas para establecer pesos para los indicadores  $n$ . El número real de comparaciones realizadas en el PAJ es  $n(n-1)/2$ . Esta redundancia es una característica útil como lo es, en forma análoga, la estimación de un número como resultados de obtener el promedio de repetidas observaciones. Esto conduce resulta en un conjunto de pesos que son menos sensitivos a errores de juicio. Además, esta redundancia permite la medición de los errores de juicio al dar medios para calcular una relación de inconsistencia.

El PAJ se ajusta bien al tipo de problemas complejos de toma de decisiones que involucran metas múltiples relacionadas con la planificación. La principal ventaja del PAJ es que se basa en la comparación de pares; la mente humana puede manejar fácilmente dos problemas distintos y examinar sus diferencias. Otra ventaja del PAJ es que a diferencia de otros métodos basados en la

Teoría de la Utilidad, es que no requiere de una escala universal para su uso con fines comparativos.

### **2.3-2.9 Enfoque de decisión multicriterio**

Es otra la técnica de decisión de múltiples atributos en la cual Giuseppe Munda (2003) analiza los supuestos que subyacen las reglas de agregación lineal y demuestra que los pesos en las reglas de agregación lineal tienen siempre el significado de relaciones de sustitución. Hace ver que en todas las construcciones de indicadores compuestos, los pesos son usados como coeficientes de importancia y, que en consecuencia, existe una inconsistencia teórica. También señala que la suposición de independencia de la preferencia es esencial para la existencia de una regla de agregación lineal y que, por lo tanto, el uso de un procedimiento de agregación lineal supone que entre los diferentes aspectos no hay sinergia ni conflicto. Lo que, sin duda, parece ser un supuesto poco realista. Finalmente, señala que en las reglas de agregación lineal, siempre se asume la existencia de compensabilidad entre los diferentes subindicadores individuales; lo que implica posibilidad de sustitución total entre los distintos componentes considerados, y que desde un punto de vista descriptivo una completa compensabilidad es usualmente indeseable.

Una simple clasificación algorítmica, más consistente que la agregación lineal puede ser considerar la máxima probabilidad de posicionamiento de los países como la categorización basada en el máximo número de subindicadores individuales para cada comparación entre pares, agregada sobre todos los pares países considerados. Para más detalles y pruebas formales ver Munda y Nardo (2003). Esta convención de agregación matemática puede dividirse en dos pasos principales: i) la comparación de alternativas entre pares, y ii) el posicionamiento de las alternativas en un preordenamiento completo. En este enfoque los pesos nunca se combinan con intensidades de preferencia, en consecuencia existe la garantía teórica que ellos sólo son coeficientes de importancia. Debido a que las intensidades de preferencia no son usadas el grado de compensabilidad asociada con el modelo de agregación está en el nivel mínimo posible. Dado que la sumatoria de pesos es igual a uno, las comparaciones de pares pueden ser sintetizadas en una matriz de posicionamiento desde afuera, que puede ser interpretada como una matriz de votación.

### **2.3-2.10 Ponderación endógena**

En contraste con estos enfoques de ponderación exógena, existe un enfoque endógeno donde a los países se les permite seleccionar sus propios pesos para las variables. Esto, según sus autores, facilita una mayor aceptación política de indicadores compuestos al permitir a los países desvalorar las variables en las cuales son débiles mientras ilustran sus preferencias reveladas.

La práctica de la referenciación se basa típicamente en indicadores de desempeño, que agregan varias dimensiones de desempeño dentro una sola cifra numérica. Estos indicadores generalmente proveen representaciones imperfectas de lo que realmente se quiere medir. Los evaluadores inevitablemente tienen que intercambiar alternativos "indicadores de representación" en términos de múltiples criterios tales como confiabilidad, relevancia, validez, costo y cobertura de los datos. Para resolver el problema de ponderación, Laurens Cherchye (2002; 2003) propone el así llamado método de ponderación del "beneficio de la duda" como un método de agregación potencialmente útil. En este método él selecciona de forma endógena aquellos pesos que maximizan el va-

lor del indicador compuesto para cada país, sujeto a la restricción que ningún otro país obtendría un mayor valor del indicador que aquel si se aplican esos mismos pesos.

La interpretación de la ponderación del beneficio de la duda (o la selección de pesos *más favorable* para cada país) es inmediata: pesos relativos más altos serán asignados a aquellos indicadores en los cuales el país se desempeña mejor (en términos relativos) cuando se comparan con otros países en la muestra. Esto impide que los tomadores de decisiones puedan reclamar que se ha utilizado un esquema de ponderación injusto para evaluar su país; cualquier otro perfil de ponderación sólo podría empeorar la posición del país *vis-à-vis* con respecto a los otros países de la muestra. En cierta forma, la metodología propuesta permite a los tomadores de decisiones de cada país definir sus propios pesos; "los datos hablan por sí mismos" y determinar los pesos de forma endógena más que acudir a pesos *a priori* específicos para cada indicador.

## 2.4 Índice de gestión de riesgos (IGR)

Medir la gestión de riesgos, debidos a fenómenos naturales, mediante indicadores es un desafío mayor desde el punto de vista conceptual, técnico-científico y numérico. Los indicadores deben ser transparentes, representativos y robustos, de fácil comprensión por parte de los responsables de formular políticas públicas a nivel nacional, subnacional o urbano. Es importante que la metodología de evaluación sea de fácil aplicación para que pueda ser usada de manera periódica, que facilite la agrupación y comparación de la gestión de riesgos entre países, ciudades o regiones, o a cualquier nivel territorial y en diferentes momentos de tiempo, a fin de analizar su evolución.

Actualmente no existen indicadores específicos en los países, ampliamente aceptados, para evaluar directamente el desempeño o *performance*<sup>26</sup> de la gestión del riesgo u otros aspectos relevantes que reflejen lo que se desea medir como gestión del riesgo. Algunas iniciativas se han tenido (Mitchell 2003), sin embargo, este tipo de mediciones se han considerado subjetivas y arbitrarias debido a su carácter normativo; es decir que es necesario definir referentes. Uno de los principales esfuerzos para definir los aspectos que caracterizan la gestión del riesgo ha sido el marco de acción o *framework* liderado por la EIRD (2003), en el cual se proponen preliminarmente varias áreas temáticas, componentes y los posibles criterios para la valoración del desempeño (Cardona *et al.* 2003b). En cualquiera de los casos es necesario calificar las variables con una escala cualitativa que puede ser de 1 a 5 ó de 1 a 7 (Benson 2003b; Briguglio 2003a/b; Mitchell 2003) o mediante valoraciones lingüísticas (Davis 2003; Masure 2003).

En la evaluación de la gestión del riesgo se involucra información que no tiene unidades de medida comunes o que sólo puede ser calificada utilizando calificaciones lingüísticas; es por esto que aquí se utilizan indicadores compuestos multiatributo<sup>27</sup> y la teoría de conjuntos difusos como herramientas para la evaluación de la efectividad de la gestión de riesgos. Los conjuntos difusos no tienen límites perfectamente definidos, es decir, la transición entre la pertenencia y no-pertenencia de una variable a un conjunto es gradual. Esta propiedad es útil cuando es necesaria flexibilidad en la modelación, utilizando expresiones lingüísticas o cualitativas, como *mucho, poco, leve, severo, escaso, incipiente, moderado, confiable, etc.* Algunos aspectos básicos de la teoría de conjuntos difusos son tratados en forma más amplia en el Apéndice 2.4-2.

Para cada política pública se proponen indicadores que caracterizan el desempeño de la gestión del riesgo en el país, región o ciudad; indicadores que pueden variar según la unidad territorial evaluada. Un número muy alto de indicadores podría ser redundante e innecesario y haría muy difícil la asignación de factores de importancia o pesos a cada indicador. Siguiendo el método para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo propuesto por Carreño *et al.* (2004), la valoración de cada indicador se realiza utilizando cinco niveles de desempeño: *bajo, incipiente, significativo (apreciable), sobresaliente (notable) y óptimo*. Estos niveles de desempeño se presentan las tablas 2.4.1 a 2.4.4 para cada política pública respectivamente en un país, siendo 1 el nivel más bajo y 5 el nivel más alto. El Apéndice 2.4-1 los describe para una ciudad.

---

<sup>26</sup> Existen otros indicadores de “desempeño” a nivel internacional para medir sostenibilidad ambiental, desarrollo económico, innovación tecnológica, etc. (OECD 2003; JRC-EC 2003).

<sup>27</sup> También se le conoce como técnicas multicriterio.

**Tabla 2.4.1 Indicadores de identificación del Riesgo**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Algunos datos básicos y superficiales de eventos históricos.</li> <li>2. Registro continuo de eventos actuales, catálogos incompletos de ocurrencia de algunos fenómenos e información limitada de efectos y pérdidas.</li> <li>3. Algunos catálogos completos a nivel nacional y en las regiones, sistematización generalizada de eventos actuales y de sus efectos económicos, sociales y ambientales.</li> <li>4. Inventario completo y múltiples catálogos de eventos; registro y sistematización detallada de efectos y pérdidas a nivel nacional.</li> <li>5. Inventario detallado de eventos y efectos para todo tipo de amenaza existente y bases de datos a nivel subnacional y local.</li> </ol>
<p><b><u>IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instrumentación mínima o deficiente de algunos fenómenos importantes.</li> <li>2. Redes básicas de instrumentación con problemas de actualización tecnológica y de mantenimiento continuo.</li> <li>3. Algunas redes con tecnología avanzada a nivel nacional o de zonas puntuales; pronósticos mejorados y protocolos de información establecidos para las principales amenazas.</li> <li>4. Buena y progresiva cobertura de la instrumentación a nivel nacional, investigación avanzada de la mayoría de fenómenos y algunos sistemas de alerta automáticos funcionando.</li> <li>5. Amplia cobertura de redes de estaciones y sensores para todo tipo de amenaza en todo el territorio, análisis permanente y oportuno de información y sistemas de alerta automáticos funcionando continuamente a nivel local, regional y nacional.</li> </ol>
<p><b><u>IR3. Evaluación mapeo de amenazas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluación superficial y realización de mapas básicos de la influencia y susceptibilidad de algunos fenómenos.</li> <li>2. Algunos estudios descriptivos y cualitativos de susceptibilidad y amenaza de los principales fenómenos a escala nacional y en algunos sitios específicos.</li> <li>3. Algunos mapas de amenaza, basados en técnicas probabilísticas, para el nivel nacional y para algunas regiones; uso generalizado de SIG para el mapeo de las principales amenazas.</li> <li>4. Evaluaciones con base en metodologías avanzadas y de adecuada resolución para la mayoría de las amenazas; microzonificación de algunas ciudades con base en técnicas probabilísticas.</li> <li>5. Estudios detallados de la mayoría de los fenómenos potenciales en todo el territorio; microzonificación de la mayoría de ciudades y mapas de amenaza a nivel subnacional y municipal.</li> </ol>
<p><b><u>IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación y mapeo de los principales elementos expuestos en zonas propensas en las principales ciudades y cuencas hidrográficas.</li> <li>2. Estudios generales de vulnerabilidad física ante las amenazas más reconocidas, utilizando SIG en algunas ciudades y cuencas.</li> <li>3. Evaluación de escenarios de daños y pérdidas potenciales ante algunos fenómenos peligrosos en las principales ciudades; análisis de la vulnerabilidad física de algunos edificios esenciales.</li> <li>4. Estudios detallados de riesgo, utilizando técnicas probabilísticas, teniendo en cuenta el impacto económico y social de la mayoría de las amenazas en algunas ciudades; análisis de la vulnerabilidad de la mayoría de edificios esenciales y de algunas líneas vitales.</li> <li>5. Evaluación generalizada de riesgo, considerando factores físicos, sociales, culturales y ambientales; análisis de la vulnerabilidad también de edificios privados y de la mayoría de las líneas vitales.</li> </ol>
<p><b><u>IR5. Información pública y participación comunitaria</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Información esporádica sobre gestión de riesgos en condiciones de normalidad y más frecuentemente en caso de desastres.</li> <li>2. Divulgación en prensa y emisión de programas de radio y TV orientados hacia la preparación en caso de emergencia; producción de materiales ilustrativos sobre fenómenos peligrosos.</li> <li>3. Frecuente realización de programas de opinión en los medios sobre gestión de riesgos a nivel nacional y local; guías para la reducción de vulnerabilidad; trabajo con comunidades y con ONGs.</li> <li>4. Divulgación generalizada y progresiva toma de conciencia; conformación de algunas redes sociales de protección civil y de ONGs que promueven explícitamente la gestión local del riesgo.</li> <li>5. Amplia participación y apoyo del sector privado a las actividades de divulgación; consolidación de redes sociales y participación notable de profesionales y de ONGs en todos los niveles.</li> </ol>
<p><b><u>IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incipiente incorporación de temas sobre amenazas y desastres en la educación formal y en programas de capacitación comunitaria.</li> <li>2. Algunas adecuaciones curriculares puntuales en la educación básica y media; producción de materiales de instrucción para docentes y líderes comunitarios en algunos lugares del país.</li> <li>3. Progresiva incorporación de la gestión de riesgo en los programas curriculares; apreciable producción de materiales de instrucción y realización de frecuentes cursos de capacitación de la comunidad.</li> <li>4. Ampliación de la adecuación curricular a los programas de educación superior; ofrecimiento de cursos de especialización en varias universidades; amplia capacitación comunitaria a nivel local.</li> <li>5. Adecuación curricular generalizada en todo el territorio y en todas las etapas de la educación; amplia producción de materiales de instrucción; permanente capacitación de la comunidad.</li> </ol>

**Tabla 2.4.2 Indicadores de reducción del riesgo**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>RR1. Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consideración de algunos elementos de identificación de riesgos y protección ambiental en la planificación física.</li> <li>2. Promulgación de legislación nacional y de algunas regulaciones locales que consideran algunas amenazas como determinantes del ordenamiento territorial y planificación del desarrollo.</li> <li>3. Progresiva formulación de reglamentos de uso del suelo en varias ciudades que tienen en cuenta amenazas y riesgos; prescripciones de diseño y construcción obligatorias con base en microzonificaciones.</li> <li>4. Amplia formulación y actualización de planes de ordenamiento territorial con enfoque preventivo en la mayoría de los municipios; mayor utilización de las microzonificaciones con fines de seguridad.</li> <li>5. Aprobación y control generalizado del cumplimiento de los planes de ordenamiento territorial que incluyen el riesgo como determinante y de las disposiciones de seguridad urbana respectivas.</li> </ol>
<p><b><u>RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inventario de cuencas y zonas de mayor deterioro ambiental o consideradas de mayor sensibilidad.</li> <li>2. Expedición de disposiciones legales de orden nacional y de algunas de nivel local que establecen la obligatoriedad de reforestación, protección ambiental y ordenamiento de cuencas.</li> <li>3. Formulación de algunos planes de ordenamiento e intervención de cuencas hidrográficas estratégicas y de zonas sensitivas, teniendo en cuenta aspectos relacionados con la vulnerabilidad y el riesgo.</li> <li>4. Apreciable número de regiones/cuencas con planes de protección ambiental, estudios de impacto y ordenamiento de zonas agrícolas, que consideran el riesgo como determinante para la intervención.</li> <li>5. Intervención de un número considerable de cuencas deterioradas y de zonas sensitivas y ecosistemas estratégicos; la mayoría de los municipios con planes de intervención y protección ambiental.</li> </ol>
<p><b><u>RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Algunas medidas estructurales de control y estabilidad en algunos lugares de mayor incidencia y peligro.</li> <li>2. Obras de canalización, saneamiento y tratamiento de aguas en la mayoría de las ciudades, construidas con criterios de seguridad.</li> <li>3. Establecimiento de medidas y reglamentaciones para el diseño y construcción de obras de protección y control de amenazas en armonía con las disposiciones de ordenamiento territorial.</li> <li>4. Amplia intervención de zonas de riesgo mitigable mediante obras de protección y control en las principales ciudades que lo requieren.</li> <li>5. Adecuado diseño y construcción de obras de amortiguamiento estabilidad, disipación y control en la mayoría de ciudades con fines de protección de asentamientos humanos e inversiones sociales.</li> </ol>
<p><b><u>RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación e inventario de asentamientos humanos marginales y localizados en áreas propensas.</li> <li>2. Expedición de legislación sobre tratamiento prioritario de áreas urbanas deterioradas y en riesgo para programas de mejoramiento y desarrollo de vivienda de interés social.</li> <li>3. Programas de mejoramiento del entorno, de vivienda existente y de reubicación por riesgo en las principales ciudades.</li> <li>4. Progresiva intervención de asentamientos humanos en riesgo en la mayoría de las ciudades y adecuado tratamiento de las áreas desalojadas.</li> <li>5. Notable control de las áreas de riesgo en todas las ciudades y reubicación de la mayoría de las viviendas construidas en zonas de riesgo no mitigable.</li> </ol>
<p><b><u>RR5. Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso voluntario normas y códigos de construcción de otros países sin mayores adecuaciones y ajustes.</li> <li>2. Adaptación de algunos requisitos y especificaciones de acuerdo con algunos criterios y particularidades nacionales y locales.</li> <li>3. Expedición y actualización de normas nacionales de obligatorio cumplimiento con base en normativas internacionales, modificadas y ajustadas de acuerdo con la evaluación de amenazas en el país.</li> <li>4. Actualización tecnológica de la mayoría de normas de seguridad y de códigos de construcción de edificaciones nuevas y existentes, con requisitos especiales para edificios y líneas vitales esenciales.</li> <li>5. Actualización permanente de códigos y requisitos de seguridad; implantación de reglamentos locales de construcción en la mayoría de las ciudades, con base en microzonificaciones; estricto control de su cumplimiento.</li> </ol>
<p><b><u>RR6. Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Refuerzo y adecuación esporádica de edificaciones y líneas vitales por remodelaciones o cambios de uso o por modificaciones.</li> <li>2. Expedición de normas de intervención de la vulnerabilidad de edificios existentes; refuerzo de algunos edificios esenciales como hospitales o considerados de carácter indispensable.</li> <li>3. Algunos programas masivos de evaluación de vulnerabilidad, rehabilitación y refuerzo de hospitales, escuelas y edificios de control de líneas vitales; obligatoriedad de reforzamientos.</li> <li>4. Progresivo número de edificios públicos reforzados, líneas vitales intervenidas; algunos edificios del sector privado reforzados por iniciativa propia o por estímulos fiscales ofrecidos por el gobierno.</li> <li>5. Masificación del refuerzo de los principales edificios públicos y privados; programas permanentes de incentivos para rehabilitación de vivienda de estratos socio-económicos de bajos ingresos.</li> </ol>

**Tabla 2.4.3 Indicadores de manejo de desastres**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diferentes organismos atienden emergencias, sin mayores recursos y varios de ellos con sólo personal voluntario.</li> <li>2. Legislación específica define una estructura interinstitucional, roles de las entidades operativas y establece la coordinación de comisiones de emergencia en todo el territorio.</li> <li>3. Apreciable coordinación, en algunas ciudades, entre las entidades operativas en la preparación conjunta, comunicaciones, búsqueda y rescate, red de urgencias y manejo de alojamientos temporales.</li> <li>4. Coordinación permanente para responder en caso de emergencia entre las entidades operativas, de servicios públicos, las autoridades locales y organismos de la sociedad civil en la mayoría de ciudades.</li> <li>5. Avanzada integración interinstitucional entre entidades públicas, privadas y comunitarias, con adecuados protocolos de coordinación horizontal y vertical en todos los niveles territoriales.</li> </ol>
<p><b><u>MD2. Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planes básicos de emergencia y contingencia con listas de chequeo e información del personal disponible.</li> <li>2. Disposiciones legales que establecen la obligatoriedad de planes de emergencia; algunas ciudades con planes operativos; articulación con entidades que producen información técnica a nivel nacional.</li> <li>3. Protocolos y procedimientos operativos bien definidos a nivel nacional y subnacional, y en las principales ciudades; varios sistemas de pronóstico y alerta operando en forma continua.</li> <li>4. Planes de emergencia y contingencia completos y asociados a sistemas de información y alerta en la mayoría de ciudades.</li> <li>5. Preparación para la respuesta operativa con base en escenarios probables en todo el territorio; uso de tecnología de la información para la activación de procedimientos automáticos de respuesta.</li> </ol>
<p><b><u>MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dotación básica e inventario de los recursos de sólo las entidades operativas y comisiones de emergencia.</li> <li>2. Centros de reservas y de equipos especializados de emergencia a nivel nacional y en algunas ciudades; inventarios de recursos de otras entidades públicas y privadas.</li> <li>3. Centros de Operaciones de Emergencia bien dotados con equipos de comunicaciones y adecuados sistemas de registro; equipamiento especializado y centros de reservas en varias ciudades.</li> <li>4. COEs bien dotados y sistematizados en la mayoría de ciudades; progresiva dotación complementaria de las entidades operativas.</li> <li>5. Redes de apoyo interinstitucional, de centros de reservas y entre COEs funcionando permanentemente; amplias facilidades de comunicaciones, transporte y abastecimiento en caso de emergencia.</li> </ol>
<p><b><u>MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Algunos simulacros institucionales internos y en conjunto con otras entidades operativas en algunas ciudades.</li> <li>2. Ejercicios esporádicos de simulación de situaciones emergencia y respuesta interinstitucional con todas las entidades operativas.</li> <li>3. Simulaciones de escritorio y simulacros con la participación adicional de las entidades de servicios públicos y de la administración local en varias ciudades.</li> <li>4. Coordinación de simulaciones y simulacros con la participación de personas de la comunidad, el sector privado y los medios de comunicación a nivel nacional y en algunas ciudades.</li> <li>5. Prueba de planes de emergencia y contingencia y actualización de procedimientos operativos con base en ejercicios de simulación y simulacros frecuentes en la mayoría de ciudades.</li> </ol>
<p><b><u>MD5. Preparación y capacitación de la comunidad</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reuniones informativas con comunidades para ilustrar qué se debe hacer en emergencia, usualmente cuando ocurren desastres.</li> <li>2. Cursos esporádicos de capacitación con organizaciones de la sociedad, con el fin de tratar temas relacionados con desastres.</li> <li>3. Programación regular actividades de capacitación comunitaria sobre comportamiento en caso de emergencia, en coordinación con entidades y ONGs relacionadas con el desarrollo comunitario.</li> <li>4. Realización de cursos frecuentes con comunidades en la mayoría de ciudades y municipios sobre preparativos, prevención y reducción de riesgos.</li> <li>5. Cursos permanentes de prevención y atención de desastres en todos los municipios dentro de la programación de capacitación en desarrollo comunitario en coordinación con otras entidades y ONGs.</li> </ol>
<p><b><u>MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño e implementación de planes de rehabilitación y reconstrucción sólo a posteriori de desastres importantes.</li> <li>2. Planeamiento de algunas medidas de recuperación provisional por parte de entidades de servicios públicos y encargadas de la evaluación de daños en algunas ciudades.</li> <li>3. Procedimientos de diagnóstico, restablecimiento y reparación de infraestructura y programas de proyectos productivos para la recuperación de comunidades, a nivel nacional y en varias ciudades.</li> <li>4. Realización ex ante de planes y programas para la recuperación del tejido social, fuentes de trabajo y de medios productivos de las comunidades en la mayoría de ciudades.</li> <li>5. Desarrollo generalizado de planes detallados de reconstrucción de daños físicos y recuperación social con base en escenarios de riesgo; legislación específica y medidas anticipadas para futura activación.</li> </ol>

**Tabla 2.4.4 Indicadores de gobernabilidad y protección financiera**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Organización básica de entidades a nivel nacional en comisiones y con un enfoque principalmente de respuesta a emergencias.</li> <li>2. Legislación que establece una organización descentralizada para gestión integral de riesgos, interinstitucional y multisectorial, y la formulación de un plan general de gestión de riesgos.</li> <li>3. Sistemas interinstitucionales de gestión de riesgo activos a nivel local en varias ciudades; trabajo interministerial a nivel nacional para diseño de políticas públicas sobre reducción de vulnerabilidad.</li> <li>4. Ejecución continua de proyectos de gestión de riesgos asociados con programas de adaptación al cambio climático, protección ambiental, energía, saneamiento y reducción de la pobreza.</li> <li>5. Personal experto con amplia experiencia incorporando la gestión de riesgos en la planificación del desarrollo humano sostenible en la mayoría de ciudades; sistemas de información de alta tecnología.</li> </ol>
<p><b><u>PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Existencia de un fondo nacional de desastres o calamidades y de algunos fondos locales en algunas ciudades.</li> <li>2. Reglamentación de fondos de reservas existentes o creación de nuevos fondos para cofinanciar proyectos de gestión de riesgos a nivel local.</li> <li>3. Apoyo económico nacional y gestión de recursos internacionales para el desarrollo institucional y fortalecimiento de la gestión de riesgos en todo el territorio.</li> <li>4. Progresiva creación de fondos de reservas en los municipios para la cofinanciación de proyectos, fortalecimiento institucional y recuperación en caso de desastres.</li> <li>5. Ingeniería financiera para el diseño de instrumentos de retención y transferencia de riesgos a nivel nacional; fondos de reservas funcionando en la mayoría de ciudades.</li> </ol>
<p><b><u>PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asignación limitada de partidas del presupuesto nacional a instituciones competentes, para atención de emergencias.</li> <li>2. Disposiciones legales estableciendo la destinación de presupuesto a entidades del orden nacional, con fines de gestión de riesgos.</li> <li>3. Destinación por ley de transferencias específicas para la gestión de riesgos a nivel municipal y realización frecuente de convenios interadministrativos para la ejecución de proyectos de prevención.</li> <li>4. Progresiva asignación de partidas del gasto discrecional tanto nacional como municipal para la reducción de la vulnerabilidad; creación de incentivos y tasas de protección y seguridad ambiental.</li> <li>5. Orientación y respaldo nacional de empréstitos gestionados por los municipios y entidades subnacionales y locales ante organismos multilaterales de crédito.</li> </ol>
<p><b><u>PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subvenciones esporádicas a comunidades afectadas por desastres o en situaciones críticas de riesgo.</li> <li>2. Constitución de fondos de inversión social permanentes para el apoyo de comunidades vulnerables con focalización en los estratos socio-económicos más pobres.</li> <li>3. Redes sociales para autoprotección de los medios de sustento de comunidades en riesgo y realización de proyectos productivos de rehabilitación y recuperación posdesastre.</li> <li>4. Programas regulares de microcrédito y actividades de género orientadas a la reducción de la vulnerabilidad humana.</li> <li>5. Desarrollo generalizado de programas de protección social y reducción de la pobreza integrados con actividades de mitigación y prevención en todo el territorio.</li> </ol>
<p><b><u>PF5. Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muy pocos inmuebles públicos de la nación están asegurados y excepcionalmente algunos a nivel local.</li> <li>2. Disposiciones de aseguramiento de bienes públicos de obligatorio cumplimiento; deficiente aseguramiento de la infraestructura.</li> <li>3. Progresivo aseguramiento de bienes públicos e infraestructura del nivel nacional y de algunas ciudades.</li> <li>4. Diseño de programas de aseguramiento colectivo de edificios, infraestructura pública o en concesión en la mayoría de ciudades.</li> <li>5. Análisis e implantación generalizada de estrategias de retención y transferencia de pérdidas sobre los activos públicos, considerando consorcios de reaseguro, titularización de riesgo, bonos cat, etc.</li> </ol>
<p><b><u>PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bajo porcentaje de bienes privados asegurados; industria de seguros incipiente, poco solvente y sin mayor regulación.</li> <li>2. Regulación de la industria de seguros, vigilancia de su solvencia y legislación para aseguramiento del sector hipotecario y de vivienda.</li> <li>3. Desarrollo de algunos estudios cuidadosos de aseguramiento, con base en estimaciones probabilísticas avanzadas de riesgo, utilizando microzonificaciones; auditoría e inspección idónea de propiedades.</li> <li>4. Diseño de programas de aseguramiento colectivo de vivienda y de pequeños negocios entre la mayoría de gobiernos locales y las compañías de seguros, con cobertura automática de los más pobres.</li> <li>5. Fuerte impulso de programas conjuntos entre el gobierno a las compañías de seguros para generar incentivos económicos, con el fin de promover la reducción del riesgo y el aseguramiento masivo.</li> </ol>



Alternativamente el *IGR* se puede estimar como la suma ponderada de valores numéricos fijos (1 a 5 por ejemplo), en vez de los conjuntos difusos de valoración lingüística (como en este proyecto, usando una aplicación en Matlab), sin embargo esa simplificación elimina la no linealidad de la gestión del riesgo, obteniéndose resultados menos apropiados.

Este enfoque metodológico permite utilizar cada nivel de referencia simultáneamente como un “objetivo de desempeño” –*target*– y, por lo tanto, facilita la comparación y la identificación de resultados o logros hacia los cuales los gobiernos deben dirigir sus esfuerzos de formulación, implementación y evaluación de cada política.

A cada indicador se le asigna un peso que representa la importancia relativa de los aspectos que se evalúan en cada una de las cuatro políticas públicas. Las valoraciones de los indicadores y de sus respectivos pesos se establecen mediante consultas con expertos y representantes de las instituciones encargadas de la ejecución de las políticas públicas de gestión de riesgos en cada caso.

El *IGR*, como lo indica la ecuación 2.4.1, se obtiene del promedio de cuatro subíndices de gestión del riesgo que representan cuatro políticas públicas: identificación del riesgo *IR*, reducción del riesgo *RR*, manejo de desastres *MD*, y protección financiera (transferencia de riesgo) y gobernabilidad *PF*.

$$IGR = (IGR_{IR} + IGR_{RR} + IGR_{MD} + IGR_{PF}) / 4 \quad (2.4.1)$$

Los subíndices de condiciones de gestión de riesgo para cada tipo de política pública (*IR,RR,MD,PF*) se obtienen de la ecuación 2.4.2,

$$IGR_{c(IR,RR,MD,PF)}^t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i I_{ic}^t}{\sum_{i=1}^N w_i} \Big|_{(IR,RR,MD,PF)} \quad (2.4.2)$$

donde,  $w_i$  es el peso asignado a cada indicador,  $I_{ic}^t$  corresponde a cada indicador para la unidad territorial en consideración  $c$  y el período  $t$  –normalizado u obtenido de la *desfusificación* de las valoraciones lingüísticas– que representan los niveles de desempeño de la gestión de riesgo definidos para cada política pública respectivamente. Dichas valoraciones lingüísticas, de acuerdo con la propuesta de Cardona (2001) y Carreño (2001) equivalen a un conjunto difuso<sup>28</sup> que tienen una función de pertenencia tipo campana y sigmoidal (en los extremos), dadas paramétricamente por las ecuaciones 2.4.3 y 2.4.4,

$$campana(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}} \quad (2.4.3)$$

---

<sup>28</sup> El conjunto difuso (*fuzzy set*)  $A$  en  $X$  puede definirse como  $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$  donde  $\mu_A(x)$  es la función de pertenencia para el conjunto difuso  $A$ . Esta función da para cada elemento de  $X$  un grado o valor de pertenencia en un intervalo entre 0 y 1, siendo 1 el valor para máxima pertenencia. Si el valor de esta función se restringiera solamente a 0 y 1, se tendría un conjunto clásico, o no-difuso.

donde el parámetro  $b$  es usualmente positivo.

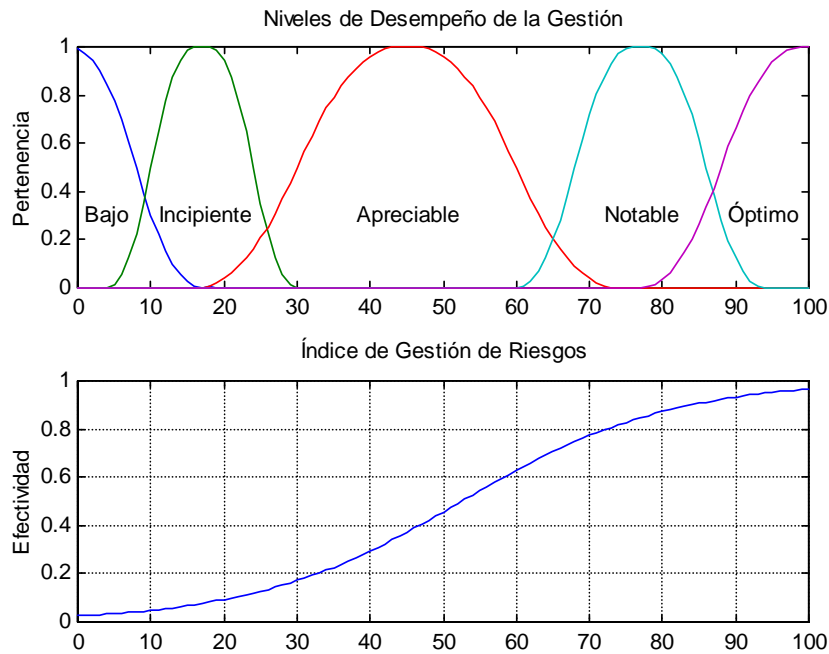
$$\text{sigmoidal}(x; a, c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x - c)]} \quad (2.4.4)$$

donde  $a$  controla la pendiente en el punto de cruce, 0.5 de pertenencia,  $x = c$ .

Es necesario que expertos que conozcan el desarrollo de la gestión de riesgos en el sitio califiquen los diferentes indicadores según su experiencia y conocimiento. De acuerdo con los niveles dados para cada uno.

La forma y cobertura de estas funciones de pertenencia siguen un comportamiento no lineal, en forma de sigmoide, como lo proponen Carreño *et al.* (2004) para caracterizar el desempeño –o profundidad– de la gestión del riesgo y su grado –o probabilidad– de su efectividad,<sup>29</sup> como lo ilustra la figura 2.4.1.<sup>30</sup>

**Figura 2.4.1 Funciones utilizadas para la representación de los niveles de calificación**



<sup>29</sup> La respuesta de un sistema socio-técnico ante el riesgo corresponde a un nivel de adaptación según el nivel de efectividad de su estructura técnica y de su organización, los cuales producen varios patrones de acción, inacción, innovación y determinación ante el riesgo. Según Comfort (1999) se pueden presentar varios tipos de respuesta dependiendo de la estructura técnica, la flexibilidad y la apertura cultural al uso de tecnología. Estos tipos de respuesta son: respuesta no adaptativa (inadecuada para nivel de riesgo que existe, el desempeño de la gestión es *bajo* o inexistente), adaptativa emergente (insuficiente, pero *incipiente*), adaptativa operativa (gestión adecuada con restricciones, *apreciable*) y auto adaptativa (innovadora, creativa y espontánea, es decir *notable* o *óptima*).

<sup>30</sup> Por sugerencia de expertos para una mejor diferenciación de las calificaciones lingüísticas se puede utilizar “significativo” en vez de “apreciable”, y “sobresaliente” en vez de “notable”.

En la figura 2.4.1 se muestran estas funciones de pertenencia en la gráfica superior. En el eje  $x$  de la figura se representa el valor de los indicadores y en el eje  $y$  el grado de pertenencia a cada nivel de calificación, siendo 1 la total pertenencia y 0 la no pertenencia. El desempeño de la gestión de riesgos, tal como aquí se propone, lo definen estas funciones, que conforman la curva sigmoide que se ilustra en la gráfica inferior, donde se indica el grado de efectividad de la gestión del riesgo en función del nivel de desempeño calculado con los diferentes indicadores. Desde el punto de vista teórico, es importante destacar que la grafica inferior ilustra que el aumento de la efectividad de la gestión de riesgo no es lineal, como en la evolución de cualquier proceso complejo; en un principio se tiene un menor progreso y en la medida que se logra una mayor gestión del riesgo, y se hace sostenible, el desempeño aumenta y mejora la efectividad. En un alto grado de desempeño, esfuerzos menores adicionales aumentan significativamente la efectividad. Por el contrario, pequeños logros en la gestión del riesgo se traducen en un desempeño despreciable y poco sostenible, por lo que sus resultados tienen poca o ninguna efectividad.

Es necesario que los expertos, además de calificar los indicadores, también asignen importancias relativas entre los indicadores de cada política pública, estas importancias o pesos son asignados utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), que se describe en el Apéndice 2.4-3. Una vez han sido ponderadas y agregadas estas funciones forman un conjunto difuso del cual se espera obtener una respuesta o resultado. Para lograr esta transformación es necesario llevar a cabo la *desfusificación* de la función de pertenencia que se obtiene y extraer de ella su valor “concentrado”; lo que equivale a extraer un “índice”.

Los pesos asignados suman 1 y son utilizados para ponderar (darle altura) las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos correspondientes a las calificaciones realizadas.

$$\sum_{j=1}^N w_j = 1 \quad (2.4.5)$$

donde  $N$  es el número de indicadores que intervienen en cada caso. La calificación de cada política pública es el resultado de la unión de los conjuntos difusos escalados por los pesos,

$$\mu_{IGR_p} = \max(w_1 \times \mu_C(C_1), \dots, w_N \times \mu_C(C_N)) \quad (2.4.6)$$

donde  $w_1$  a  $w_N$  son los pesos de los indicadores componentes,  $\mu_C(C_1)$  a  $\mu_C(C_N)$  corresponden a las funciones de pertenencia para las calificaciones de cada indicador, y  $\mu_{IGR_p}$  es la función de pertenencia para la calificación del *IGR* de cada política.

El valor del índice de gestión de riesgo es obtenido mediante la *desfusificación* de esta función de pertenencia, utilizando el método del centroide de área (*COA*)

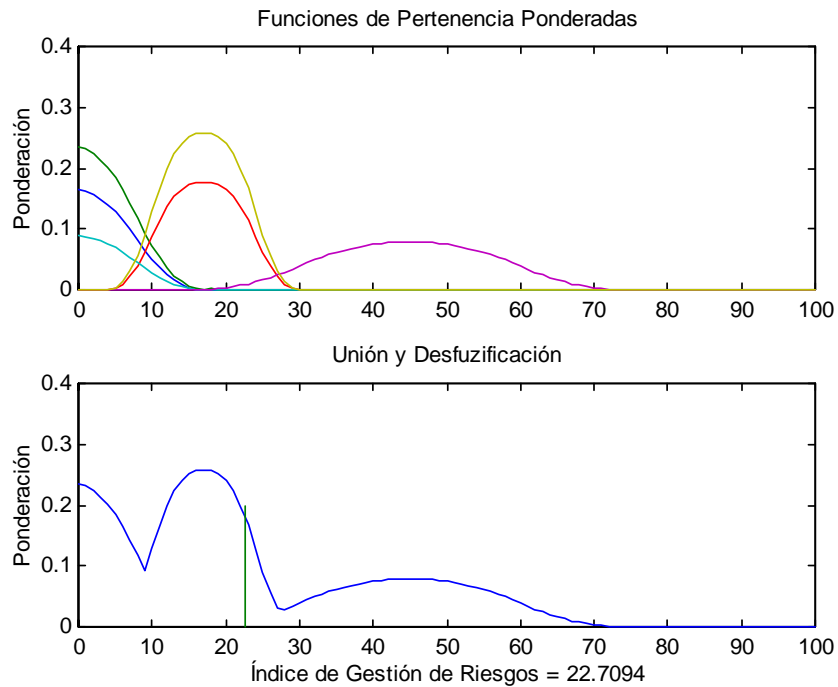
$$IGR_p = [\max(w_1 \times \mu_C(C_1), \dots, w_N \times \mu_C(C_N))]_{Centroide} \quad (2.4.7)$$

Esta técnica consiste en estimar el área y el centroide de cada conjunto difuso y obtener el valor concentrado de dividir la sumatoria del producto entre ellos por la sumatoria total de las áreas, como se expresa en la ecuación 2.4.8.

$$\text{Valor concentrado} = \bar{X} = \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i} \quad \text{ó} \quad COA = \frac{\int \mu_A(x) x dx}{\int \mu_A(x) dx} \quad (2.4.8)$$

La figura 2.4.2 ilustra un ejemplo de este procedimiento para extraer de la agregación de las funciones de pertenencia ponderadas el valor de un *IGR* para una política pública.

**Figura 2.4.2 Ejemplo de cálculo de un IGR (Carreño *et al.* 2004)**



Finalmente el promedio de los cuatro índices (*IR,RR,MD,PF*) proporciona el indicador o índice total de gestión de riesgo, *IGR*.

## Apéndice 2.4-1 Niveles de desempeño en una ciudad

Tabla 2.4-1.1 Indicadores de identificación del riesgo

Indicador y Niveles de desempeño
<b>IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Algunos datos básicos y superficiales de eventos históricos que han afectado la ciudad.</li><li>2. Registro continuo de eventos actuales, catálogos incompletos de ocurrencia de algunos fenómenos e información limitada de efectos y pérdidas.</li><li>3. Algunos catálogos completos, sistematización generalizada de eventos actuales y de sus efectos económicos, sociales y ambientales.</li><li>4. Inventario completo y catálogos de eventos; registro y sistematización detallada de efectos y pérdidas para la ciudad.</li><li>5. Inventario detallado de eventos y efectos para todo tipo de amenaza existente.</li></ol>
<b>IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Instrumentación mínima o deficiente de algunos fenómenos importantes.</li><li>2. Redes básicas de instrumentación con problemas de actualización tecnológica y de mantenimiento continuo.</li><li>3. Algunas redes con tecnología avanzada; pronósticos mejorados y protocolos de información establecidos para las principales amenazas.</li><li>4. Buena y progresiva cobertura de la instrumentación, investigación avanzada de la mayoría de fenómenos y algunos sistemas de alerta automáticos funcionando.</li><li>5. Amplia cobertura de redes de estaciones y sensores para todo tipo de amenaza en toda la ciudad, análisis permanente y oportuno de información y sistemas de alerta automáticos funcionando continuamente.</li></ol>
<b>IR3. Evaluación de amenazas y su representación en mapas</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Evaluación superficial y realización de mapas básicos de la influencia y susceptibilidad de algunos fenómenos.</li><li>2. Algunos estudios descriptivos y cualitativos de susceptibilidad y amenaza de los principales fenómenos.</li><li>3. Algunos mapas de amenaza, basados en técnicas probabilísticas; uso generalizado de SIG para el mapeo de las principales amenazas.</li><li>4. Amplia cobertura con mapas de amenaza de adecuada resolución y en escalas adecuadas; prioridades de zonificación a mayor detalle; microzonificación de la ciudad con base en técnicas probabilísticas.</li><li>5. Estudios detallados y microzonificación de la mayoría de los fenómenos potenciales de la ciudad utilizando metodologías avanzadas; alta capacidad técnica para generar conocimiento sobre sus amenazas.</li></ol>
<b>IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Identificación y representación de escenarios de los principales elementos expuestos en zonas propensas de la ciudad.</li><li>2. Estudios generales de vulnerabilidad física ante las amenazas más reconocidas, utilizando SIG teniendo en cuenta además las cuencas al interior y cercanas a la ciudad.</li><li>3. Evaluación de escenarios de daños y pérdidas potenciales ante algunos fenómenos peligrosos; análisis de la vulnerabilidad física de algunos edificios esenciales.</li><li>4. Estudios detallados de riesgo, utilizando técnicas probabilísticas, teniendo en cuenta el impacto económico y social de la mayoría de las amenazas; análisis de la vulnerabilidad de la mayoría de edificios esenciales y de una parte de la infraestructura de las líneas vitales.</li><li>5. Evaluación generalizada de riesgo, considerando factores físicos, sociales, culturales y ambientales; análisis de la vulnerabilidad también de edificios privados y de la mayor parte de la infraestructura de las líneas vitales.</li></ol>
<b>IR5. Información pública y participación comunitaria</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Información esporádica sobre gestión de riesgos en condiciones de normalidad y más frecuentemente cuando se presentan desastres.</li><li>2. Divulgación en prensa y emisión de programas de radio y TV orientados hacia la preparación en caso de emergencia; producción de materiales ilustrativos sobre fenómenos peligrosos.</li><li>3. Frecuente realización de programas de opinión en los medios sobre gestión de riesgos; guías para la reducción de vulnerabilidad; trabajo con comunidades y con ONGs.</li><li>4. Divulgación generalizada y progresiva toma de conciencia; conformación de algunas redes sociales de protección civil y de ONGs que promueven explícitamente la gestión local del riesgo.</li><li>5. Amplia participación y apoyo del sector privado a las actividades de divulgación; consolidación de redes sociales y disponibilidad de plataformas tecnológicas apropiadas para la divulgación de información.</li></ol>
<b>IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Incipiente incorporación de temas sobre amenazas y desastres en la educación formal y en programas de capacitación comunitaria.</li><li>2. Algunas adecuaciones curriculares puntuales en la educación básica y media; producción de materiales de instrucción para docentes y líderes comunitarios en algunas localidades o distritos de la ciudad.</li><li>3. Progresiva incorporación de la gestión de riesgo en los programas curriculares; apreciable producción de materiales de instrucción de alta calidad y frecuente realización de cursos de capacitación de la comunidad.</li><li>4. Amplia cobertura de la educación formal, no formal y de la capacitación comunitaria en la ciudad; programas de educación superior y de cursos de especialización en varias universidades.</li><li>5. Alta capacidad técnica de la ciudad para generar conocimiento sobre riesgos; amplia cobertura de los programas de educación y producción de materiales; permanente capacitación de la comunidad.</li></ol>

**Tabla 2.4-1.2 Indicadores de reducción del riesgo**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>RR1. Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consideración de algunos elementos de identificación de riesgos y protección ambiental en la planificación física.</li> <li>2. Promulgación de legislación nacional y de algunas regulaciones locales que consideran algunas amenazas como determinantes del ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo socio-económico.</li> <li>3. Formulación progresiva de reglamentos de uso del suelo que tienen en cuenta amenazas y riesgos; prescripciones de diseño y construcción obligatorias con base en la microzonificación de amenazas.</li> <li>4. Amplia formulación y actualización del plan de ordenamiento territorial con enfoque preventivo; mayor utilización de las microzonificaciones con fines de seguridad; incorporación de la gestión del riesgo en los planes sectoriales.</li> <li>5. Aprobación y control del cumplimiento de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo que incluyen los riesgos como determinantes y se generalizan las disposiciones de seguridad urbana respectivas.</li> </ol>
<p><b><u>RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inventario de cuencas y zonas de mayor deterioro ambiental o consideradas de mayor sensibilidad.</li> <li>2. Expedición de disposiciones legales que establecen la obligatoriedad de reforestación, protección ambiental y ordenamiento de cuencas.</li> <li>3. Formulación del plan de ordenamiento e intervención de cuencas hidrográficas estratégicas y de zonas sensitivas, teniendo en cuenta aspectos relacionados con la vulnerabilidad y el riesgo.</li> <li>4. Planes de protección ambiental y estudios de impacto, que consideran el riesgo como determinante para la intervención.</li> <li>5. Intervención de las cuencas deterioradas y de zonas sensibles y ecosistemas estratégicos; planes de intervención y protección ambiental.</li> </ol>
<p><b><u>RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Algunas medidas estructurales de control y estabilidad en algunos lugares de mayor incidencia y peligro.</li> <li>2. Obras de canalización, saneamiento y tratamiento de aguas construidas con criterios de seguridad.</li> <li>3. Establecimiento de medidas y reglamentaciones para el diseño y construcción de obras de protección y control de amenazas en armonía con las disposiciones del plan de ordenamiento territorial.</li> <li>4. Formulación de planes de mitigación de riesgos; amplia intervención de zonas de riesgo mitigable mediante obras de protección y control.</li> <li>5. Implementación amplia de planes de mitigación y adecuado diseño y construcción de obras de estabilidad, amortiguamiento, disipación y control con fines de protección de la población e inversiones sociales.</li> </ol>
<p><b><u>RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación e inventario de asentamientos humanos marginales y localizados en áreas propensas.</li> <li>2. Expedición de legislación sobre tratamiento prioritario de áreas urbanas deterioradas y en riesgo para programas de mejoramiento y desarrollo de vivienda de interés social.</li> <li>3. Programas de mejoramiento del entorno, de vivienda existente y reubicación por riesgo.</li> <li>4. Progresiva intervención de la población en riesgo y adecuado tratamiento de las áreas desalojadas.</li> <li>5. Notable control de las áreas de riesgo de la ciudad y reubicación de la mayoría de las viviendas construidas en zonas de riesgo no mitigable.</li> </ol>
<p><b><u>RR5. Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso voluntario normas y códigos de construcción de otros países sin mayores adecuaciones y ajustes.</li> <li>2. Adaptación de algunos requisitos y especificaciones de acuerdo con algunos criterios y particularidades nacionales y de la ciudad.</li> <li>3. Expedición y actualización de normas urbanas de obligatorio cumplimiento con base en normativas internacionales o nacionales, modificadas y ajustadas de acuerdo con la evaluación de amenazas.</li> <li>4. Actualización tecnológica de la mayoría de normas de seguridad y de códigos de construcción de edificios nuevos y existentes, con requisitos especiales para edificios e infraestructura de líneas vitales esenciales.</li> <li>5. Actualización permanente de códigos y otras normas de seguridad; implantación de un reglamento de construcción para la ciudad con base en microzonificaciones urbanas; estricto control de su cumplimiento.</li> </ol>
<p><b><u>RR6. Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Refuerzo y adecuación esporádica de edificios e infraestructura de líneas vitales por remodelaciones o cambios de uso o por modificaciones.</li> <li>2. Expedición de normas de intervención de la vulnerabilidad física y funcional de edificios existentes; refuerzo de algunos edificios esenciales como hospitales o considerados de carácter indispensable.</li> <li>3. Algunos programas masivos de evaluación de vulnerabilidad física y funcional, rehabilitación y refuerzo de hospitales, escuelas y edificios de control de líneas vitales; obligatoriedad de refuerzos.</li> <li>4. Progresivo número de edificios públicos reforzados, infraestructura de líneas vitales intervenida; algunos edificios del sector privado reforzados por iniciativa propia o por estímulos fiscales ofrecidos por el gobierno.</li> <li>5. Masificación del refuerzo de los principales edificios públicos y privados; programas permanentes de incentivos para rehabilitación de vivienda de estratos socio-económicos de bajos ingresos.</li> </ol>

**Tabla 2.4-1.3 Indicadores de manejo de desastres**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diferentes organismos atienden emergencias, sin mayores recursos y varios de ellos con sólo personal voluntario.</li> <li>2. Legislación específica de la ciudad define una estructura interinstitucional, roles de las entidades operativas y establece la coordinación de comisiones de emergencia en todo el territorio.</li> <li>3. Coordinación apreciable, en algunas localidades o distritos de la ciudad, entre las entidades operativas en la preparación conjunta, comunicaciones, búsqueda y rescate, red de urgencias y gestión de alojamientos temporales.</li> <li>4. Protocolos adecuados de coordinación permanente para responder en caso de emergencia entre las entidades operativas, de servicios públicos, las autoridades locales y organismos de la sociedad civil en la mayoría de las localidades o distritos.</li> <li>5. Modelos organizacionales que involucran estructuras de mando, instancias de coordinación y gestión de recursos y una avanzada integración interinstitucional entre entidades públicas, privadas y comunitarias.</li> </ol>
<p><b><u>MD2. Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planes básicos de emergencia y contingencia con listas de chequeo e información del personal disponible.</li> <li>2. Disposiciones legales que establecen la obligatoriedad de planes de emergencia; articulación con entidades que producen información técnica.</li> <li>3. Protocolos y procedimientos operativos y de información a la comunidad bien definidos en la ciudad; varios sistemas de pronóstico y alerta operan en forma continua.</li> <li>4. Planes de emergencia y contingencia completos y asociados a sistemas de información y alerta pública en la mayoría de las localidades o distritos.</li> <li>5. Preparación para la respuesta operativa con base en escenarios probables en todas las localidades o distritos; uso de tecnología de la información para la activación de procedimientos automáticos de respuesta.</li> </ol>
<p><b><u>MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dotación básica e inventario de los recursos de sólo las entidades operativas y comisiones de emergencia.</li> <li>2. Centros de reservas y de equipos especializados de emergencia a nivel central y en algunas localidades o distritos; inventarios de recursos de otras entidades públicas y privadas.</li> <li>3. Centro de Operaciones de Emergencia (COE) bien dotado con equipos de comunicaciones y adecuados sistemas de registro; equipamiento especializado y centros de reservas en varias localidades o distritos.</li> <li>4. COEs locales bien dotados y sistematizados en la mayoría de las localidades o distritos; progresiva dotación complementaria de las entidades operativas; sistema unificado de notificación de emergencias.</li> <li>5. Redes de apoyo interinstitucional, de centros de reservas y entre COEs funcionando permanentemente; amplias facilidades de reporte, comunicaciones, transporte y abastecimiento en caso de emergencia.</li> </ol>
<p><b><u>MD4. Capacitación operativa, simulación y prueba de la respuesta interinstitucional</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Algunos programas de capacitación y simulación de respuesta institucional a nivel interno de cada entidad y en conjunto entre varias entidades operativas de la ciudad.</li> <li>2. Entrenamiento del personal y ejercicios esporádicos de simulación de situaciones emergencia y respuesta interinstitucional con todas las entidades operativas.</li> <li>3. Capacitación de equipos especializados; simulaciones de escritorio y simulacros con la participación adicional de las entidades de servicios públicos y de la administración local en varias localidades o distritos.</li> <li>4. Coordinación de simulaciones y simulacros con la participación de personas de la comunidad, el sector privado y los medios de comunicación a nivel de la ciudad y en algunas localidades o distritos.</li> <li>5. Entrenamiento permanente de grupos de respuesta; prueba de planes de emergencia y contingencia y actualización de procedimientos operativos con base en ejercicios de simulación y simulacros frecuentes en la mayoría de las localidades.</li> </ol>
<p><b><u>MD5. Preparación y capacitación de la comunidad</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reuniones informativas con comunidades para ilustrar qué se debe hacer en emergencia, usualmente cuando ocurren desastres.</li> <li>2. Cursos esporádicos de capacitación con organizaciones de la sociedad, con el fin de tratar temas relacionados con desastres.</li> <li>3. Programación regular actividades de capacitación comunitaria sobre comportamiento en caso de emergencia, en coordinación con entidades y ONGs relacionadas con el desarrollo comunitario.</li> <li>4. Realización de cursos frecuentes con comunidades en la mayoría de las localidades o distritos sobre preparativos, prevención y reducción de riesgos.</li> <li>5. Cursos permanentes de prevención y atención de desastres en todas las localidades o distritos dentro de la programación de capacitación en desarrollo comunitario en coordinación con otras entidades y ONGs.</li> </ol>
<p><b><u>MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño e implementación de planes de rehabilitación y reconstrucción sólo a posteriori de desastres importantes.</li> <li>2. Planeamiento de algunas medidas de recuperación provisional por parte de entidades de servicios públicos y encargadas de la evaluación de daños.</li> <li>3. Procedimientos de diagnóstico, restablecimiento y reparación de infraestructura y programas de proyectos productivos para la recuperación de comunidades.</li> <li>4. Realización ex ante de planes y programas para la recuperación del tejido social, fuentes de trabajo y de medios productivos de las comunidades.</li> <li>5. Desarrollo generalizado de planes detallados de reconstrucción de daños físicos y recuperación social con base en escenarios de riesgo; legislación específica y medidas anticipadas para futura activación. de riesgo; legislación específica y medidas anticipadas para futura activación.</li> </ol>

**Tabla 2.4-1.4 Indicadores de gobernabilidad y protección financiera**

<b>Indicador y Niveles de desempeño</b>
<p><b><u>PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Organización básica de entidades en comité y con un enfoque principalmente de respuesta a emergencias.</li> <li>2. Organización interinstitucional y multisectorial para gestión integral de riesgos.</li> <li>3. Sistema interinstitucional de gestión de riesgo activo; trabajo para diseño de políticas públicas sobre reducción de vulnerabilidad.</li> <li>4. Ejecución continua y descentralizada de proyectos de gestión de riesgos asociados con programas de protección ambiental, energía, saneamiento y reducción de la pobreza.</li> <li>5. Personal experto con amplia experiencia incorporando la gestión de riesgos en la planificación del desarrollo humano sostenible; sistemas de información de alta tecnología.</li> </ol>
<p><b><u>PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No existe un fondo de reservas de la ciudad. Se depende únicamente de recursos nacionales para desastres o calamidades.</li> <li>2. Se depende del apoyo económico del nivel nacional y se hace gestión de recursos internacionales para el desarrollo institucional. Fortalecimiento incipiente de la gestión de riesgos.</li> <li>3. Existen algunos fondos ocasionales para cofinanciar proyectos de gestión de riesgos en la ciudad en forma interinstitucional.</li> <li>4. Existe un fondo de reservas en la ciudad, reglamentado para la cofinanciación de proyectos, fortalecimiento institucional y recuperación en caso de desastres.</li> <li>5. Funciona un fondo de reservas en la ciudad. Se realiza ingeniería financiera para el diseño de instrumentos de retención y transferencia de riesgos.</li> </ol>
<p><b><u>PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solo se cuenta con una asignación limitada de partidas presupuestales para las instituciones competentes con fines de atención de emergencias.</li> <li>2. Existen disposiciones legales estableciendo la destinación de presupuesto a entidades de la ciudad, con fines de gestión de riesgos.</li> <li>3. Destinación por ley de transferencias específicas para la gestión de riesgos a nivel local y realización frecuente de convenios interadministrativos para la ejecución de proyectos de prevención.</li> <li>4. Progresiva asignación de partidas del gasto discrecional tanto de la ciudad como en las localidades para la reducción de la vulnerabilidad; creación de incentivos y tasas de protección y seguridad ambiental.</li> <li>5. Utilización de empréstitos gestionados por la ciudad con fines de reducción de riesgos ante organismos multilaterales de crédito.</li> </ol>
<p><b><u>PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subvenciones esporádicas a comunidades afectadas por desastres o en situaciones críticas de riesgo.</li> <li>2. Constitución de fondos de inversión social permanentes para el apoyo de comunidades vulnerables con focalización en los estratos socio-económicos más pobres.</li> <li>3. Redes sociales para autoprotección de los medios de sustento de comunidades en riesgo y realización de proyectos productivos de rehabilitación y recuperación posdesastre.</li> <li>4. Programas regulares de microcrédito y actividades de género orientadas a la reducción de la vulnerabilidad humana.</li> <li>5. Desarrollo de programas de protección social y reducción de la pobreza, actividades de mitigación y prevención en la ciudad.</li> </ol>
<p><b><u>PF5. Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muy pocos inmuebles públicos están asegurados y excepcionalmente.</li> <li>2. Disposiciones de aseguramiento de bienes públicos de obligatorio cumplimiento; deficiente aseguramiento de la infraestructura.</li> <li>3. Progresivo aseguramiento de bienes públicos e infraestructura.</li> <li>4. Diseño de programas de aseguramiento colectivo de edificios, infraestructura pública o en concesión.</li> <li>5. Análisis e implantación generalizada de estrategias de retención y transferencia de pérdidas sobre los activos públicos, considerando consorcios de reaseguro, titularización de riesgo, bonos de catástrofe, etc.</li> </ol>
<p><b><u>PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bajo porcentaje de bienes privados asegurados; industria de seguros incipiente, poco solvente y sin mayor regulación.</li> <li>2. Regulación de la industria de seguros, vigilancia de su solvencia y legislación para aseguramiento del sector hipotecario y de vivienda.</li> <li>3. Desarrollo de algunos estudios cuidadosos de aseguramiento, con base en estimaciones probabilísticas avanzadas de riesgo, utilizando microzonificaciones; auditoría e inspección idónea de propiedades.</li> <li>4. Diseño de programas de aseguramiento colectivo de vivienda y de pequeños negocios por parte de la ciudad y las compañías de seguros, con cobertura automática de los más pobres.</li> <li>5. Fuerte impulso de programas conjuntos entre la ciudad y las compañías de seguros para generar incentivos económicos, con el fin de promover la reducción del riesgo y el aseguramiento masivo.</li> </ol>



## Apéndice 2.4-2 Aspectos básicos de la lógica de los conjuntos difusos y su aplicación para la agregación de indicadores compuestos

La lógica de conjuntos difusos o borrosos, como su nombre lo indica, trabaja con conjuntos que no tienen límites perfectamente definidos, es decir, la transición entre la pertenencia y no-pertenencia de una variable a un conjunto es gradual. Se caracteriza por las funciones de pertenencia, que dan flexibilidad a la modelación utilizando expresiones lingüísticas o cualitativas, como *mucho*, *poco*, *leve*, *severo*, *escaso*, *incipiente*, *moderado*, *confiable*, etc. Surgió de la necesidad de solucionar problemas complejos donde existe imprecisión, ambigüedad o incertidumbre (Zadeh 1965). Un conjunto difuso expresa el grado de pertenencia al conjunto que tiene cada uno de los elementos. El conjunto difuso  $A$  en  $X$  puede definirse como el conjunto de los pares ordenados:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (2.4-2.1)$$

donde  $\mu_A(x)$  es la función de pertenencia para el conjunto difuso  $A$ . Esta función da para cada elemento de  $X$  un grado o valor de pertenencia en un intervalo entre 0 y 1, siendo 1 el valor para máxima pertenencia. Si el valor de esta función se restringiera solamente a 0 y 1, se tendría un conjunto clásico, o no-difuso. Las funciones de pertenencia de una dimensión más utilizadas son las de tipo triangular, trapezoidal, singleton, S, exponencial y tipo  $\Pi$  (forma de campana). Algunas expresiones paramétricas de estas funciones (Jang *et al.* 1997) son las siguientes:

$$triangular(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2.4-2.2)$$

los parámetros  $\{a, b, c\}$  (con  $a < b < c$ ) determinan las coordenadas de  $x$  de las tres esquinas de la función de pertenencia triangular subyacente.

$$trapezoidal(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (2.4-2.3)$$

los parámetros  $\{a, b, c, d\}$  (con  $a < b \leq c < d$ ) determinan las coordenadas de  $x$  de las cuatro esquinas de la función de pertenencia trapezoidal subyacente. Esta función se reduce a la triangular cuando  $b$  es igual a  $c$ .

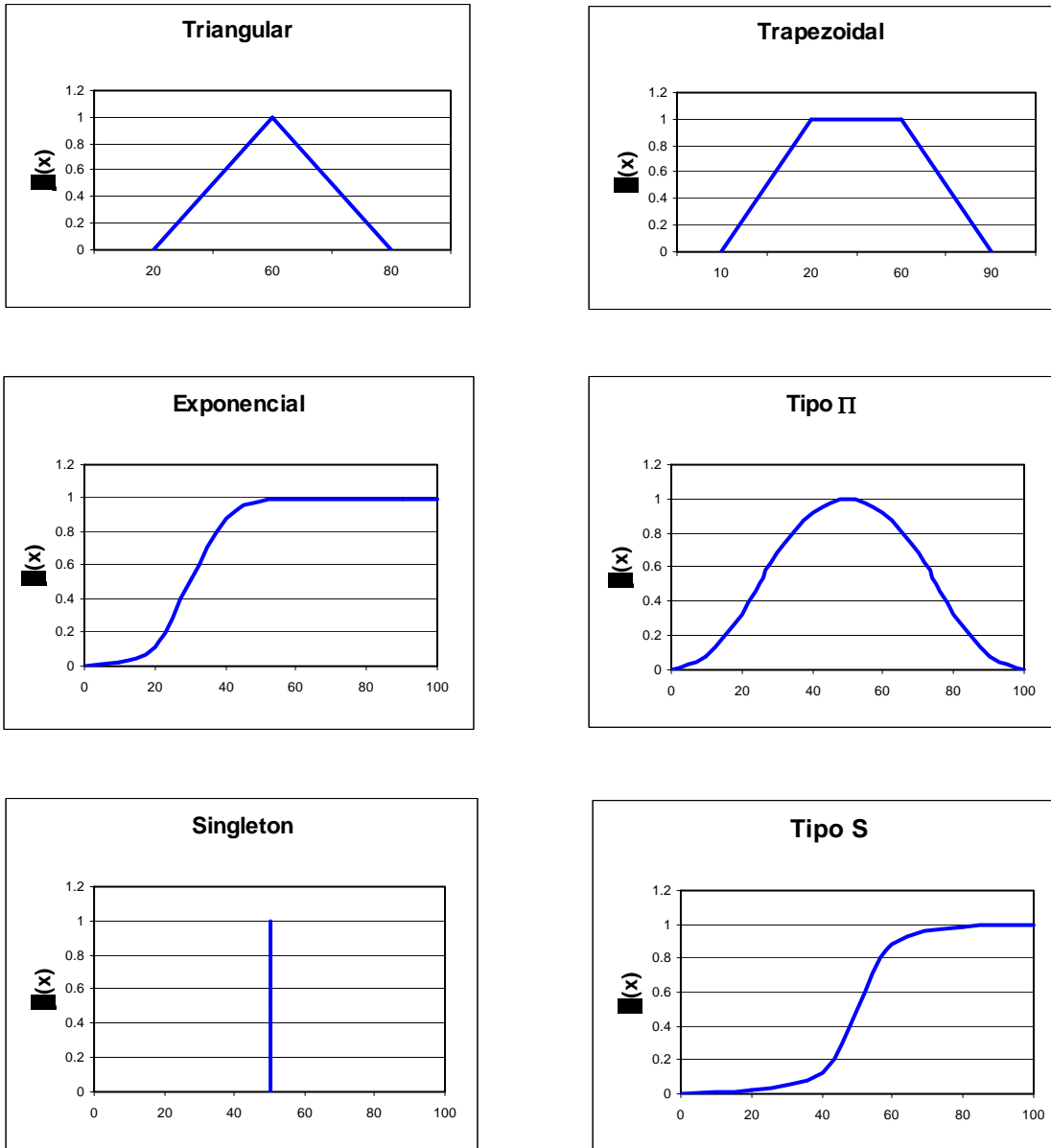
$$campana(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \quad (2.4-2.4)$$

donde el parámetro  $b$  es usualmente positivo.

$$sigmoidal(x; a, c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x-c)]} \quad (2.4-2.5)$$

donde  $a$  controla la pendiente en el punto de cruce, 0.5 de pertenencia,  $x = c$ . En la figura 2.4-2.1 tomada de Carreño (2001) se presentan diferentes tipos de funciones de pertenencia.

**Figura 2.4-2.1 Tipos de funciones de pertenencia**



En los conjuntos difusos son también aplicables las operaciones básicas de los conjuntos clásicos (unión, intersección y complemento). El resultado de un proceso de agregación de variables lingüísticas o reglas difusas es una función de pertenencia que surge como resultado de llevar a cabo la asociación de los conjuntos difusos componentes mediante dichas operaciones. La tabla 2.4-2.1 describe algunas de estas operaciones.

**Tabla 2.4-2.1 Operaciones entre conjuntos difusos**

Operación	Definición
<b>Contenido o Subconjunto</b>	A es subconjunto de B si y solo si $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ , para todo $x$ . $A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$
<b>Unión</b>	La unión de los conjuntos difusos $A$ y $B$ es el conjunto difuso $C$ , y se escribe como $C = A \cup B$ ó $C = A \text{ OR } B$ , su función de pertenencia está dada por $\mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$
<b>Intersección</b>	La intersección de los conjuntos difusos $A$ y $B$ es el conjunto difuso $C$ , y se escribe como $C = A \cap B$ ó $C = A \text{ AND } B$ , su función de pertenencia está dada por $\mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$
<b>Complemento (negación)</b>	El complemento del conjunto difuso $A$ , denotado por $\bar{A}$ ( $\neg A$ , $\text{NOT } A$ ), se define como $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$

Los conjuntos difusos originados de la utilización de calificaciones lingüísticas (como *bajo*, *incipiente*, *apreciable*, *notable* y *óptimo*) constituyen cada uno una función de pertenencia a la cual se le puede asignar un peso o factor de importancia –obtenidos, por ejemplo, de la opinión de expertos–. Un vez han sido ponderadas y agregadas estas funciones forman un conjunto difuso del cual se espera obtener una respuesta o resultado. En muchos casos es importante que esta respuesta no sea difusa y se necesita pasar a una que no lo es. Para lograr esta transformación es necesario llevar a cabo la “desfusificación” de la función de pertenencia que se ha obtenido y extraer de ella su valor “concentrado”; lo que equivale a extraer un “índice”. Existen varios métodos para desfusificar, cuya utilización depende del tipo de aplicación que se desea hacer (Kosko 1992).

La técnica más comúnmente utilizada consiste en estimar el área y el centroide de cada conjunto difuso y obtener el valor concentrado de dividir la sumatoria del producto entre ellos por la sumatoria total de las áreas, como se expresa en la ecuación 2.4-2.6.

$$\text{Valor concentrado} = \bar{X} = \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i} \quad \text{ó} \quad COA = \frac{\int \mu_A(x) x dx}{\int \mu_A(x) dx} \quad (2.4-2.6)$$

También se utiliza el método del máximo. En este caso se supone que la función de pertenencia tiene sólo un punto máximo simple y se desfusifica tomando el valor concentrado en este punto como lo expresa la ecuación 2.4-2.7.

$$y_0(B) = \arg \max \{ \mu_B(y) | y \in Y \} \quad (2.4-2.7)$$

Ahora bien, si la función de pertenencia agregada o de salida tiene varios puntos máximos, se crea un grupo ( $B_{max}$ ) con estos puntos (soluciones óptimas), como lo indica la ecuación 2.4-2.8.

$$B_{max} = \left\{ y \in Y \mid \mu(y) = \max_{z \in Y} \mu_B(z) \right\} \quad (2.4-2.8)$$

y de este grupo de máximos se obtiene un único punto, que se puede escoger en forma aleatoria (se supone que todas las soluciones son igualmente buenas) pero es preferible obtener un punto en la mitad del conjunto de soluciones. La solución puede también hallarse también estimando el valor medio del conjunto, si este es un conjunto finito, como lo señala la ecuación 2.4-2.9.

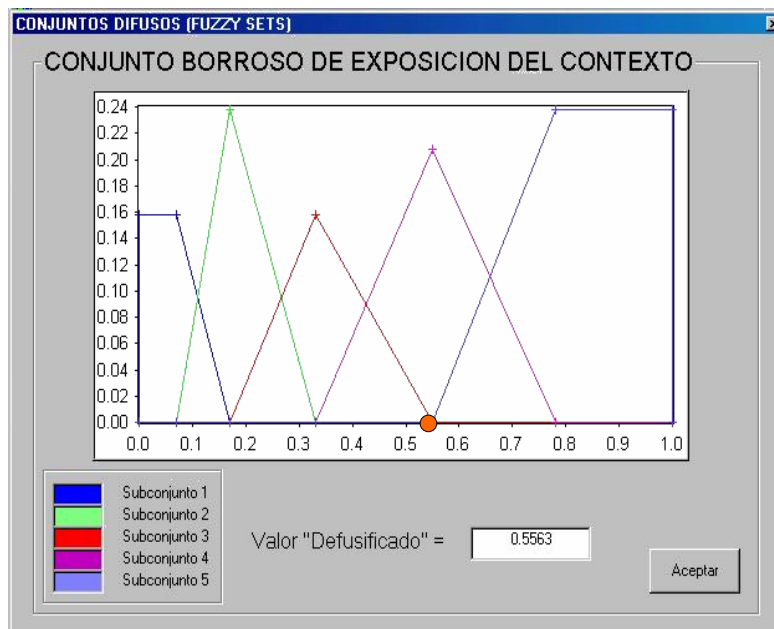
$$y_0(B) = \frac{1}{N} \sum_{y \in B_{\max}} y \quad (2.4-2.9)$$

donde  $N$  es el número de elementos en el conjunto. Utilizando el método del centro de gravedad se tiene en cuenta información relacionada con la función de pertenencia  $\mu_B$ . Se toma la media de todos los pesos como se establece la ecuación 2.4-2.10.

$$y_0(B) = \frac{1}{\sum \mu_B(y)} \sum_{y \in B_{\max}} y \mu_B(y) \quad (2.4-2.10)$$

Un ejemplo gráfico de agregación ponderada de conjunto difusos y de defusificación en un índice se ilustra en la figura 2.4-2.2 (Cardona 2001).

**Figura 2.4-2.2 Ejemplo de defusificación de la asociación de un grupo de funciones de pertenencia o conjuntos difusos ponderados.**



### Apéndice 2.4-3 Descripción del Proceso Analítico Jerárquico, PAJ

El Proceso Analítico Jerárquico (Analytical Hierarchy Process - AHP) facilita el análisis multicriterio basado en importancias relativas. Es una técnica útil para asignar los factores de participación o importancia de los componentes de un indicador de una manera más rigurosa que la directa apreciación utilizando el “juicio” o “sentimiento” de los expertos (Hyman 1998).

El PAJ es una técnica bastante usada para la toma de decisiones con atributos múltiples (Saaty 1987). Permite la descomposición de un problema en una jerarquía y asegura que tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos de un problema sean incorporados en el proceso de evaluación, durante la cual la opinión es extraída sistemáticamente por medio de comparaciones entre pares. El PAJ es una metodología de decisión compensatoria porque las alternativas que son eficientes con respecto a uno o más objetivos pueden compensarse mediante su desempeño con respecto a otros objetivos. El PAJ permite la aplicación de datos, experiencia, conocimiento, e intuición de una forma lógica y profunda dentro de una jerarquía como un todo.

El núcleo del PAJ es una comparación de atributos entre pares ordinales; subindicadores en este contexto, en los cuales enunciados de preferencia son identificados. Para un objetivo dado, las comparaciones son realizadas por pares de subindicadores, primero planteando la pregunta “¿Cuál de los dos es el más importante?” y segundo “¿Por cuánto?”. La fortaleza de la preferencia es expresada en una escala semántica de 1 a 9, lo que permite la medida dentro del mismo orden de magnitud. La preferencia de 1 indica igualdad entre dos subindicadores mientras que una preferencia de 9 indica que un subindicador es 9 veces más grande o más importante que aquel con el que es comparado. La tabla 2.4-3.1, propuesta por Saaty y Vargas (1991), ilustra los puntaje utilizados para la asignación de importancias o preferencias relativas por parejas de indicadores, teniendo como referencia qué tanto, en forma comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

**Tabla 2.4-3.1 Escala de asignación de importancia comparativa entre parejas**

Juicio de importancia	Puntaje
Extremadamente más importante	9
	8
Muy fuertemente más importante	7
	6
Fuertemente más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igualmente importante	1

De esta forma las comparaciones están siendo realizadas entre pares de subindicadores donde la percepción es lo suficientemente significativa para hacer una distinción. Estas comparaciones resultan en una matriz A de comparaciones (ver tabla 2.4-2.2) donde  $A_{ii} = 1$  y  $A_{ij} = 1 / A_{ji}$ .

**Tabla 2.4-3.2 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (escala semántica)**

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	1	3	1
Indicador B	1 / 3	1	1 / 5
Indicador C	1	5	1

Para el ejemplo ilustrado en la tabla 2.4-3.3, el indicador A es tres veces más importante que el indicador B, y consecuentemente el indicador B tiene un tercio de la importancia del indicador A. Cada juicio refleja, en la realidad, la percepción de la relación de las contribuciones relativas (pesos) de los dos indicadores al objetivo total que se valora como se muestra en la tabla 2.4-3.3.

**Tabla 2.4-3.3 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (pesos)**

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	wA/wA	wA/wB	wA/wC
Indicador B	wB/wA	wB/wB	wB/wC
Indicador C	wC/wA	wC/wB	wC/wC

Los pesos relativos de los subindicadores son calculados usando una técnica de vectores propios. Una de las ventajas de este método es que es capaz de verificar la consistencia de la matriz de comparación a través del cálculo de los valores propios (*eigenvalues*).

El PAJ tolera la inconsistencia a través de la cantidad de redundancia. Para una matriz de tamaño  $n \times n$  sólo comparaciones  $n-1$  son requeridas para establecer pesos para los indicadores  $n$ . El número real de comparaciones realizadas en el PAJ es  $n(n-1)/2$ . Esta redundancia es una característica útil como lo es, en forma análoga, la estimación de un número como resultados de obtener el promedio de repetidas observaciones. Esto conduce resulta en un conjunto de pesos que son menos sensitivos a errores de juicio. Además, esta redundancia permite la medición de los errores de juicio al dar medios para calcular una relación de consistencia.

De acuerdo con la técnica PAJ la relación de consistencia  $CR$  (ecuación 2.4-3.1) es el cociente entre el índice de consistencia  $CI$  de una matriz de comparaciones dada y el valor del mismo índice para una matriz de comparaciones generada aleatoriamente, como se expresa en las ecuaciones 2.4-3.1 y 2.4-3.2

$$CR = \frac{CI}{CI_{random}} \leq 0.1 \quad (2.4-3.1) \quad \text{donde} \quad CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.4-3.2)$$

el término  $\lambda_{max}$  en la ecuación 2.4-3.2 es el mayor valor propio positivo de la matriz de comparaciones *pairwise*.

Hyman indica que la consistencia es suficiente si  $CR$  es menor o igual a 0.10. En caso contrario se debe revisar los elementos de la matriz de comparaciones con el ánimo de mejorar su consistencia. Una vez obtenida una consistencia aceptable se procede a calcular el vector propio principal y normalizarlo, así se determinan los valores ajustados de los pesos o factores de participación.

## 2.5 Indicadores a nivel subnacional y urbano

Aún cuando no fue definido como el objetivo original hacer evaluaciones de riesgo con indicadores a nivel subnacional, como ejemplo demostrativo también desarrolló un sistema de indicadores para la categorización del riesgo al interior de un país.

Usualmente los países se subdividen en departamentos, estados o provincias que corresponden a regiones subnacionales con una autonomía diferencial dependiendo del grado de descentralización política, administrativa y fiscal de cada país. La formulación del sistema de indicadores para valorar de manera colectiva e individual áreas subnacionales se puede realizar bajo los mismos conceptos y enfoques propuestos para categorizaciones nacionales.

Los indicadores a nivel subnacional son similares a los nacionales pero podrían incluirse algunas modificaciones que se consideren apropiadas dependiendo de la escala espacial de las unidades subnacionales y urbanas. En el caso nacional se partió de la estimación del *EMC* para el país, con el fin de tener en cuenta la situación más crítica factible que debe afrontar el nivel nacional. Sin embargo, en la mayoría de los casos, dicha situación no es otra distinta que la más crítica de todas las más graves que se pueden presentar en cada unidad subnacional. Es importante tener en cuenta que dichas situaciones no necesariamente serían generadas por el mismo tipo de amenaza, lo que hace más dispendioso el análisis. Por otra parte, en general, estas situaciones no ocurrirían simultáneamente lo que depende de la dimensión espacial de las unidades subnacionales.

Este tipo de clasificación permite que los tomadores de decisiones del nivel nacional puedan valorar el riesgo en las diferentes áreas o regiones del país; lo que les permite compararlas. Seguramente, se podrían encontrar otras situaciones críticas que si bien no corresponden al *EMC* del país sí podrían ser similares e implicar una demanda de recursos que, posiblemente, tendría que asumir el nivel nacional en su mayor parte. Por otro lado, este tipo de evaluación también es de utilidad para los tomadores de decisiones de cada unidad subnacional, dado que de acuerdo con la caracterización de su riesgo pueden realizar la identificación de acciones de gestión del riesgo de su competencia o que deben coordinar con el nivel nacional. Este análisis de múltiples unidades subnacionales exige un esfuerzo mayor y mayores niveles de información y resolución, sin embargo es deseable para facilitar tanto al nivel nacional y como subnacional una herramienta de utilidad para la definición de políticas públicas y de planificación que reduzcan el riesgo en cada región del país.

Lo que puede diferenciar la evaluación del *IDD* en el nivel subnacional es que en este caso puede existir un aporte de recursos propios que contribuya en algún grado a cubrir los fondos necesarios que demanda el evento. En la medida en que existe mayor descentralización fiscal y que el *EMC* de la unidad subnacional es menor que el *EMC* estimado para el nivel nacional (comparación con el más grave), muy posiblemente, la responsabilidad que tendrá el nivel subnacional en la recuperación será mayor. Esta evaluación por lo tanto es de especial importancia para los tomadores de decisiones de la unidad subnacional para prever las implicaciones económicas y sociales que tendrían que afrontar y las medidas de recuperación que habría que coordinar y acordar con la nación.

El *IDL* es igualmente de especial utilidad en el nivel subnacional porque permite identificar qué tan propensa es la región a la ocurrencia de desastres menores y al impacto acumulativo que causa este tipo de eventos al desarrollo de sus municipios. Este índice permite tener una noción de la variabi-

lidad y dispersión espacial del riesgo al interior de la unidad subnacional como resultado de eventos menores y recurrentes. Desde el punto de vista de gestión del riesgo este tipo de información podría contribuir a orientar esfuerzos de asesoría y recursos de apoyo hacia los municipios de acuerdo con la historia de eventos pasados y su impacto. Muchos municipios no logran recuperarse de un evento anterior cuando ya están siendo afectados por un nuevo evento que no es relevante a nivel nacional o incluso a nivel subnacional, pero que significa una erosión constante de los avances y oportunidades del desarrollo local. Este tipo de situación es necesario identificarla debido a que como resultado de desastres menores recurrentes se presentan retrasos notables en el desarrollo de las comunidades locales. Desastres menores y frecuentes usualmente afectan los medios de sustento de las personas más pobres, perpetuando su nivel pobreza y de inseguridad humana.

En el caso del *IVP* a nivel subnacional es necesario proponer otra serie de indicadores similares a los de nivel nacional que reflejen aspectos similares. Usualmente cada país tiene una serie de indicadores demográficos, sociales y económicos que permiten hacer la representación de los factores de vulnerabilidad que se utilizaron en el nivel nacional. Finalmente, el *IGR* también se puede aplicar a otras unidades territoriales manteniendo como criterios o referentes del grado de desempeño los mismos que se han utilizado para el orden nacional, pero ajustados consistentemente a la escala respectiva.

Ahora bien, también es posible realizar evaluaciones de riesgo con indicadores al interior de zonas urbanas metropolitanas, las cuales usualmente están constituidas por unidades administrativas como distritos, municipios, comunas o localidades, que pueden tener niveles de riesgo diferentes.

Teniendo en cuenta el nivel espacial al cual se trabaja cuando se hacen evaluaciones de riesgo en la escala urbana es necesario estimar o contar con el escenario de daños y pérdidas que habría en los elementos expuestos que caracterizan la ciudad (edificaciones, infraestructura, instalaciones, etc.) El *EMC* para la ciudad permite valorar con mayor detalle los daños o efectos directos potenciales y priorizar posteriormente las intervenciones, obras y refuerzos que en cada distrito o zona urbana se deben promover para reducir el daño potencial en dicha área y la ciudad.

Los indicadores a este nivel de evaluación son similares a los utilizados en las otras escalas pero en este caso se ha acordado estimar un índice de riesgo físico (duro) y un factor de impacto, basado en variables (blandas) asociadas a la fragilidad social y la falta de resiliencia del contexto, para así obtener un índice de riesgo total para cada unidad de análisis. Estos indicadores requieren mayor resolución que los expresados a nivel nacional o regional y su enfoque es básicamente de interés urbano (Cardona y Barbat 2001; Barbat 2003a/b). En otras palabras, se desarrolló un método que combina lo que representan el *IDD* y el *IVP* utilizados a nivel nacional y subnacional.

Es importante indicar que la situación más crítica en cada zona urbana podría no ser causada por el mismo fenómeno extremo que cause graves daños en otras áreas de la ciudad. Este aspecto hace complejo el análisis porque en rigor habría que hacer estimaciones para varias amenazas, dado que la amenaza y el riesgo pueden variar espacialmente de manera notable (como lo demuestra por ejemplo un estudio de microzonificación sísmica o de inundaciones). Sin embargo, con base en información histórica se puede identificar la amenaza que puede, en forma general, causar la situación más crítica en toda la ciudad y hacer comparaciones de riesgo con base en ese referente.



La evaluación holística del riesgo a nivel urbano (Cardona 2001) se realiza a partir de descriptores o variables de entrada que describen tanto el riesgo físico como el riesgo del contexto (Appendix 2.5-2). Los descriptores de riesgo físico se obtienen a partir de escenarios de riesgo físico y los del riesgo del contexto a partir de información sobre la fragilidad socio-económica y la falta de resiliencia del contexto. La fragilidad socio-económica y la falta de resiliencia son factores que “agravan” el riesgo físico o impacto directo de un evento, lo que puede expresarse con la ecuación 2.5.1:

$$R_T = R_F(1 + F) \quad (2.5.1)$$

Esta expresión se conoce como la ecuación de Moncho<sup>31</sup>, donde  $R_T$  es el riesgo total,  $R_F$  es el riesgo físico y  $F$  es un factor de impacto –o coeficiente de agravamiento– que depende de la fragilidad socio-económica,  $FS$ , y de la falta de resiliencia del contexto,  $FR$

$$F = \sum_i w_{FSi} \times F_{FSi} + \sum_j w_{FRj} \times F_{FRj} \quad (2.5.2)$$

El factor de impacto,  $F$ , se obtiene de la suma ponderada de los factores de agravamiento por fragilidad social,  $F_{FSi}$ , y por falta de resiliencia,  $F_{FRj}$ , utilizando pesos  $w_{FSi}$  y  $w_{FRj}$  que toman en consideración su importancia relativa. Dichos factores de agravamiento son calculados mediante una serie de funciones de transformación (Ver Apéndice 2.5-1), que relacionan los valores brutos de las variables o descriptores que representan la fragilidad social y la resiliencia con los valores correspondientes del agravamiento. El peso,  $w_{FS}$  o  $w_{FR}$  de cada factor  $F_{FSi}$  o  $F_{FRj}$  se calcula utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ).<sup>32</sup> La suma de los pesos  $w_{FS}$  y  $w_{FR}$  es 1.

El riesgo físico  $R_F$  se evalúa en forma similar, utilizando las funciones de transformación antes indicadas en las que, una vez conocido el valor bruto de cada descriptor que representa el riesgo físico (número de fallecidos, área destruida, etc.) se obtienen los factores de riesgo físico  $F_{RFi}$ . Consecuentemente, dichos factores y, por lo tanto, el riesgo físico  $R_F$ , también toman valores entre 0 y 1.

Se estima que el impacto indirecto de un evento, representado por  $F$  en la ecuación 2.5.1, puede llegar a ser igual al impacto directo. Según consultas a expertos, se estima que los efectos económicos indirectos de un desastre natural dependen del tipo de fenómeno. Si se trata de desastre “húmedo” (por ejemplo, causado por una inundación) los efectos económicos indirectos podrían llegar a ser del orden de 0.5 a 0.75 veces los efectos directos. En el caso de un desastre “seco” (por ejemplo, un sismo), los efectos indirectos podrían llegar a ser del orden de 0.75 a 1.0 veces los efectos directos. La diferencia radica en el tipo de daños que ocasionan (destrucción de cultivos, de medios de sustento, infraestructura, vivienda, etc.). Esto significa que el impacto total podría ser del orden de 1.5 y 2.00 veces el impacto directo. En este caso se utiliza como máximo para el impacto indirecto el valor del impacto directo, lo que se ve reflejado en la ecuación 2.5.1, donde el coeficiente de agravamiento  $F$  toma un valor final entre 0 y 1.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Esta denominación se la dio un grupo de expertos en uno de los talleres de trabajo del proyecto BID-IDEA, realizado en Barcelona en noviembre de 2003.

<sup>32</sup> Este método ya ha sido explicado previamente en la descripción del *IVP* y del *IGR*.

<sup>33</sup> Es importante indicar que la relación entre impacto directo e indirecto que se menciona se refiere a estimaciones gruesas de efectos económicos directos e indirectos. No existe un estudio que relacione empíricamente los coeficientes de agravamiento aquí propuestos con los efectos económicos indirectos; sin embargo, dichos indicadores son un

Para determinar las funciones que dan origen a los valores de los factores de riesgo físico y de agravamiento se utilizaron en su mayoría funciones sigmoideas. En estas figuras se indican, en la parte inferior de cada curva, los valores máximos y mínimos a partir de los cuales el factor toma el valor máximo o mínimo (1 ó 0). Los valores límites se determinaron teniendo en cuenta información de desastres causados por fenómenos naturales anteriores y apreciaciones de expertos. Para los descriptores de falta de resiliencia relacionados con el nivel de desarrollo y operatividad en emergencia, se supuso que existe una relación lineal. El factor de impacto se obtiene teniendo en cuenta las variables de fragilidad social y falta de resiliencia que se indican en la tabla 2.5.1. En las tablas 2.5.2 y 2.5.3 se indican las unidades de cada descriptor de fragilidad social y resiliencia, por una parte, y de riesgo físico, por otra, para la aplicación de las curvas y la obtención de los factores en cada caso.

**Tabla 2.5.1 Descriptores utilizadas para estimar el coeficiente  $F$**

Aspecto	Descriptor
<b>Fragilidad social</b>	Área de barrios marginales
	Tasa de mortalidad
	Tasa de delincuencia
	Índice de disparidad social
	Densidad de la población
<b>Falta de resiliencia</b>	Camas hospitalarias
	Recurso humano en salud
	Espacio público
	Personal de socorro
	Nivel de desarrollo de la localidad
	Operatividad en emergencias

**Tabla 2.5.2 Descriptores de agravamiento, sus unidades e identificadores**

	Descriptor	Unidades
$X_{FS1}$	Área de barrios marginales	Área barrios marginales / Área localidad
$X_{FS2}$	Tasa de mortalidad	Número de muertos cada 10,000 habitantes
$X_{FS3}$	Tasa de delincuencia	Número de delitos cada 100,000 habitantes
$X_{FS4}$	Índice de disparidad social	Índice entre 0 y 1
$X_{FS5}$	Densidad de población	Habitantes / Km <sup>2</sup> de área construida
$X_{FR1}$	Camas hospitalarias	Número de camas cada 1,000 hab
$X_{FR2}$	Recurso humano en salud	Recurso humano en salud cada 1,000 hab
$X_{FR3}$	Espacio público	Área de espacio público/ Área total
$X_{FR4}$	Personal de socorro	Personal de socorro cada 10,000 hab
$X_{FR5}$	Nivel de desarrollo de la localidad	Calificación de 1 a 4
$X_{FR6}$	Operatividad en emergencias	Calificación de 0 a 2

---

*proxy* de los aspectos que agravan la situación en caso de presentarse el daño físico, contribuyendo al impacto socioeconómico indirecto que en este caso se valora con fines de evaluaciones relativas.

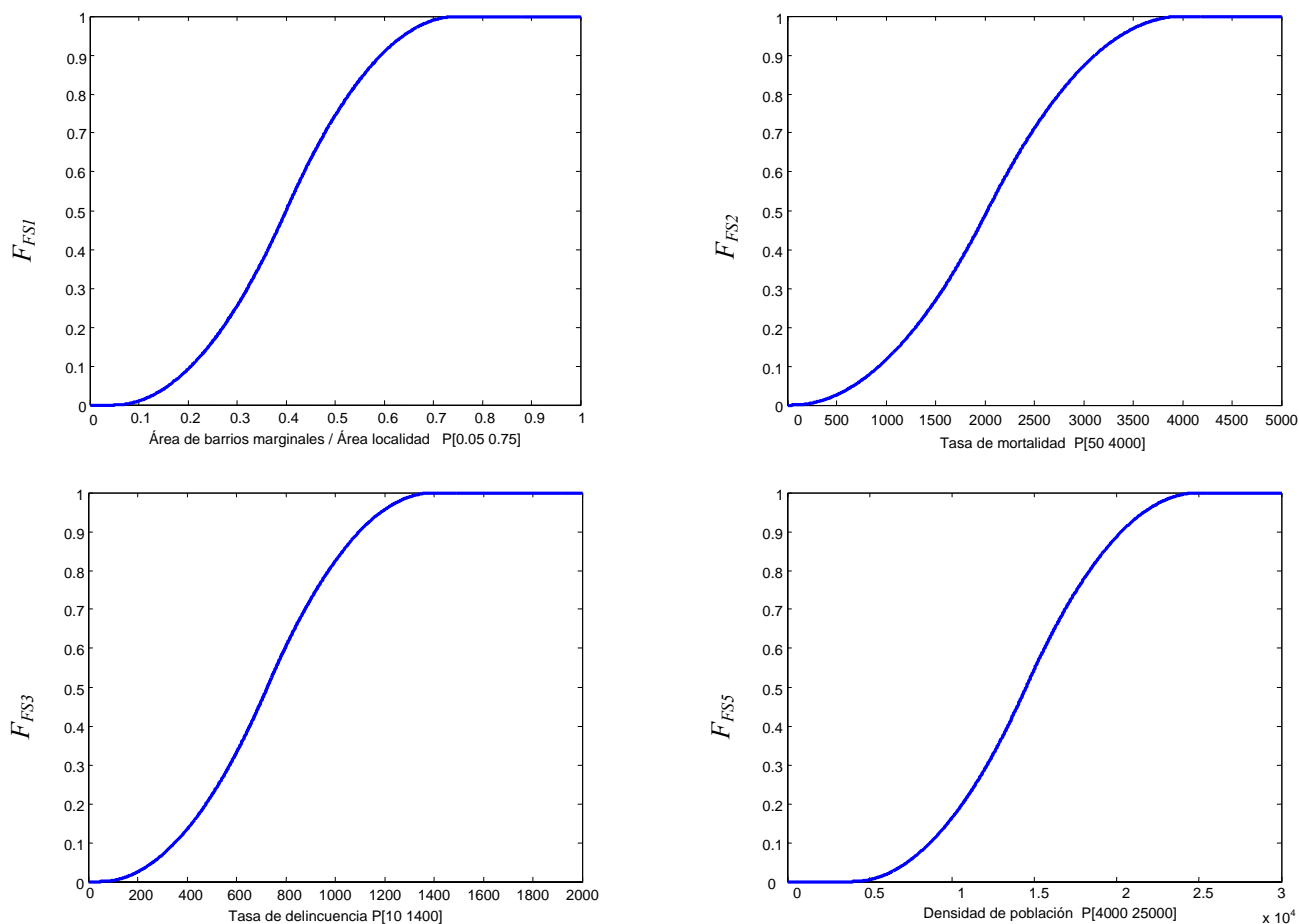
**Tabla 2.5.3 Descriptores de riesgo físico, sus unidades e identificadores**

Descriptor		Unidades
$X_{RF1}$	Área destruida	% (área destruida / área construida)
$X_{RF2}$	Muertos	Número de heridos cada 1,000 habitantes
$X_{RF3}$	Heridos	Número de muertos cada 1,000 habitantes
$X_{RF4}$	Roturas red de acueducto	Número de roturas / Km <sup>2</sup>
$X_{RF5}$	Roturas red de gas	Número de roturas / Km <sup>2</sup>
$X_{RF6}$	Longitud de redes eléctricas caídas	m de longitud caída / Km <sup>2</sup>
$X_{RF7}$	Vulnerabilidad de centrales telefónicas	Índice de vulnerabilidad
$X_{RF8}$	Vulnerabilidad subestaciones eléctricas	Índice de vulnerabilidad
$X_{RF9}$	Daño en la red vial	Índice de daño

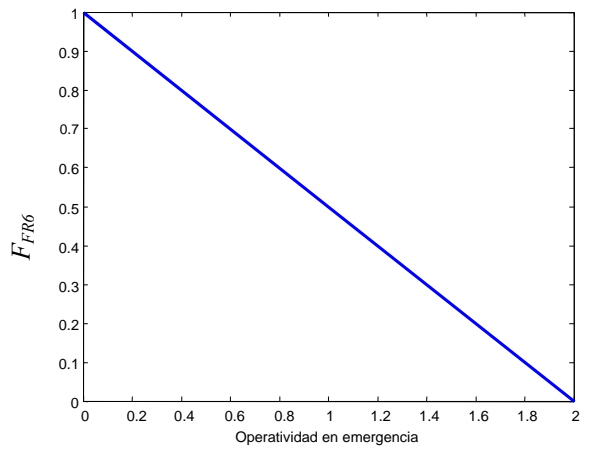
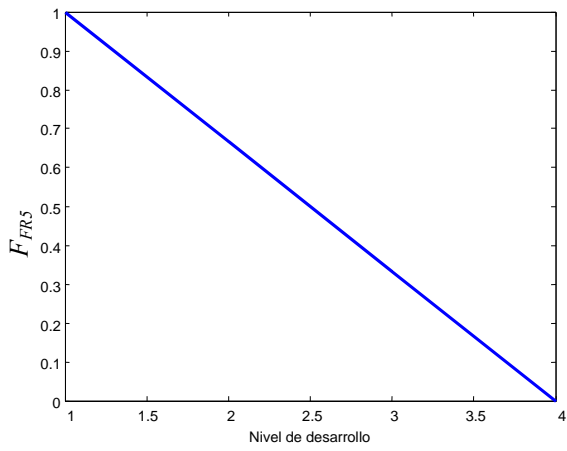
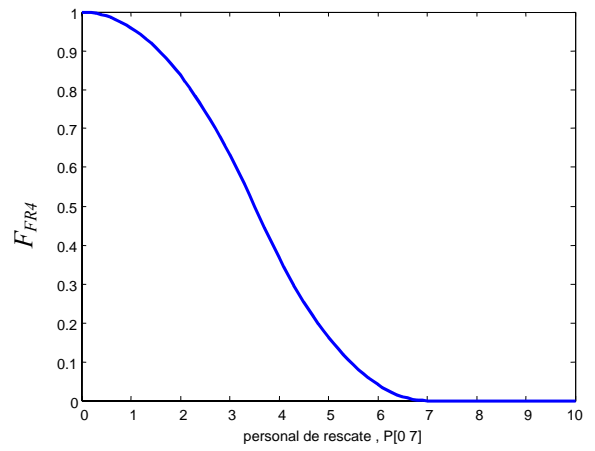
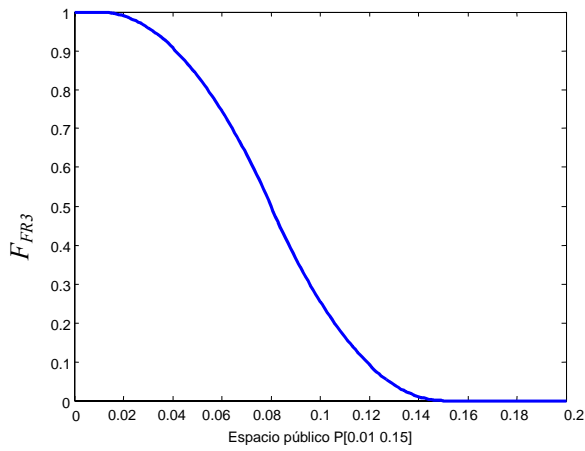
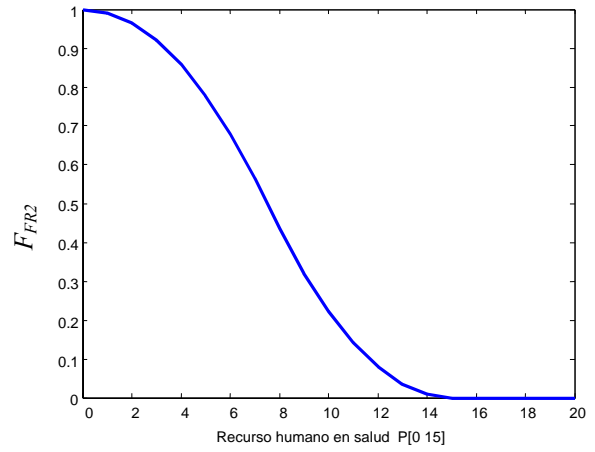
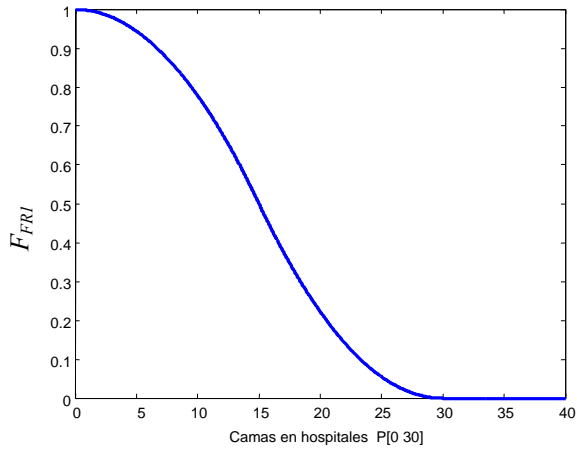
### Apéndice 2.5-1 Funciones de transformación

En el eje *x* de las curvas de las figuras 2.5-1.1 a 2.5-1.3 están los valores de los descriptores y en el eje *y* el respectivo factor de riesgo o agravamiento.

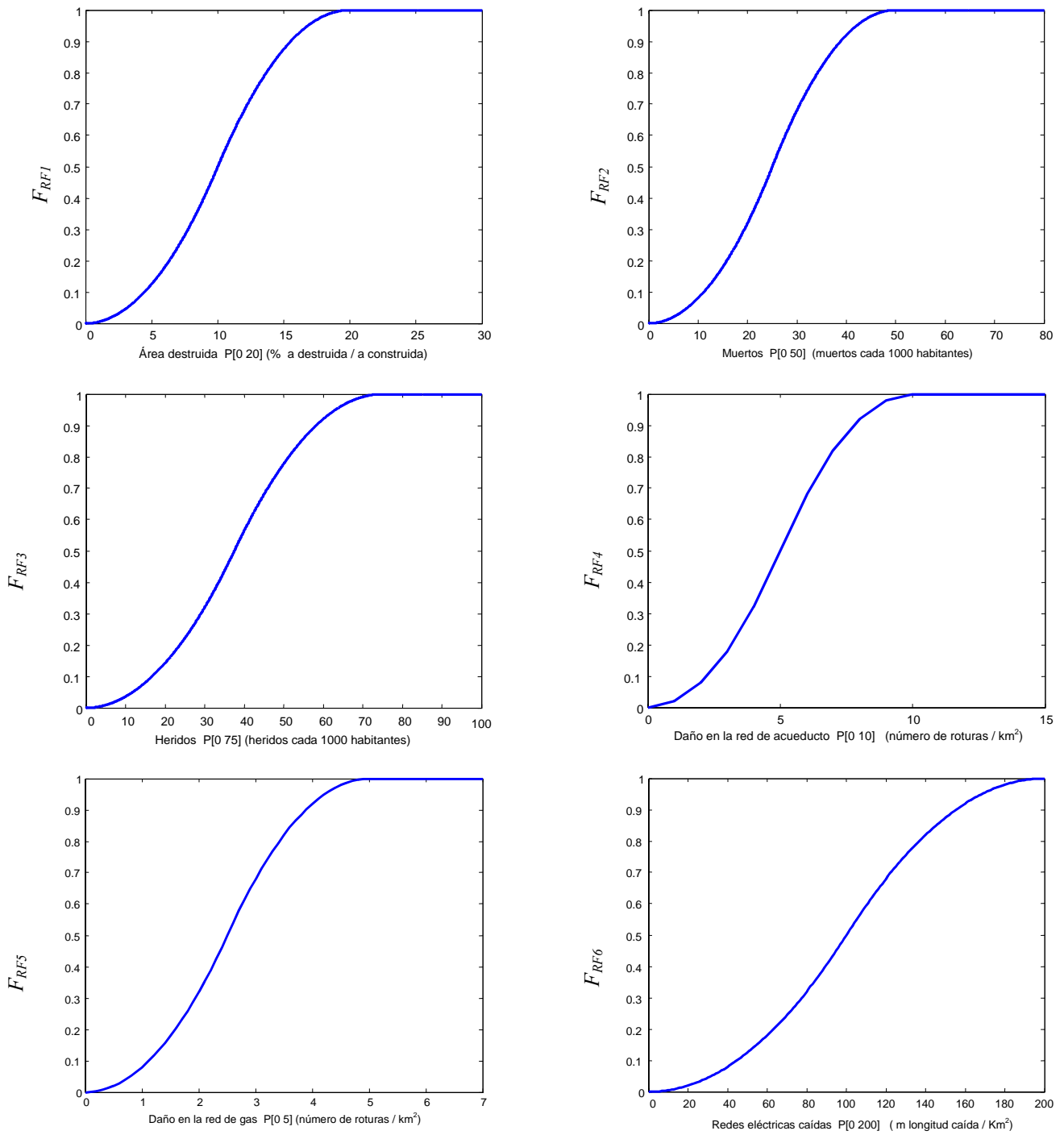
**Figura 2.5-1.1 Funciones de transformación utilizadas para obtener los factores de agravamiento por fragilidad social**



**Figura 2.5-1.2 Funciones de transformación utilizadas para obtener los factores de agravamiento por falta de resiliencia**



**Figura 2.5-1.3 Funciones de transformación utilizadas para obtener los factores de riesgo físico**



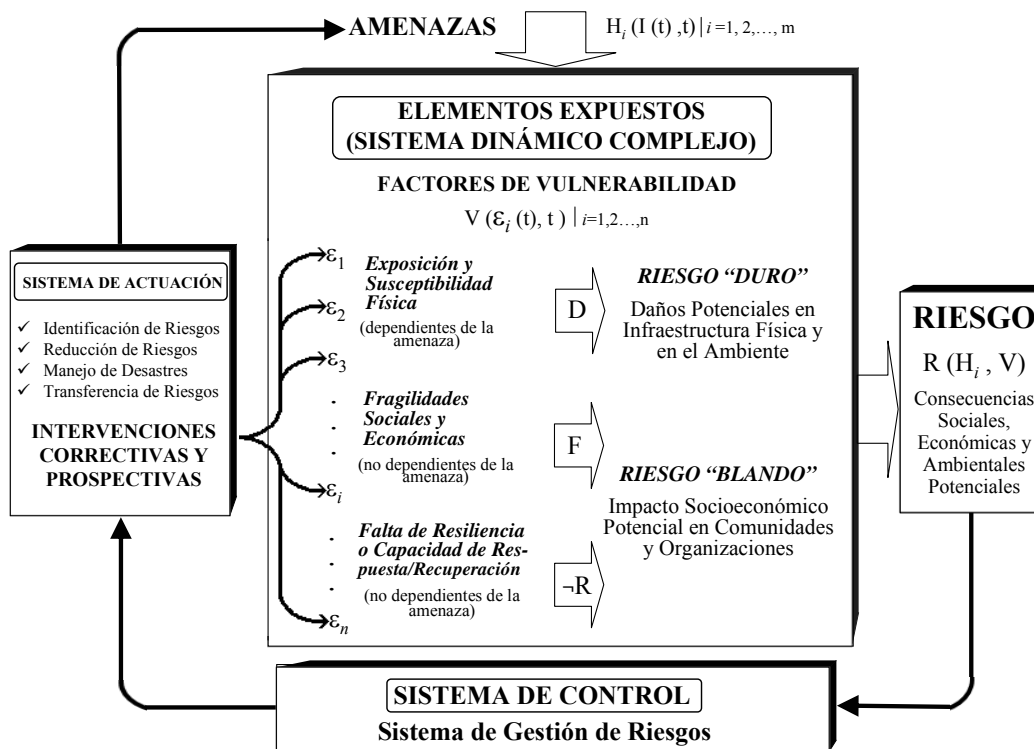
## Appendix 2.5-2 Enfoque holístico para la evaluación del riesgo y la vulnerabilidad

El marco y modelo conceptual para la evaluación del riesgo de desastre desde una perspectiva holística fue propuesto por Cardona a finales de los años 90 (Cardona 2001) y lo aplicó con Hurtado y Barbat en 2000. En estos trabajos el riesgo de desastre fue evaluado considerando diversas dimensiones o aspectos de la vulnerabilidad, que pueden subdividirse en tres categorías o factores de vulnerabilidad:

- Exposición y susceptibilidad física,  $D$ , que corresponde a un riesgo “duro”, relacionado con el daño potencial en la infraestructura física y el ambiente,
- Fragilidades socio-económicas,  $F$ , que contribuyen a un riesgo “blando” relacionado con el impacto potencial sobre el contexto social, y
- La falta de resiliencia para enfrentar desastres y recuperarse,  $-R$ , que contribuye también al riesgo “blando” o factor de impacto de segundo orden sobre comunidades y organizaciones.

La figure 2.5-2.1 describe el marco teórico antes mencionado (Cardona y Barbat 2000).

**Figura 2.5-2.1 Marco y modelo teórico para el enfoque holístico de la evaluación y gestión del riesgo de desastre, después de Cardona and Barbat (2000)**

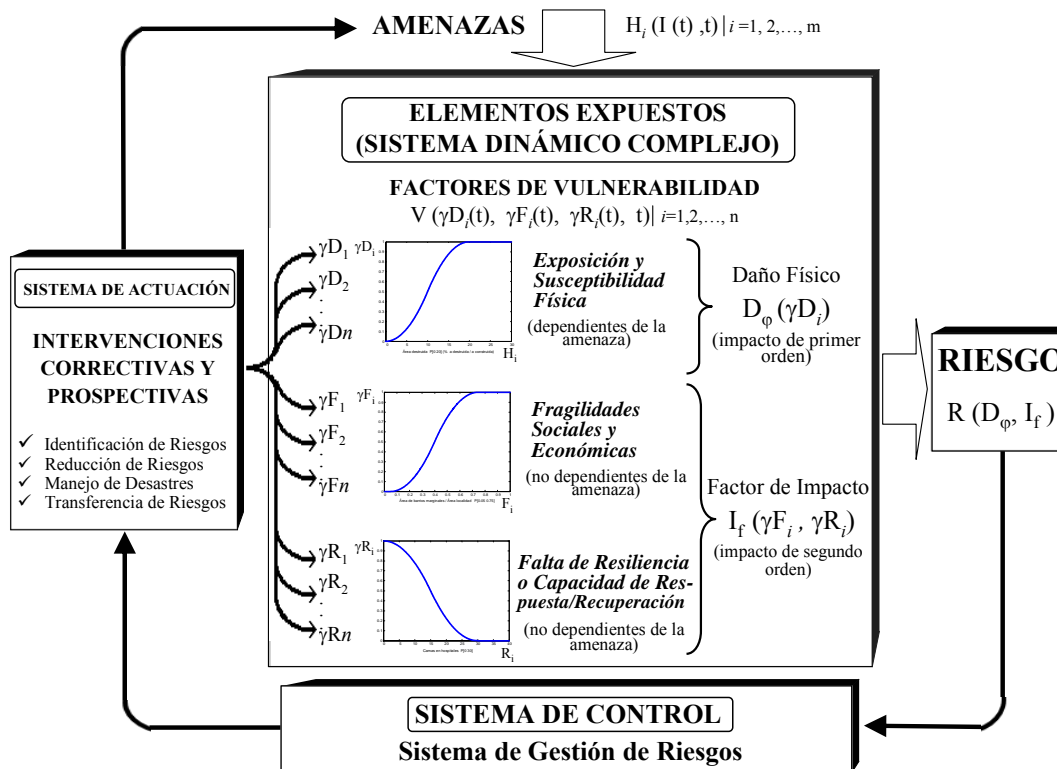


De acuerdo con este modelo, las condiciones de vulnerabilidad en áreas propensas a desastres dependen de la exposición y susceptibilidad de los elementos físicos, la fragilidad socioeconómica y la falta de resiliencia social del contexto. Estos factores proveen tanto una medida directa como indirecta e intangible del impacto de los eventos peligrosos. La vulnerabilidad y, por lo tanto, el riesgo son el resultado del crecimiento económico inadecuado, por una parte, y de deficiencias

que pueden corregirse a través de procesos apropiados de desarrollo. Indicadores o índices se podrían proponer para medir la vulnerabilidad<sup>34</sup> desde una perspectiva integral y multidisciplinaria. Su utilización intenta identificar las condiciones que favorecen los impactos físicos directos (exposición y susceptibilidad), como también los impactos indirectos, a veces, intangibles (fragilidad socio-económica y falta de resiliencia) de los eventos peligrosos. Por lo tanto, de acuerdo con este enfoque (Cardona 2001), el estar expuesto y ser susceptible son condiciones necesarias para la existencia de un riesgo físico o “duro”; lo que es dependiente de la amenaza. Por otra parte, la propensividad a sufrir impactos negativos, como resultado de fragilidad socioeconómica y de la incapacidad para enfrentar adecuadamente desastres son también condiciones de vulnerabilidad que subyacen el riesgo del contexto, o riesgo “blando”, condiciones que usualmente no son dependientes de la amenaza.

Riesgo de desastre, desde una perspectiva holística, significa consecuencias económicas, sociales y ambientales a causa de fenómenos físicos. Estas consecuencias potenciales son el resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad. Para la gestión del riesgo es deseable contar con un sistema de control y de actuación que represente la organización institucional de la gestión del riesgo y las medidas de intervención correctivas y prospectivas.

Figura 2.5-2.2 Nueva versión del modelo (Carreño *et al.* 2004; 2005)



Carreño *et al.* (2004; 2005) desarrollaron una versión alternativa del modelo, en la cual la evaluación del riesgo se lleva a cabo afectando el riesgo físico con un factor de impacto obtenido de las

<sup>34</sup> As the Prevalent Vulnerability Index, *PVI*, explained in this report.

condiciones del contexto, tales como las fragilidades socioeconómicas y la falta de resiliencia; condiciones que agravan, ambas, el escenario de pérdidas físicas. La figura 2.5-2.2 ilustra la nueva versión del modelo de perspectiva holística originalmente propuesto.

El diagrama se explica como sigue: Desde un enfoque holístico el riesgo,  $R$ , es una función del daño físico potencial,  $D_{\phi}$ , y de un factor de impacto,  $I_f$ . El primero es obtenido de la susceptibilidad de los elementos expuestos,  $\gamma D_i$ , a las amenazas,  $H_i$ , teniendo en cuenta las intensidades potenciales,  $I$ , de los eventos en un período de tiempo  $t$ , y el segundo depende de las fragilidades sociales,  $\gamma F_i$ , y de aspectos relacionados con la falta de resiliencia,  $\gamma R_i$ , del sistema socio-técnico o contexto propenso a desastres. Usando los metaconceptos de la teoría del control y la dinámica de sistemas complejos, para reducir el riesgo es necesario intervenir en forma correctiva y prospectiva los factores de vulnerabilidad y, cuando es posible, las amenazas en forma directa. Así, la gestión del riesgo requiere de un sistema de control (estructura institucional) y un sistema de actuación (políticas públicas y acciones) para implementar los cambios necesarios en los elementos expuestos o sistema complejo donde el riesgo es un proceso social. Las políticas públicas de la gestión del riesgo incluyen la toma de decisiones en relación con la identificación del riesgo, la reducción del riesgo, el manejo de desastres y la transferencia del riesgo. La identificación del riesgo conlleva la representación y evaluación objetiva del riesgo, sus percepciones individuales y su representación colectiva. La reducción del riesgo involucra las medidas de prevención y mitigación, el manejo de desastres involucra la respuesta a emergencias, la recuperación y reconstrucción y, finalmente, la transferencia del riesgo significa decisiones para la protección financiera.



### 3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información necesaria para la aplicación del sistema de indicadores se obtuvo de cada país y de bases de datos internacionales. A continuación se presenta una descripción de los instructivos y formularios utilizados con ese fin.

#### 3.1 Datos para estimar el IDD

La evaluación del *IDD* se realiza con base en una modelación del riesgo físico y en términos económicos, una vez se haya estimado el Evento Máximo Considerado, *EMC*, de forma similar a como se obtiene la pérdida máxima probable, *PML* (en inglés) en el campo de los seguros. Para esto se necesita hacer una serie de simplificaciones y supuestos utilizando valores gruesos y aproximados que sirvan de referente para el país.

Cada país es evaluado por un grupo de especialistas<sup>35</sup> de un centro de excelencia que realiza las modelaciones respectivas de acuerdo con lo establecido en la metodología y que requiere del apoyo directo de quienes recogen la información para hacer dichas estimaciones. Por esta razón a parte de la información aquí solicitada, es útil aportar información sobre las amenazas más relevantes, mapas existentes, ubicación de las ciudades más importantes, áreas de influencia e intensidad probable de los fenómenos, entre otros datos existentes o factibles de obtener. Se solicita, por lo tanto un contacto permanente con el centro de excelencia correspondiente con ese fin.

De la información histórica y del conocimiento acerca de las amenazas, en la mayoría de los países, se puede intuir o estimar sin mayor discusión cuál de los fenómenos naturales extremos, a los cuales es propenso el país, posiblemente causaría la situación de desastre más crítica de presentarse un evento factible en el futuro. Por lo anterior se requiere conocer:

3.1.1 Evento que posiblemente causaría el mayor impacto al país (huracán, inundación, sismo, erupción volcánica) en un lapso de 500 años:

.....

Otros eventos extremos que pueden causar situaciones muy críticas más no la máxima, en su orden de factibilidad (incluir un factor cualitativo de factibilidad según la percepción de expertos):

.....  
.....  
.....  
.....

---

<sup>35</sup> La primera aplicación del sistema de indicadores se realizó con apoyo del Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, donde se hizo la modelación para México, Guatemala, El Salvador, República Dominicana, Jamaica, Trinidad y Tobago, y el Perú. En el Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos, CEDERI, de la Universidad de los Andes, y el Instituto de Estudios Ambientales, IDEA, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, se hizo la modelación para Costa Rica, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina.

Se solicita una descripción resumida (aparte) de las principales amenazas de origen natural existentes en el país, que indique sus características, área de influencia, eventos representativos y su impacto en el pasado. Esta información se utiliza como soporte y se incluye en el perfil de cada país. Se recomienda que dicho resumen en total no sea de más de tres páginas a espacio sencillo.

Para modelar el daño físico potencial y el valor de la pérdida probable se ha propuesto valorar el costo de reposición (aunque no todo se reconstruiría seguramente) de las propiedades del sector público que pudieran ser afectadas. Para esto se requiere estimar de la mejor manera posible el área construida total (pública y privada) y de los bienes públicos en miles de metros cuadrados y su valor aproximado en millones de dólares en las principales ciudades expuestas al fenómeno en cada país (aunque los efectos no serán en todas las ciudades de manera simultánea). Se ha propuesto que se incluya información sólo de las ciudades capitales o cabeceras de áreas subnacionales (estados, provincias, departamentos, regiones, etc. según como se defina en cada país) y de aquellas poblaciones o áreas expuestas que se estime deben considerarse según sea el fenómeno que pueda causar los efectos más graves. Esta información agregada puede obtenerse de datos catastrales y de construcción en general.

Dicha información se necesita en varios momentos en el tiempo, cada cinco años entre 1980 y 2000. De ser posible incluir la más reciente (200?). Posiblemente en la mayoría de los casos se tienen que hacer proyecciones. Los valores deben ser convertidos a dólares de Estados Unidos de cada año y si se obtiene de valores catastrales debe estimarse el posible factor entre el valor catastral y comercial.

La valoración en la mayoría de los países se tiene que realizar siguiendo el método propuesto en el Apéndice 2.1-2 descrito previamente, utilizando la valoración del *stock* de capital agregado de la economía y la secuencia de la inversión tanto pública como privada de cada año a partir de un momento en el tiempo.

Adicionalmente, se debe estimar de manera aproximada el área de construcción de asentamientos humanos pobres expuestos y su valoración respectiva en términos de reposición como vivienda social. Todos estos valores son gruesos y en ocasiones hay que utilizar métodos indirectos para hacer las estimaciones, utilizando el mejor criterio posible.<sup>36</sup>

### 3.1.2 Áreas y valoraciones en las principales ciudades o áreas expuestas

La tabla 3.1.1, ilustra los valores que se necesitan obtener. Se puede agregar la información de población de las ciudades en cada período. Estas tablas deben ampliarse con el fin de incluir las ciudades que se consideren pertinentes y relevantes. En casos como las inundaciones, sólo tiene sentido incluir áreas expuestas inundables de poblaciones o cuencas que en general podrían llegar a ser afectadas.

---

<sup>36</sup> Por ejemplo, usando información de población y densidad poblacional por área construida aproximada. Áreas por estratos socioeconómicos según categorización dada por servicios públicos y valores por metro cuadrado de las construcciones según estrato socioeconómico.

**Tabla 3.1.1 Valores requeridos para las modelaciones de pérdidas probables**

Ciudad	Área construida total	Valor US\$	Área sector público	Valor US\$	Área barrios pobres	Valor US\$
<b>CIUDAD A</b>						
1980						
1985						
1990						
1995						
2000						
200?						
<b>CIUDAD B</b>						
1980						
1985						
1990						
1995						
2000						
200?						

Con el fin de estimar los recursos a los que podría recurrir el país en el caso de un evento mayor extremo en los mismos años indicados es necesario estimar una serie de valores que se transcriben a continuación:

### 3.1.3 Estimación de pérdidas que serían cubiertas por seguros de ocurrir el desastre en el año

$F_1^P$ , que corresponde a los *pagos de seguros y reaseguros* que aproximadamente recibiría el país por los bienes y la infraestructura asegurada del gobierno. El seguro en los países en desarrollo es apenas una industria incipiente por lo cual se puede afirmar que no existe una cultura del seguro. La mayoría de los pagos realizados en eventos anteriores por las compañías de seguros han sido al sector privado, en particular a las grandes industrias. En varios países es obligatorio asegurar los inmuebles públicos, sin embargo este requerimiento legal no se cumple a cabalidad, en particular por las entidades territoriales o gobiernos locales descentralizados. Una manera sencilla para estimar el valor de la riqueza física asegurada podría ser el gasto en seguros como proporción del PIB. Por ejemplo, si este equivale al 2% del PIB, quiere decir que el 2% de las pérdidas serán cubiertas por las compañías aseguradoras.

Año	Valor US\$	Valor en %PIB
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.4 Estimación de reservas disponibles en fondos para desastres en el año respectivo

$F_2^P$ , corresponde a las *reservas disponibles en fondos para desastres* con los que cuenta el país en el año de la evaluación. En varios países existen fondos de calamidades o de desastres formalmente

establecidos que cuentan con un presupuesto anual y en ocasiones con reservas acumuladas de años anteriores. En varios países hay un fondo principal y hay otros sectoriales que se encuentran en diferentes instituciones o ministerios, como obras públicas e infraestructura, salud, defensa civil, entre otros, o existen fondos descentralizados a nivel de entidades territoriales. Este valor debe estimarse como la suma de las reservas disponibles de la nación y de las posibles zonas afectadas.

<b>Año</b>	<b>Valor US\$</b>	<b>Valor en % Presupuesto Nacional</b>
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.5 Estimación de posibles ayudas y donaciones en caso de ocurrir en el año respectivo

$F_3^P$ , representa los valores que pueden recibirse como *ayudas y donaciones*, tanto públicas como privadas, nacionales como internacionales. Usualmente las ayudas del exterior están dirigidas a apoyar la respuesta a la emergencia y se reciben pocos recursos para las fases de rehabilitación y reconstrucción. Después de ocurrido un evento notable se reciben, en su mayoría, alimentos y vestuario, menajes, carpas y equipos, y poco se recibe directamente en dinero. Aunque no existe información detallada de los apoyos recibidos de gobiernos amigos, ONGs y agencias de ayuda humanitaria y de cooperación técnica, para estimar este valor es necesario hacer una evaluación aproximada y realista de dicha ayuda como un porcentaje de la pérdida en eventos anteriores.

<b>Año</b>	<b>Valor US\$</b>	<b>Valor en % del desastre</b>
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.6 Estimación de posibles nuevos impuestos en caso de ocurrir en el año respectivo

$F_4^P$ , corresponde al valor posible de *nuevos impuestos* que cada país podría recaudar adicionalmente en caso de un desastre mayor. Existen experiencias que indican que como resultado de un desastre se han establecido impuestos del 2 y hasta el 3 por mil a las operaciones financieras y bancarias, pero este tipo de impuestos puede estimular la contención y el traslado de ahorros hacia el exterior. En general existen serias dudas de que en ciertos países se puedan aumentar los ingresos del gobierno mediante nuevos impuestos debido a la impopularidad de este tipo de medidas. Este valor se debe estimar de acuerdo con su factibilidad política en cada país de acuerdo con la figura financiera posible que pueda considerarse en cada caso. En el Apéndice 2.1-3 de la sección anterior se presenta un método simple para estimar los recursos derivados de un impuesto a transacciones financieras.

Año	Valor US\$	Valor en %PIB
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.7 Estimación de la posible reasignación presupuestal en el año respectivo

$F_5^P$ , es la estimación del *margen de reasignación presupuestal* que tiene cada país. Este valor en países donde existen limitaciones de planificación presupuestal usualmente corresponde al margen de gastos discrecionales del gobierno. En algunos países este valor depende de la decisión política de las autoridades competentes de turno, sin embargo existen restricciones que impiden reasignaciones mayores debido a las inevitables obligaciones del gasto público, como los salarios, las transferencias, el gasto social y el servicio de la deuda. Igualmente pueden existir obligaciones acumuladas de vigencias presupuestales anteriores, como se explica en el Apéndice 2.1-4 de la sección anterior. Se puede incluir aquí también la reasignación o desvío de préstamos aún no ejecutados de los organismos multilaterales. De no obtenerse con mayor precisión el posible margen de reasignación presupuestal se puede estimar de manera muy aproximada como el 60% de las inversiones en bienes de capital en porcentaje del PIB.

Año	Valor US\$	Valor en %PIB
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.8 Estimación de posible crédito externo en el año respectivo

$F_6^P$ , corresponde al valor factible de *crédito externo* que puede obtener el país con los organismos multilaterales y en el mercado de capitales en el exterior. Las condiciones de préstamo con los organismos multilaterales son en general más favorables, pero están restringidos al grado de sostenibilidad de la deuda externa y la relación entre el servicio de la deuda y las exportaciones. Las tasas de interés, en general, dependen del ingreso per cápita de los países. El acceso a créditos en el mercado internacional de capitales depende de las calificaciones internas y externas de riesgo financiero del país, lo que determina las primas de riesgo y las tasas comerciales de los títulos de deuda. En cualquier caso, acceder a crédito externo significa aumentar las obligaciones del servicio de la deuda en el futuro y la reducción del cupo del país para asumir nuevas deudas. Por lo tanto, el valor de crédito externo máximo se debe estimar con base en el análisis de las obligaciones y limitaciones que tiene el gobierno. El Apéndice 2.1-5 de la sección anterior presenta cómo se puede hacer un análisis de la situación financiera externa del país en caso de no existir una estimación de estos datos en forma específica.

<b>Año</b>	<b>Valor US\$</b>	<b>Valor en %PIB</b>
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.9 Estimación de posible crédito interno en el año respectivo

$F_7^P$ , representa el *crédito interno* que puede obtener el país con los bancos comerciales y en algunos casos con el banco central, cuando es legal obtener préstamos del mismo, significando liquidez inmediata. También, en algunos casos es factible obtener recursos de las reservas internacionales en caso de presentarse un desastre mayor, aunque este tipo de operación es problemática en general y puede significar un riesgo para la balanza de pagos. El crédito con los bancos comerciales también tiene limitaciones y costos y depende de la actividad de los mercados de crédito locales; en general puede ser escaso. En mercados débiles un crédito importante puede afectar el consumo interno, las inversiones locales y la tasa de interés. El crédito adicional disponible se debe estimar teniendo en cuenta la capacidad del país de devolver el préstamo y la capacidad del mercado de capitales en el país. El Apéndice 2.1-6 de la sección anterior ilustra cómo puede estimarse aproximadamente el acceso a crédito interno si no existen valores específicos definidos.

<b>Año</b>	<b>Valor US\$</b>	<b>Valor en %PIB</b>
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.10 Estimación del gasto anual de capital en el año respectivo

Para efectos de estimar el *IDD'* se necesita información de los gastos de capital (inversión fija) del presupuesto anual del país el monto de recursos sostenible por superávit inter-temporal.

<b>Año</b>	<b>Valor US\$</b>	<b>Valor en % Presupuesto</b>
1980		
1985		
1990		
1995		
2000		
200?		

### 3.1.11 Estimación del monto de recursos sostenible por superávit inter-temporal

$F_8^P$ , es la estimación del *monto de recursos sostenible* por superávit inter-temporal que el gobierno puede destinar, calculado a 10 años, para atender de la mejor manera los efectos de los desastres. Lo que interesa conocer es si el gobierno, desde un punto de vista ortodoxo, cumple con su restricción presupuestal inter-temporal, es decir, si las trayectorias de flujos de gastos e ingresos garantizan –en términos de valor presente– que los superávit primarios corrientes y futuros permiten cancelar el stock de deuda actual. Para estimar este monto anual de recursos sostenible se propone el método descrito en el Apéndice 2.1-7 de la sección anterior. Una vez solucionada la integral indicada el  $d^* = (t-g-h) - b_0 (r-\theta)$ . Así para cada año se requiere conocer los escenarios de déficit o superávit primario  $(t-g-h)$  en % del PIB que se obtienen usualmente del Ministerio de Hacienda. Utilizando diez años se obtiene el valor promedio y se le resta el valor de deuda inicial en % del PIB multiplicada por  $(r-\theta)$ , donde  $r$  es la tasa de interés y  $\theta$  la tasa de crecimiento del PIB. Para ilustrar se presenta un ejemplo, con dos escenarios uno optimista y otro pesimista.

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
-2.03%	-1.27%	-0.40%	-0.01%	0.31%	0.73%	0.95%	1.78%	2.52%	2.85%
-2.03%	-1.27%	-0.40%	-0.14%	0.08%	0.41%	0.56%	1.34%	1.98%	2.22%

En el primer caso el promedio es 0.54% y el segundo 0.27%. Así el  $d^*$  es igual a 0.13% y menos -0.14% respectivamente teniendo en cuenta que el  $b_0$  es 0.01 y  $(r-\theta)$  es igual a 0.41.

Para los años 1980, 1985, y 1990 los diez años adelante de los valores de superávit o déficit no serían estimados sino los que realmente se tuvieron en el país. Para 1995 y 2000 algunos de ellos se tienen que proyectar con la información de Hacienda y Finanzas Públicas.

1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989

Deuda inicial  $b_0$ : \_\_\_\_\_ Tasa  $(r-\theta)$ : \_\_\_\_\_  $d^*$ : Opt: \_\_\_\_\_ Pes: \_\_\_\_\_

1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994

Deuda inicial  $b_0$ : \_\_\_\_\_ Tasa  $(r-\theta)$ : \_\_\_\_\_  $d^*$ : Opt: \_\_\_\_\_ Pes: \_\_\_\_\_

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999

Deuda inicial  $b_0$ : \_\_\_\_\_ Tasa  $(r-\theta)$ : \_\_\_\_\_  $d^*$ : Opt: \_\_\_\_\_ Pes: \_\_\_\_\_

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004

Deuda inicial  $b_0$ : \_\_\_\_\_ Tasa  $(r-\theta)$ : \_\_\_\_\_  $d^*$ : Opt: \_\_\_\_\_ Pes: \_\_\_\_\_

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009

Deuda inicial  $b_0$ : \_\_\_\_\_ Tasa  $(r-\theta)$ : \_\_\_\_\_  $d^*$ : Opt: \_\_\_\_\_ Pes: \_\_\_\_\_

### 3.2 Datos para estimar el IDL

La evaluación del *IDL* se realiza con base en la revisión de la base de datos de desastres locales DesInventar. Este trabajo se ha realizado con el apoyo de la RED en lo referente a la verificación y adecuación de la información. Los períodos utilizados para evaluar el *IDL* son de cinco años. De esta forma se obtiene un *IDL* en 1985 con base en la información de 1981 a 1985 y así sucesivamente. Para la determinación de los índices se requiere algunos datos complementarios que permitan normalizar la información existente en el DesInventar, con base en el área y la población de los municipios de cada país en los años 1985, 1990, 1995, 2000 y de ser posible los datos de 200?. La información de superficie de los municipios existe en todos los países y los datos poblacionales se pueden obtener de proyecciones de los censos realizados en cada país. Puesto que el nombre de un municipio puede ser igual a de otro en otra área subnacional (estado, departamento, etc.) se sugiere que la lista se realice por unidad subnacional e incluir un código del municipio en caso de que exista oficialmente. Esta información es preferible en Excel.

#### 3.2.1 Área y población de los municipios (o unidades administrativas equivalentes) del país

Código	Nombre	Área Km <sup>2</sup>	Población 1985	Población 1990	Población 1995	Población 2000	Población 2003
	Estado A						
	Munic 1						
	Munic 2						
	Estado B						
	Munic 1						
	Munic 2						
	Munic 3						

Es importante identificar municipios que no existían en años anteriores, indicando de que otro municipio hacia parte previamente. También para obtener el *IDL* se necesitan otros valores complementarios.

Para cada período en que se calculará el *IDL* se necesita tener una estimación del valor del metro cuadrado de construcción de una vivienda de interés social, el número de metros cuadrados promedio de una casa de interés social de acuerdo con los estándares que el gobierno ha tenido en cada momento, el valor de un salario mínimo legal mensual en el mismo período y el valor aproximado promedio de una hectaria de cultivos “típicos” (pueden ser varios) en zonas de inundación recurrente (valor que puede ser un promedio ponderado con algún criterio de expertos). Los valores se necesitan en dólares equivalentes en cada período.

Año	Valor m <sup>2</sup> vivienda social	No. m <sup>2</sup> de una vivienda social	Salario mínimo legal mensual	Valor promedio Ha. de cultivos en zonas inundables
1985				
1990				
1995				
2000				
200?				



### 3.3 Datos para estimar el IVP

El *IVP* es un indicador compuesto que se evalúa con base en la identificación de tres categorías o componentes: exposición y susceptibilidad, fragilidad socio-económica y falta de resiliencia. Se intenta caracterizar una situación o *pattern* de cada país que pueda entenderse como una vulnerabilidad prevalente.

Los indicadores para la descripción del grado de exposición, las condiciones socio-económicas prevalentes y la falta de resiliencia se proponen reconociendo que su influencia explica los efectos socio-económicos y ambientales adversos que se presentan cuando se materializa un fenómeno peligroso. Cada aspecto es un conjunto de indicadores que expresa situaciones, causas, susceptibilidades, debilidades o ausencias relativas del país hacia las cuales se pueden orientar acciones de reducción del riesgo. Dado que entre los indicadores se pueden detectar correlaciones, dependencias y redundancia, la información se debe tratar con una serie de técnicas estadísticas que identifiquen dichas situaciones. Igualmente, se realizan procesos de normalización, ponderación y agregación para lo cual se requiere asignar “pesos” o factores de importancia por varios métodos que permitan hacer un análisis de sensibilidad y de incertidumbre de los resultados.

Los indicadores que aquí se proponen se han identificado teniendo en cuenta que en lo posible se basen en cifras, índices, tasas o proporciones existentes, que provienen de bases de información reconocidas o que existen en cada país. Algunos de los indicadores requieren ser estimados directa o indirectamente, haciendo algunos supuestos, con base en datos existentes en cada país. Se solicita en esos casos describir la manera como se llevó a cabo la estimación en un documento de notas independiente. Igualmente, se solicitan estas descripciones cuando a criterio del asesor se recomiende un indicador similar o alternativo, a falta de alguno, lo que en la mayoría de los casos no se considera conveniente para efectos de comparación, pero que puede ser útil cuando se compara la situación del país en los diferentes períodos de tiempo.

Se solicita usar las tablas 3.3.1, 3.3.2 y 3.3.3 para suministrar los valores de los indicadores. Dicha información se necesita en varios momentos en el tiempo: 1985, 1990, 1995 y 2000. De ser posible incluir la más reciente (200?). En cada una de las tablas mencionadas se solicita indicar el peso que a juicio del asesor<sup>37</sup> podría tener cada indicador como componente de cada índice de vulnerabilidad prevalente. Esta técnica, conocida como el método de asignación *presupuestal*, es la más sencilla y corresponde a la distribución de un puntaje, que en este caso debe sumar 100.

---

<sup>37</sup> La asignación de pesos se basa en la opinión de expertos, por lo tanto es subjetiva. Se recomienda hacer consultas a otras personas conocedoras o funcionarios de diferentes instituciones relacionadas con el tema utilizando los formatos aquí contenidos. Esto con el fin de obtener diferentes opiniones, las cuales pueden ser consensuadas o promediadas a criterio del asesor. También puede utilizarse el método delphi o cualquier técnica que se considere útil para lograr una visión representativa de los pesos o de los juicios que se realicen.

**Tabla 3.3.1 Indicadores de exposición y susceptibilidad**

<b>Indicador</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>Peso</b>
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %					
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %					
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )					
ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$ 1 diario PPP <sup>38</sup>					
ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>					
ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % del PIB					
ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB					
ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo					

**Tabla 3.3.2 Indicadores de fragilidad socio-económica**

<b>Indicador</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>Peso</b>
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1.					
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población en capacidad de trabajar (15-64).					
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso medida con base en índice de Gini.					
FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo					
FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en porcentaje anual.					
FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en porcentaje anual.					
FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB.					
FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD).					

<sup>38</sup> Paridades de poder adquisitivo (Purchasing power parity en inglés). Conversión a dólares internacionales que tienen el mismo poder adquisitivo que tiene un dólar en los Estados Unidos (UNDP 2001).

**Tabla 3.3.3 Indicadores de (falta de) resiliencia**

<b>Indicador</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>Peso</b>
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]					
FR2. Índice de desarrollo relacionado con género, GDI [Inv]					
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en porcentaje del PIB [Inv]					
FR4. Índice de Gobernabilidad (Kaufmann) [Inv]					
FR5. Aseguramiento de infraestructura y vivienda en porcentaje del PIB. [Inv]					
FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]					
FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]					
FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, <sup>39</sup> ESI [Inv]					

Las tablas 3.3.4, 3.3.5 y 3.3.6 permiten la asignación de factores de importancia para la determinación de pesos mediante el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). Esta técnica permite obtener pesos contrastantes a los asignados en forma arbitraria y no requiere de una escala universal. El núcleo del PAJ es una comparación de atributos entre pares ordinales entre los cuales se señala la preferencia. Las comparaciones son realizadas por pares de indicadores, primero planteando la pregunta “¿Cuál de los dos es el más importante?” y segundo “¿Por cuánto?”. La preferencia se expresa en una escala semántica de 1 a 9, lo que permite la medida dentro de un mismo orden de magnitud. La preferencia de 1 indica igualdad entre dos indicadores mientras que una preferencia de 9 indica que un indicador es 9 veces más grande o más importante que aquel con el que es comparado. Estas comparaciones resultan en una matriz de comparaciones que se procesa posteriormente. Se solicita indicar por pares mediante una X, a juicio del asesor,<sup>37</sup> cuál de los indicadores se percibe como más importante y en qué grado.

<sup>39</sup>Algunos índices e indicadores no han sido estimados para todos los períodos que se esperan evaluar con fines comparativos. Se optará por mantener valores constantes que no afecten la agregación para la estimación de los respectivos subíndices de vulnerabilidad prevalente.

**Tabla 3.3.4 Asignación de factores de importancia a indicadores de exposición y susceptibilidad (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

1 2 3 4 5 6 7 8 9

ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %								
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )								
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$ 1 diario PPP								
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>								
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % PIB								
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB								
ES1. Crecimiento poblacional, tasa promedio anual en %	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	vs.	ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )								
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	vs.	ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$ 1 diario PPP								
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	vs.	ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>								
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	vs.	ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % PIB								
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	vs.	ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB								
ES2. Crecimiento urbano, tasa promedio anual en %	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )	vs.	ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a US\$ 1 diario PPP								
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )	vs.	ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>								
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )	vs.	ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % PIB								
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )	vs.	ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB								
ES3. Densidad poblacional en personas por área (5 Km <sup>2</sup> )	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								
ES4. Porcentaje población pobre con ingresos < US\$ 1 diario PPP	vs.	ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>								
ES4. Porcentaje población pobre con ingresos < US\$ 1 diario PPP	vs.	ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % PIB								
ES4. Porcentaje población pobre con ingresos < US\$ 1 diario PPP	vs.	ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB								
ES4. Porcentaje población pobre con ingresos < US\$ 1 diario PPP	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								
ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>	vs.	ES6. Valor de importaciones y exportaciones de bienes y servicios en % PIB								
ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>	vs.	ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB								
ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1000 km <sup>2</sup>	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								
ES6. Importaciones y exportaciones de bienes y servicios % PIB	vs.	ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB								
ES6. Importaciones y exportaciones de bienes y servicios % PIB	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								
ES7. Inversión fija interna del gobierno en % del PIB	vs.	ES8. Tierra arable y cultivos permanentes en % del área del suelo								

**Tabla 3.1.3. 5 Asignación de factores de importancia a indicadores de Fragilidad Socio-económica (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

1 2 3 4 5 6 7 8 9

FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1.	vs.	FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)								
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1	vs.	FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.								
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1	vs.	FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo								
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1	vs.	FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.								
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1	vs.	FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual								
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1	vs.	FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB								
FS1. Índice de Pobreza Humana, HPI-1	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)	vs.	FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.								
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)	vs.	FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo								
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)	vs.	FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.								
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)	vs.	FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual								
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)	vs.	FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB								
FS2. Dependencia de población vulnerable de la población (15-64)	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.	vs.	FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo								
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.	vs.	FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.								
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.	vs.	FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual								
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.	vs.	FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB								
FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso. Índice de Gini.	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								
FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo	vs.	FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.								
FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo	vs.	FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual								
FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo	vs.	FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB								
FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								
FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.	vs.	FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual								
FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.	vs.	FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB								
FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos, en % anual.	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								
FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual	vs.	FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB								
FS6. Dependencia del crecimiento del PIB de la agricultura, en % anual	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								
FS7. Servicio de la deuda en porcentaje del PIB	vs.	FS8. Degradación antropogénica del suelo (GLASOD)								

**Tabla 3.3.6 Asignación de factores de importancia a indicadores de (falta de) resiliencia (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

		1 2 3 4 5 6 7 8 9								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR1. Índice de Desarrollo Humano, DHI [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								
FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]	vs.	FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]								
FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]	vs.	FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]								
FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]	vs.	FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]								
FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]	vs.	FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]	vs.	FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR2. Índice de desarrollo relaciona-do con genero, GDI [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]	vs.	FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]								
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]	vs.	FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]								
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]	vs.	FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]	vs.	FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR3. Gasto social; en pensiones, salud y educación, en % PIB [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								
FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]	vs.	FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]								
FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]	vs.	FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]	vs.	FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR4. Índice de Gobernabilidad [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								
FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]	vs.	FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]	vs.	FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR5. Aseguramiento de infraes-tractura y vivienda en % PIB [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								
FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]	vs.	FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]								
FR6. Televisores por cada 1000 habitantes [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								
FR7. Camas hospitalarias por cada 1000 habitantes [Inv]	vs.	FR8. Índice de Sostenibilidad Ambiental, ESI [Inv]								

### 3.4 Datos para estimar el IGR

El IGR es también un indicador compuesto que se evaluará con base en la valoración cualitativa del desempeño de cuatro aspectos o políticas públicas de la gestión del riesgo. Se han propuesto ocho indicadores por cada aspecto que se desea evaluar. La valoración de cada indicador se hará utilizando cinco niveles de desempeño: *bajo, incipiente, apreciable, notable y óptimo*.<sup>40</sup> Este enfoque permite utilizar cada nivel de referencia simultáneamente como un “objetivo de desempeño” y por lo tanto facilita la comparación y la identificación de resultados o logros hacia los cuales los gobiernos deberían dirigir sus esfuerzos de formulación, implementación y evaluación de política en cada caso.

Se ha asumido que los pesos son iguales para cada uno de los cuatro aspectos: identificación del riesgo, reducción del riesgo, manejo de desastres, protección financiera (transferencia de riesgo) y gobernabilidad. Sin embargo, si se considera por parte del asesor que deben asignarse pesos diferentes entre estos cuatro aspectos se solicita se indique cuáles serían dichos pesos y una breve justificación en un documento independiente.

Las tablas 3.4.1 a 3.4.4 presentan los indicadores que se deben evaluar señalando mediante una X el nivel de desempeño logrado por el país en diferentes momentos en el tiempo.

Para la evaluación se utilizarán las tablas 2.4.1 a 2.4.4 de la sección anterior, que describen los niveles de desempeño respectivos. Es importante revisar con cuidado lo que se expresa como logro en cada nivel y de ser parcial dicho logro se debe utilizar el nivel anterior. Esta información se necesita en varios momentos en el tiempo: 1985, 1990, 1995 y 2000. Se solicita incluir también la situación actual o más reciente (200?). Aunque es difícil obtener apreciaciones objetivas o sin sesgos en caso de consultar a diferentes interesados, se recomienda hacer ese tipo de indagaciones con fines de detectar variaciones en el criterio de evaluación.

---

<sup>40</sup> Por sugerencia de expertos para una mejor diferenciación de las calificaciones lingüísticas se puede utilizar “significativo” en vez de “apreciable”, y “sobresaliente” en vez de “notable”.

**Tabla 3.4.1 Indicadores de identificación del riesgo**

Colocar una **X** al frente del nivel de desempeño logrado en cada año según tabla 2.4.1.

<b>Indicador</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>200?</b>
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR3. Evaluación mapeo de amenazas	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR5. Información pública y participación comunitaria	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>



**Tabla 3.4.2 Indicadores de reducción del riesgo**

Colocar una **X** al frente del nivel de desempeño logrado en cada año según tabla 2.4.2.

<b>Indicador</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>200?</b>
RR1. Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
RR2. Intervención de cuencas hidro-gráficas y protección ambiental	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
RR5. Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
RR6. Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

**Tabla 3.1.4.3 Indicadores de manejo de desastres**

Colocar una **X** al frente del nivel de desempeño logrado en cada año según tabla 2.4.3

<b>Indicador</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>200?</b>
MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
MD2. Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta inter-institucional	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
MD5. Preparación y capacitación de la comunidad	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

**Tabla 3.4.4 Indicadores de gobernabilidad y protección financiera**

Colocar una **X** al frente del nivel de desempeño logrado en cada año según tabla 2.4.4

Indicador	1985	1990	1995	2000	200?
	PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
2. <i>Incipiente</i>		2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
3. <i>Apreciable</i>		3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
4. <i>Notable</i>		4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
5. <i>Óptimo</i>		5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

PF5. Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

Las tablas 3.4.5 a 3.4.8 se utilizan para la asignación de pesos mediante la técnica de asignación *pre-supuestal*. En este caso, también, la distribución del puntaje debe sumar 100. Se solicita que en cada una de las tablas mencionadas se indique el peso que a juicio del asesor<sup>37</sup> podría tener cada indicador como componente de cada índice de gestión de riesgo.

Las tablas 3.4.9 a 3.4.12 permiten la asignación de factores de importancia para la determinación de pesos mediante el PAJ. Las comparaciones se realizan por pares. Igualmente, la preferencia se expresa mediante una escala de 1 a 9. La preferencia 1 significa igualdad entre los dos indicadores y una preferencia de 9 significa que un indicador es 9 veces más importante que el otro. Estas comparaciones resultan en una matriz de comparaciones a la cual se le procesará su consistencia posteriormente mediante un proceso numérico. Se solicita indicar por pares mediante una X, a juicio del asesor<sup>37</sup>, cuál de los indicadores se percibe como más importante y en qué grado.

**Tabla 3.4.5 Asignación presupuestal (pesos) a indicadores de identificación del riesgo**

Asignar 100 puntos distribuidos en los seis indicadores

<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	
IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico	
IR3. Evaluación mapeo de amenazas	
IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	
IR5. Información pública y participación comunitaria	
IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos	

**Tabla 3.4.6 Asignación presupuestal (pesos) a indicadores de reducción del riesgo**

Asignar 100 puntos distribuidos en los seis indicadores

<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>
RR1. Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación	
RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	
RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos	
RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas	
RR5. Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción	
RR6. Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados	

**Tabla 3.4.7 Asignación presupuestal (pesos) a indicadores de manejo de desastres**

Asignar 100 puntos distribuidos en los seis indicadores

<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>
MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia	
MD2. Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta	
MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	
MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional	
MD5. Preparación y capacitación de la comunidad	
MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción	

**Tabla 3.4.8 Asignación presupuestal (pesos) a indicadores de gobernabilidad y protección financiera**

Asignar 100 puntos distribuidos en los seis indicadores

<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>
PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	
PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	
PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto	
PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social	
PF5. Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos	
PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado	

**Tabla 3.4.9 Asignación de factores de importancia a indicadores de Identificación del Riesgo (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

		¿En qué grado?								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>IR1.</b> Inventario sistemático de desastres y pérdidas	vs.	<b>IR2.</b> Monitoreo de amenazas y pronóstico								
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	vs.	IR3. Evaluación mapeo de amenazas								
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	vs.	IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo								
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	vs.	IR5. Información pública y participación comunitaria								
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	vs.	IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos								
<b>IR2.</b> Monitoreo de amenazas y pronóstico	vs.	IR3. Evaluación mapeo de amenazas								
IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico	vs.	IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo								
IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico	vs.	IR5. Información pública y participación comunitaria								
IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico	vs.	IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos								
<b>IR3.</b> Evaluación mapeo de amenazas	vs.	IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo								
IR3. Evaluación mapeo de amenazas	vs.	IR5. Información pública y participación comunitaria								
IR3. Evaluación mapeo de amenazas	vs.	IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos								
<b>IR4.</b> Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	vs.	IR5. Información pública y participación comunitaria								
IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	vs.	IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos								
<b>IR5.</b> Información pública y participación comunitaria	vs.	IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos								

**Tabla 3.4.10 Asignación de factores de importancia a indicadores de Reducción del Riesgo (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

		¿En qué grado? Colocar X								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>RR1.</b> Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	vs.								
	RR1. Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	vs.								
	RR1. Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	vs.								
	RR1. Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	vs.								
	RR1. Integración del riesgo en la definición de usos y la planificación	vs.								
	<b>RR2.</b> Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	vs.								
	RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	vs.								
	RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	vs.								
	RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	vs.								
	<b>RR3.</b> Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos	vs.								
	RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos	vs.								
	RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos	vs.								
	<b>RR4.</b> Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos	vs.								
	RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos	vs.								
	<b>RR5.</b> Actualización y control de la aplicación de normas y códigos	vs.								
	RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental									
	RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos									
	RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos									
	RR5. Actualización y control de la aplicación de normas y códigos									
	RR6. Intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados									

**Tabla 3.4.11 Asignación de factores de importancia a indicadores de manejo de desastres (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

				1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>MD1.</b> Organización y coordinación de operaciones de emergencia	vs.		MD2. Planificación de la respuesta en emergencia y sistemas de alerta									
MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia	vs.		MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura									
MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia	vs.		MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional									
MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia	vs.		MD5. Preparación y capacitación de la comunidad									
MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia	vs.		MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción									
<b>MD2.</b> Planificación de la respuesta en emergencia y sistemas de alerta	vs.		MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura									
MD2. Planificación de la respuesta en emergencia y sistemas de alerta	vs.		MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional									
MD2. Planificación de la respuesta en emergencia y sistemas de alerta	vs.		MD5. Preparación y capacitación de la comunidad									
MD2. Planificación de la respuesta en emergencia y sistemas de alerta	vs.		MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción									
<b>MD3.</b> Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	vs.		MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional									
MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	vs.		MD5. Preparación y capacitación de la comunidad									
MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	vs.		MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción									
<b>MD4.</b> Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional	vs.		MD5. Preparación y capacitación de la comunidad									
MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional	vs.		MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción									
<b>MD5.</b> Preparación y capacitación de la comunidad	vs.		MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción									

**Tabla 3.4.12 Asignación de factores de importancia a indicadores de gobernabilidad y protección Financiera (PAJ)**

**¿Cuál de los indicadores percibe como más importante?**

Colocar una **X** al frente

**¿En qué grado?**

Colocar **X**

		¿En qué grado?								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	vs.	PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional								
PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	vs.	PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto								
PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	vs.	PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social								
PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	vs.	PF5. Seguros y estrategias de transferencia de pérdidas activos públicos								
PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	vs.	PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado								
PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	vs.	PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto								
PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	vs.	PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social								
PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	vs.	PF5. Seguros y estrategias de transferencia de pérdidas activos públicos								
PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional	vs.	PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado								
PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto	vs.	PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social								
PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto	vs.	PF5. Seguros y estrategias de transferencia de pérdidas activos públicos								
PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto	vs.	PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado								
PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social	vs.	PF5. Seguros y estrategias de transferencia de pérdidas activos públicos								
PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social	vs.	PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado								
PF5. Seguros y estrategias de transferencia de pérdidas activos públicos	vs.	PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado								



## 4. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

En esta sección se presentan los resultados de la aplicación del sistema de indicadores en doce países de América Latina y el Caribe. También se presentan los resultados a nivel subnacional y urbano, producto de la aplicación demostrativa que se realizó con fines de ilustración de cómo se puede hacer una adaptación de los índices en otras escalas y cómo se puede hacer una estimación integral del riesgo a nivel urbano teniendo en cuenta escenarios de daños o pérdidas potenciales. A continuación se presentan, comparan y comentan algunos de los resultados para cada uno de los índices que componen el sistema de indicadores.

### 4.1 Índice de déficit por desastre (IDD)

El *IDD* se relaciona con la pérdida económica potencial del país analizado en el caso de presentarse el Evento Máximo Considerado, *EMC*, y sus implicaciones económicas en términos de los recursos que se requieren para la reconstrucción. La tabla 4.1.1 presenta los valores del *IDD* en cada período y país.

**Tabla 4.1.1 IDD en 1980 para 50, 100 y 500 años**

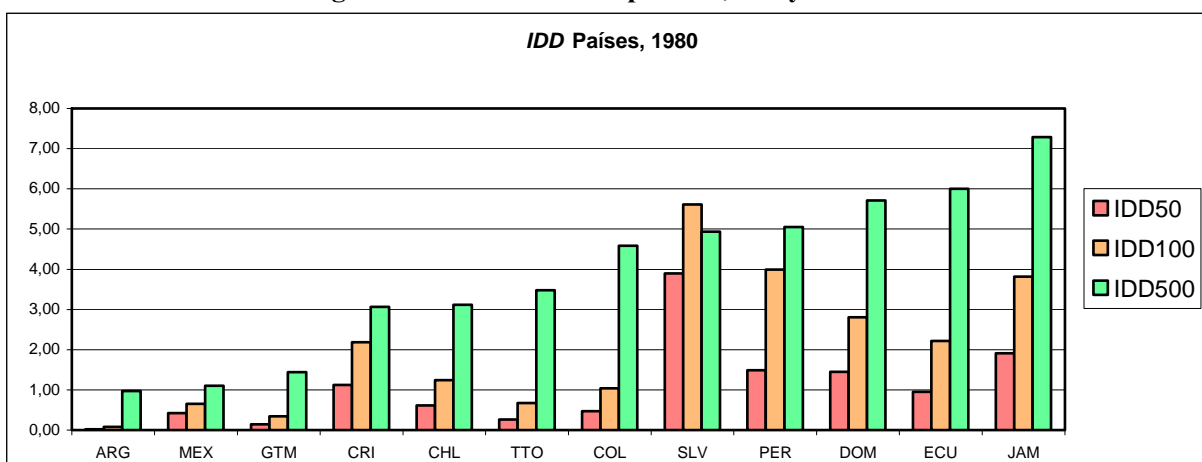
Año	Índice	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	TTO
1980	IDD50	0.02	0.617	0.47	1.13	1.45	0.96	3.90	0.15	1.91	0.42	1.49	0.26
	IDD100	0.08	1.24	1.04	2.18	2.80	2.21	5.61	0.35	3.82	0.66	3.99	0.67
	IDD500	0.97	3.12	4.58	3.06	5.71	6.00	4.94	1.44	7.28	1.11	5.05	3.48
	IDD'gc	0.30%	8.23%	4.40%	5.86%	9.70%	9.89%	40.28%	1.95%	16.47%	2.35%	9.29%	1.99%
	IDD'si	^D	8.49%	^D	26.44%	^D	7.53%	^D	^D	72.20%	4.33%	^D	^D
1985	IDD50	0.04	0.43	0.80	1.97	2.87	1.76	5.15	0.17	1.33	0.49	1.93	0.39
	IDD100	0.13	0.91	1.71	3.50	4.84	3.48	6.86	0.41	2.15	0.76	4.90	0.99
	IDD500	1.49	2.75	6.36	3.97	7.08	6.83	5.43	1.64	3.04	1.23	5.57	4.48
	IDD'gc	0.52%	11.59%	8.83%	11.36%	23.49%	21.89%	71.51%	2.97%	25.66%	3.66%	12.43%	3.01%
	IDD'si	^D	2.95%	^D	35.53%	29.67%	2.95%	81.35%	3.71%	7.13%	3.25%	9.91%	9.74%
1990	IDD50	0.08	0.48	0.81	1.81	1.73	1.06	5.00	0.25	0.79	0.31	2.02	0.33
	IDD100	0.27	1.00	1.73	3.28	3.26	2.40	6.82	0.58	1.64	0.49	5.05	0.85
	IDD500	2.55	2.85	6.41	3.84	6.10	6.16	5.49	2.22	3.41	0.89	5.62	4.06
	IDD'gc	1.12%	7.88%	9.49%	10.26%	12.05%	11.21%	67.62%	3.65%	22.24%	4.19%	20.79%	2.54%
	IDD'si	0.00%	5.34%	^D	16.30%	35.27%	5.88%	^D	16.08%	5.33%	1.78%	10.07%	5.10%
1995	IDD50	0.02	0.11	0.46	0.13	0.96	0.46	1.23	0.15	0.94	0.95	1.06	0.20
	IDD100	0.08	0.24	1.01	0.28	1.96	1.18	2.31	0.35	2.09	1.37	3.04	0.52
	IDD500	1.00	1.25	4.50	0.59	4.75	4.65	3.16	1.45	5.08	1.77	4.43	2.85
	IDD'gc	0.31%	2.90%	4.54%	8.43%	6.05%	4.31%	31.47%	1.90%	7.23%	5.70%	6.64%	10.26%
	IDD'si	^D	14.18%	^D	6.31%	62.98%	8.11%	^D	92.25%	14.95%	2.88%	^D	4.82%
2000	IDD50	0.03	0.18	0.61	0.17	1.24	0.44	0.99	0.13	0.81	0.56	1.26	0.30
	IDD100	0.10	0.41	1.33	0.37	2.45	1.14	1.90	0.31	1.77	0.86	3.53	0.76
	IDD500	1.24	1.78	5.40	0.76	5.34	4.56	2.77	1.30	4.09	1.32	4.81	3.75
	IDD'gc	0.41%	2.69%	5.90%	7.89%	8.07%	4.22%	32.31%	1.81%	8.82%	3.41%	8.72%	9.22%
	IDD'si	^D	^D	27.10%	9.96%	51.44%	6.19%	^D	^D	5.85%	5.35%	35.77%	2.80%

IDD'gc: índice con respecto a los Gastos de Capital; IDD'si: índice con respecto al Superávit Inter-temporal; ^D: aumento del déficit

Un *IDD* mayor que 1.0 significa incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos, aun cuando aumente al máximo su deuda. A mayor *IDD* mayor es el déficit. Si existen restricciones para el endeudamiento adicional esta situación implicaría la imposibilidad de recuperarse. La Figuras 4.1.1 a 4.1.5 presentan el *IDD* de los países de 1980 a 2000 para 50, 100 y 500 años de período de retorno.

En general, la mayoría de los países han presentado a lo largo de los últimos dos decenios una alta incapacidad para afrontar sus pérdidas potenciales en caso de un evento extremo, incluso para eventos de períodos de retorno de 50 y 100 años. Aunque la situación para la mayoría de los países en los años 80 y principios de los 90 era más crítica (el *IDD* llegó a estar por encima de 6.0) la situación actual es preocupante dado el aumento de las pérdidas potenciales y la baja resiliencia económica de la mayoría de los países. En el 2000 todos los países presentan un *IDD* mayor que 1.0, excepto Costa Rica (CRI), siendo la situación más crítica la de Colombia (COL) y República Dominicana (DOM) que presentan un *IDD* mayor a 5.0. Los siguen de cerca Ecuador (ECU), Perú (PER), Chile (CHI) y Jamaica (JAM) con *IDD* mayor a 4.0.

**Figura 4.1.1 IDD en 1985 para 50, 100 y 500 años**



**Figura 4.1.1 IDD en 1985 para 50, 100 y 500 años**

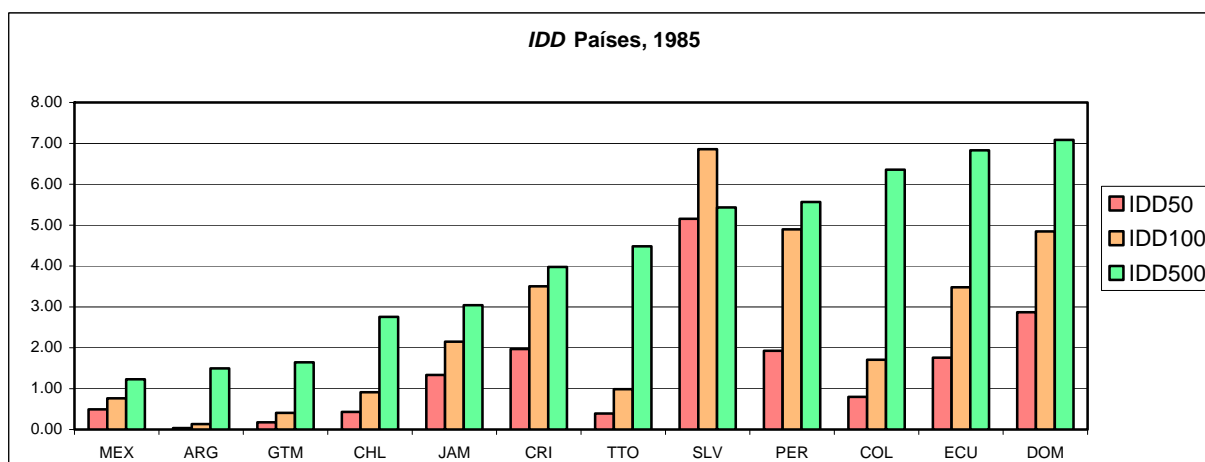


Figura 4.1.2 IDD en 1990 para 50, 100 y 500 años

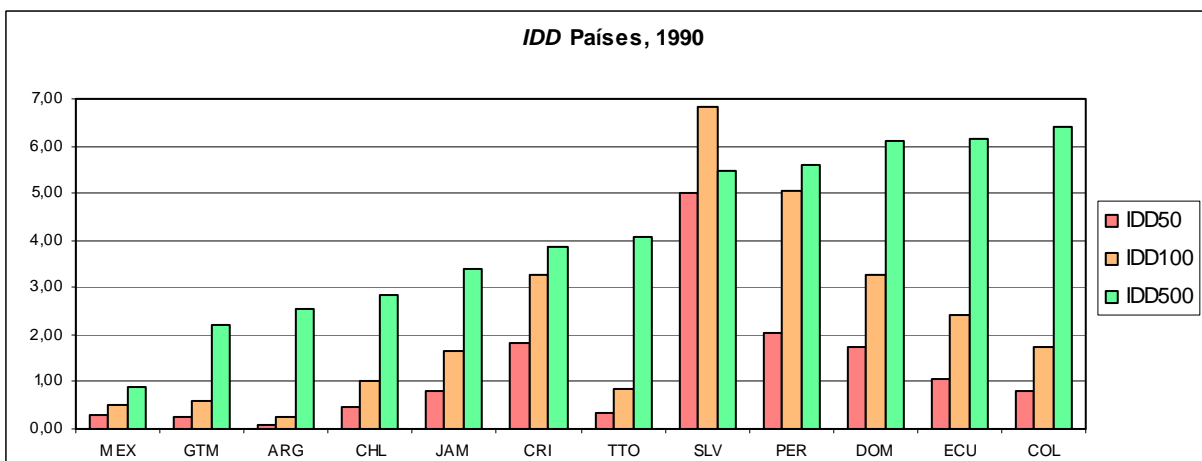


Figura 4.1.3 IDD en 1995 para 50, 100 y 500 años

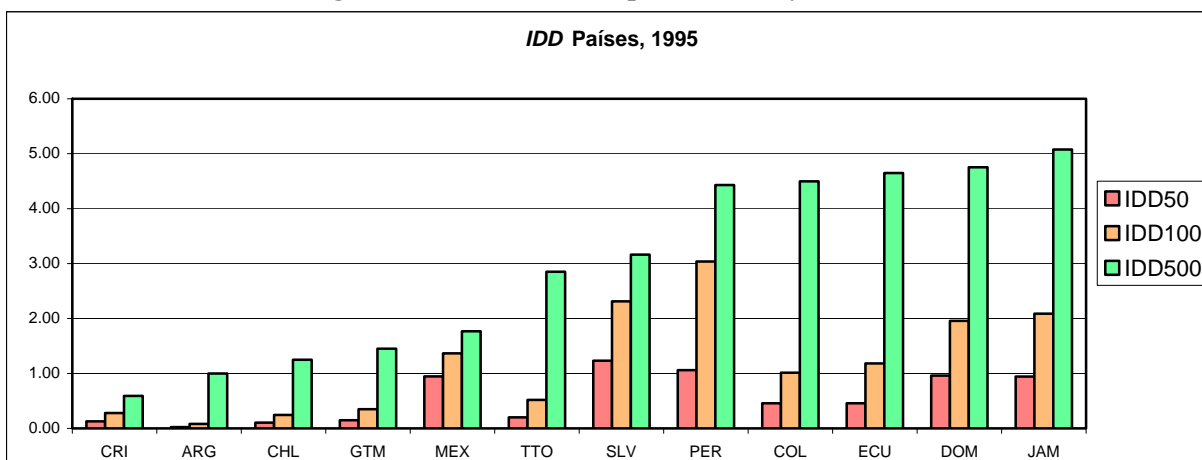
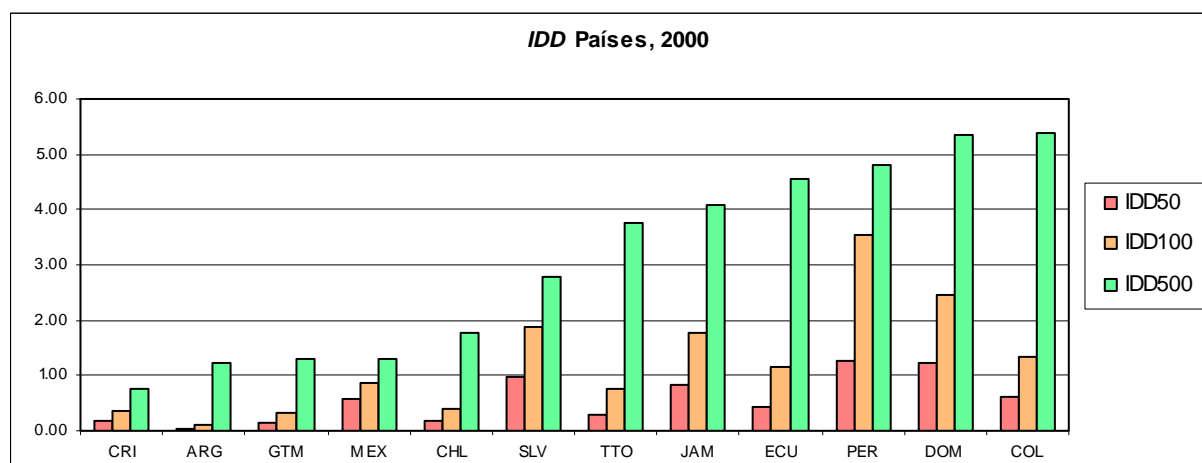


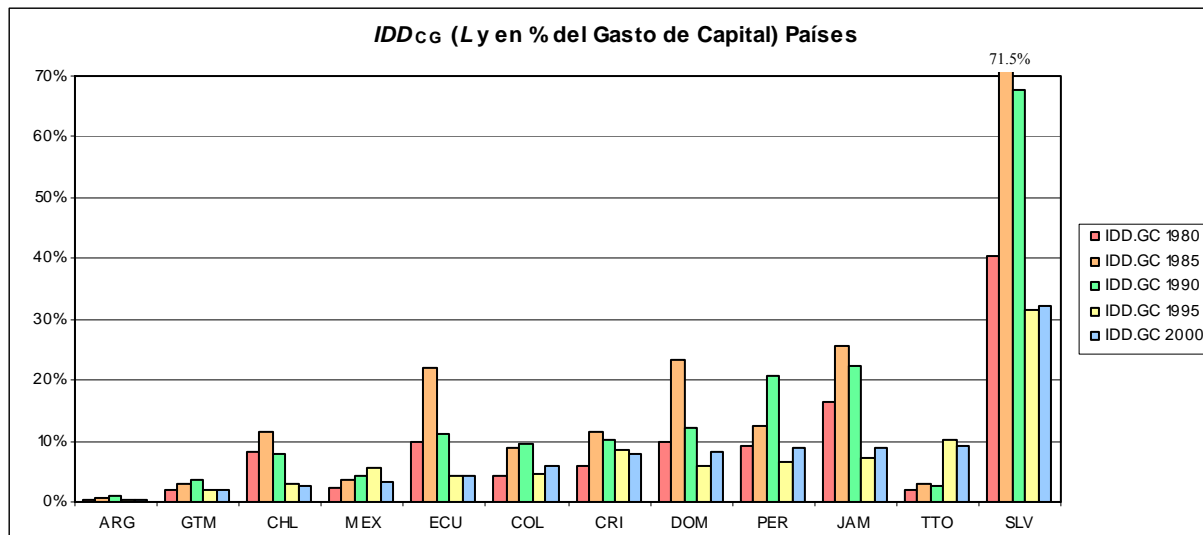
Figura 4.1.4 IDD en 2000 para 50, 100 y 500 años



De manera complementaria y para facilitar poner en contexto el *IDD* se ha propuesto un indicador colateral adicional *IDD'* que ilustra qué porción de los gastos de capital del país corresponde a la

pérdida anual esperada o prima pura de riesgo. Es decir qué porcentaje de la inversión sería el pago anual por desastres futuros. La tabla 4.1.1 también incluye los valores del *IDD'* en cada período y país. La Figura 4.1.6 presenta la evolución de este indicador en lo últimos veinte años.

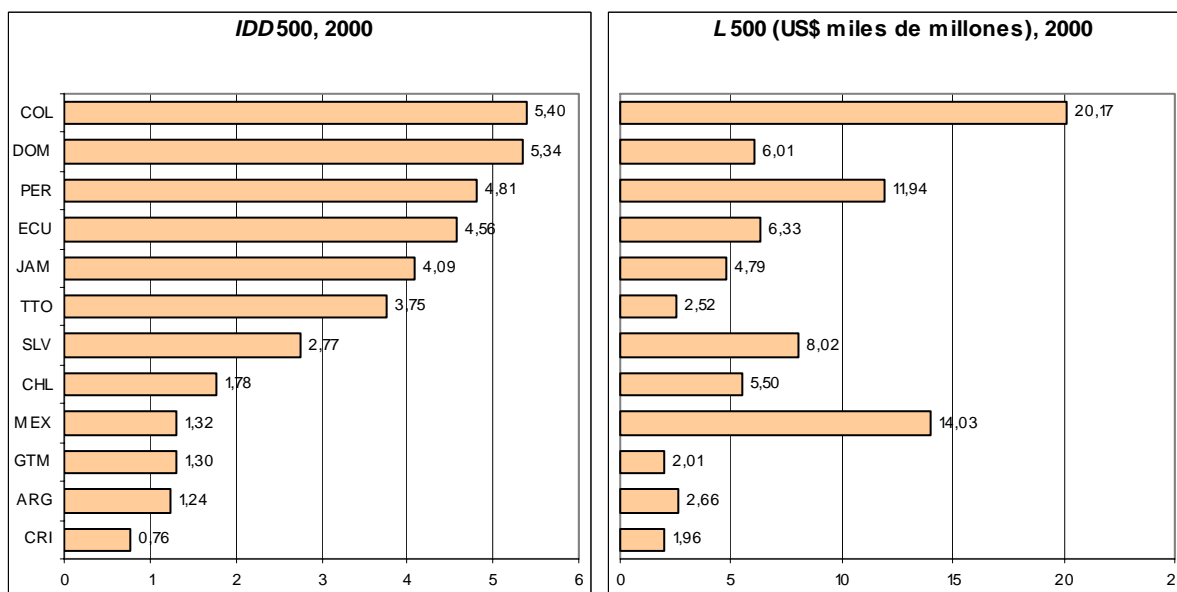
**Figura 4.1.5 *IDD'* con respecto el gasto de capital**



Aunque la situación para varios países fue más crítica en los años 80 y 90, un valor mayor del 30% sigue siendo un valor excesivo en el caso de El Salvador (SLV). Sólo cuatro países presentan un *IDD'* menor del 5%.

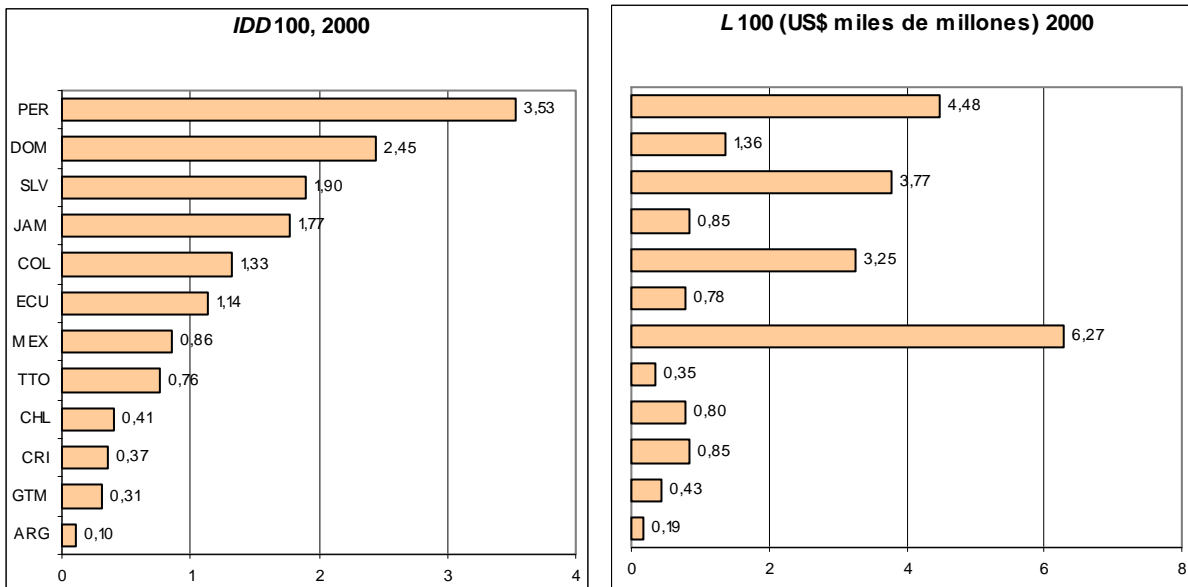
La figura 4.1.7, a la izquierda, presenta el *IDD* de los países en el año 2000 para el *EMC* de 500 años de período de retorno (probabilidad del 2% de ocurrencia en 10 años). A la derecha, se presenta la pérdida máxima *L* para el gobierno en ese mismo lapso.

**Figura 4.1.6 *IDD* y pérdida máxima probable en 500 años**



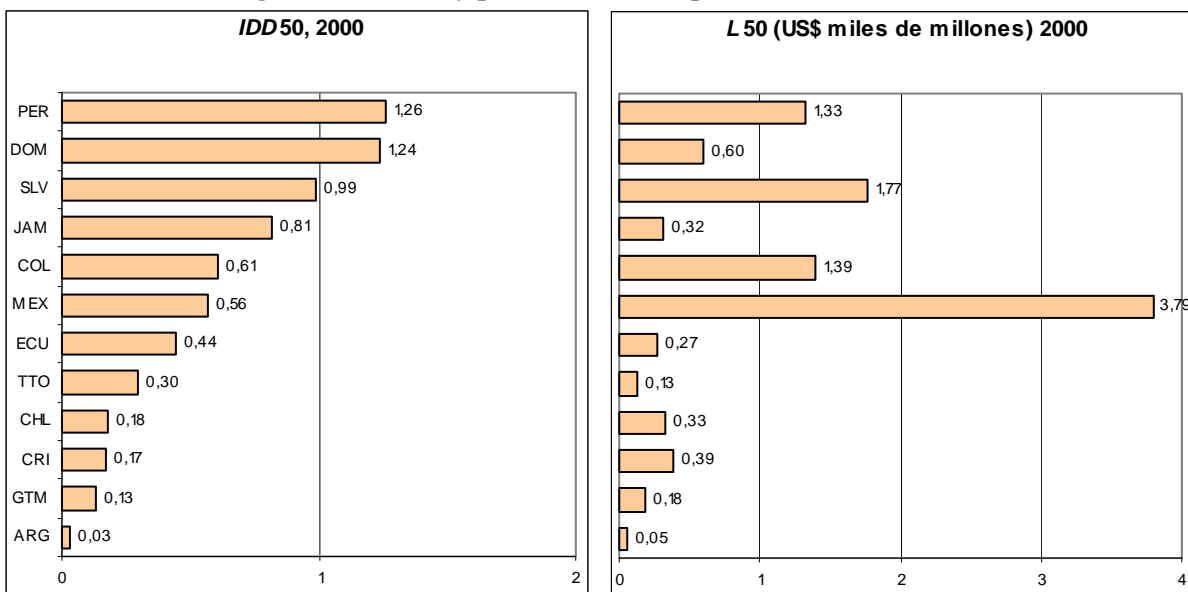
La responsabilidad del gobierno se cuantificó como la suma de las pérdidas de las edificaciones del sector público y sobre la vivienda de los estratos de menores ingresos de la población. Con excepción de Costa Rica, todos los países presentan un *IDD* mayor que 1.0, siendo la situación más crítica la de Colombia que presenta un *IDD* de 5.4 ante una pérdida de US\$ 20,2 millones de dólares.

**Figura 4.1.7 IDD y pérdida máxima probable en 100 años**



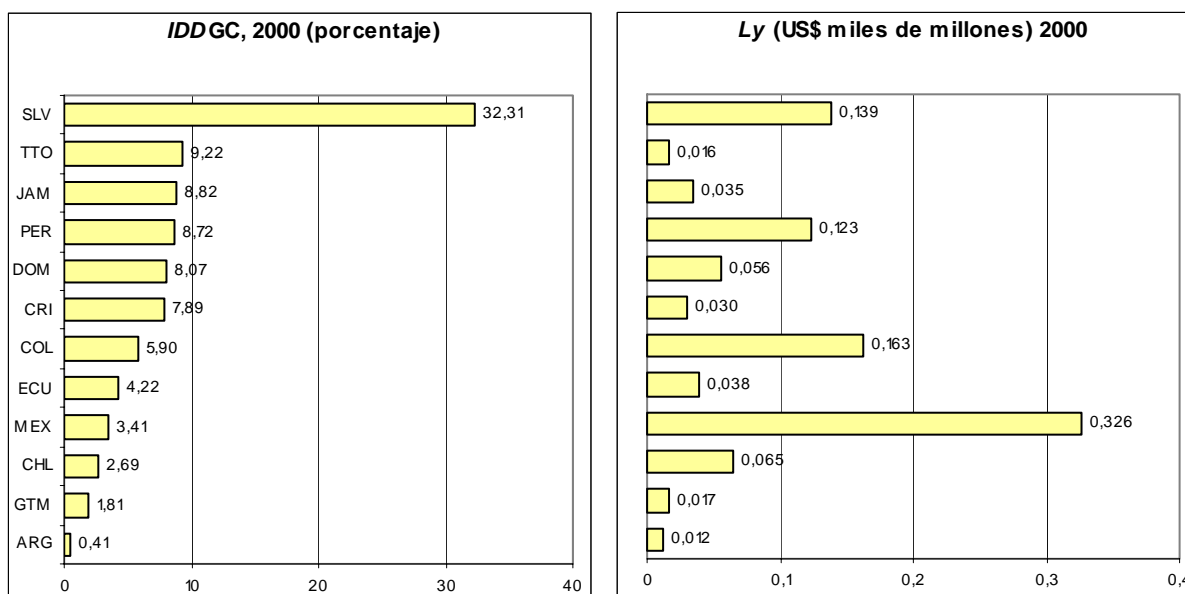
La figura 4.1.8 presenta el *IDD* y las pérdidas potenciales de los países para un evento de 100 años de período de retorno (probabilidad del 5% de ocurrencia en 10 años). En este caso la situación sigue siendo crítica para siete de los doce países analizados, en cuanto a poder acceder a recursos para la reconstrucción. Los otros cinco países presentan un *IDD* menor que 1.0 pero el impacto del desastre sería muy alto, en particular en el caso de México (MEX).

**Figura 4.1. 8 IDD y pérdida máxima probable en 50 años**



La figura 4.1.9 presenta el *IDD* y las pérdidas potenciales de los países para un evento de 50 años de período de retorno (probabilidad del 18% de ocurrencia en 10 años). La situación macroeconómica para cuatro países sigue siendo muy crítica de presentarse este evento de alta probabilidad de ocurrencia. Las pérdidas potenciales son significativamente altas aun cuando haya mayor resiliencia económica para enfrentarlas en ocho de los doce países.

**Figura 4.1.9 *IDD*' y pérdida anual esperada**



La figura 4.1.10, a la izquierda, presenta el *IDD*' de los países en el año 2000. A la derecha, se presenta el valor de la pérdida anual esperada *Ly* para el gobierno. El Salvador presenta el valor mayor del *IDD*' en relación con los gastos de capital. El pago anual de sus desastres futuros significaría el 32% de dichas inversiones. Le sigue Trinidad y Tobago (TTO) con el 9.22%. Sólo cuatro tendrían valores de pérdida anual por debajo del 5% de su presupuesto de inversión (gastos de capital de activos fijos).

#### 4.1.1 Estimación de las pérdidas probables

Las pérdidas potenciales (numerador del *IDD*) se calcularon mediante un modelo que tiene en cuenta, por una parte, diferentes amenazas, -que se calculan en forma probabilística de acuerdo con el registro histórico de las intensidades de los fenómenos que las caracterizan- y, por otra parte, la vulnerabilidad física actual que presentan los elementos expuestos ante dichos fenómenos. Este modelo prospectivo y analítico no utiliza el registro de pérdidas (muertos o afectados) de desastres históricos sino de las intensidades de los fenómenos. Desde el punto de vista actuarial se debe evitar hacer estimaciones de riesgo en forma inductiva, con base en la estadística de daños previos y en cortos períodos de tiempo. La modelación adecuada debe ser deductiva, tanto para evaluar la potencial ocurrencia de eventos de grandes consecuencias y baja probabilidad como del grado de vulnerabilidad que presentan en el momento los elementos expuestos. Detalles de los fundamentos técnicos de los modelos utilizados se encuentran en la sección anterior de este documento y en la metodología (Cardona *et al.* 2004b). La Tabla 4.1.2 presenta todos los valores

de pérdidas probables para cada período de retorno y la Tabla 4.1.3 de la pérdida anual esperada para los países analizados entre 1980 y 2000.

**Tabla 4.1.2 Resumen de valores de pérdidas probables (US\$ millones)**

PAIS	SECTOR	L50					L100					L500				
		1980	1985	1990	1995	2000	1980	1985	1990	1995	2000	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	TO	211	234	266	319	401	508	565	640	769	966	3926	4371	4954	5954	7486
	GO	1	1	1	1	2	3	4	4	5	6	96	107	121	146	184
	PO	25	28	32	39	49	94	105	119	143	180	1292	1442	1634	1968	2478
CHL	TO	1169	1107	1043	1127	1249	2984	2827	2662	2878	3188	23199	21951	20652	22329	24734
	GO	62	58	55	59	66	194	184	173	187	208	2344	2218	2088	2257	2500
	PO	251	238	224	242	268	555	526	495	535	592	2817	2665	2507	2711	3004
COL	TO	1715	2242	2785	3962	4619	3745	4898	6083	8654	10090	19537	25550	31731	45143	52632
	GO	429	561	697	991	1155	901	1178	1463	2081	2426	3982	5208	6467	9201	10728
	PO	88	115	143	203	237	307	402	499	710	827	3504	4582	5691	8096	9439
CRI	TO	361	381	424	464	734	778	821	915	999	1581	3155	3327	3707	4050	6408
	GO	86	90	101	110	174	163	172	192	210	332	578	609	679	742	1174
	PO	105	111	123	135	213	256	270	301	329	520	388	410	456	499	789
DOM	TO	705	804	917	1047	1194	1488	1698	1937	2210	2521	7731	8820	10061	11478	13094
	GO	186	212	242	276	315	346	395	450	514	586	1504	1716	1958	2233	2548
	PO	167	190	217	248	283	458	522	596	680	775	2043	2331	2659	3033	3460
ECU	TO	622	673	699	785	882	1536	1659	1722	1928	2165	10502	11303	11720	13037	14600
	GO	69	75	78	88	99	149	162	169	190	214	823	894	934	1047	1180
	PO	122	132	136	153	171	406	438	453	508	569	3690	3975	4120	4598	5151
SLV	TO	1862	2202	2497	2906	3279	3790	4484	5087	5923	6685	13170	15672	17847	20860	23642
	GO	433	512	581	676	762	772	914	1037	1207	1362	2401	2857	3253	3802	4309
	PO	573	677	768	894	1008	1367	1617	1835	2136	2411	2068	2460	2802	3275	3711
GTM	TO	151	176	227	295	312	335	391	502	653	692	1665	1942	2497	3247	3440
	GO	37	43	55	71	75	69	80	103	134	142	284	331	426	554	587
	PO	50	59	76	98	104	140	163	210	273	289	688	803	1032	1342	1422
JAM	TO	573	595	619	644	676	1393	1447	1505	1565	1643	7758	8059	8381	8716	9156
	GO	166	172	179	186	195	353	367	381	397	416	1470	1527	1588	1651	1735
	PO	102	106	110	115	120	364	378	393	409	429	2586	2686	2794	2905	3052
MEX	TO	7366	8067	8824	9567	10291	15409	16859	18424	19918	21382	64215	70022	76264	81305	86623
	GO	1300	1425	1559	1692	1823	2575	2819	3084	3345	3599	8209	8958	9765	10439	11140
	PO	1342	1479	1628	1808	1972	1821	2006	2208	2452	2674	1988	2189	2407	2660	2894
PER	TO	1212	899	1322	1688	1769	4109	3048	4482	5722	5995	20539	15237	22403	28601	29967
	GO	21	15	23	29	30	82	61	90	115	120	1165	865	1271	1623	1700
	PO	890	660	971	1240	1299	2987	2216	3259	4160	4359	7017	5206	7654	9772	10238
TTO	TO	269	272	276	281	287	654	660	669	682	698	4342	4380	4436	4513	4617
	GO	80	81	82	83	85	172	174	176	179	184	825	833	843	858	878
	PO	43	43	44	45	46	156	157	160	162	166	1546	1559	1579	1607	1644

TO: Totales; GO: Sector Gobierno; PO: Estratos Pobres

**Tabla 4.1.3 Valores de la pérdida anual esperada (US\$ millones)**

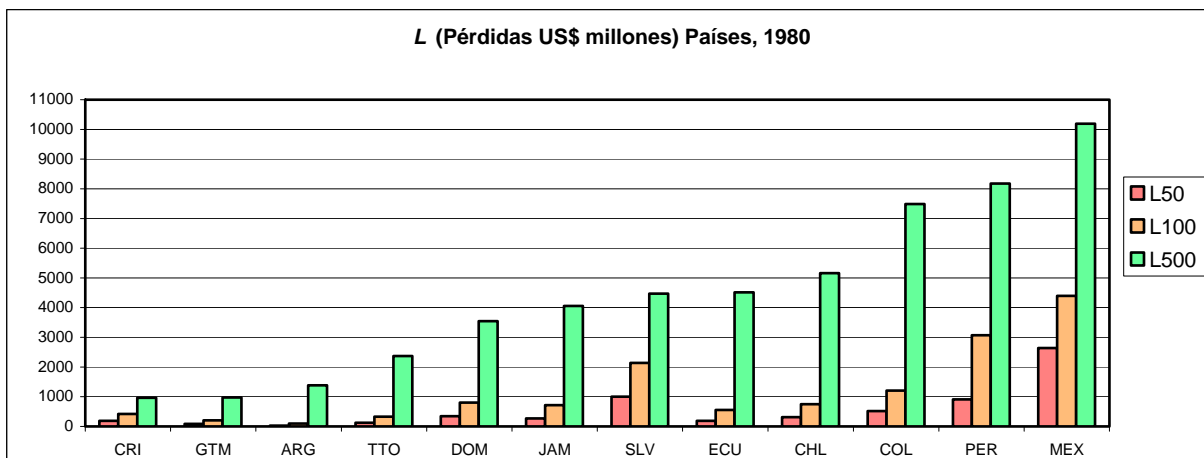
		Ly				
PAIS	SECTOR	1980	1985	1990	1995	2000
ARG	TO	37.0	41.2	46.7	56.2	70.6
	GO	1.4	1.6	1.8	2.1	2.7
	PO	4.7	5.3	6.0	7.2	9.0
CHL	TO	267.7	253.3	238.3	257.7	285.5
	GO	27.3	25.8	24.3	26.3	29.1
	PO	33.9	32.0	30.1	32.6	36.1
COL	TO	207.8	271.8	337.5	480.2	559.8
	GO	44.3	57.9	71.9	102.3	119.3
	PO	16.3	21.3	26.4	37.6	43.8
CRI	TO	33.9	35.7	39.8	43.5	68.8
	GO	7.2	7.6	8.5	9.3	14.7
	PO	7.4	7.8	8.7	9.5	15.0
DOM	TO	80.8	92.2	105.1	119.9	136.8
	GO	18.1	20.6	23.6	26.9	30.7
	PO	15.1	17.3	19.7	22.5	25.6
ECU	TO	91.9	99.1	102.9	114.8	128.8
	GO	9.5	10.3	10.7	12.0	13.5
	PO	17.9	19.3	20.0	22.3	24.9
SLV	TO	173.7	205.7	233.4	271.9	307.0
	GO	37.2	44.1	50.0	58.2	65.7
	PO	41.3	48.8	55.4	64.5	72.8
GTM	TO	17.3	20.1	25.9	33.7	35.7
	GO	3.6	4.2	5.4	7.0	7.4
	PO	4.7	5.5	7.0	9.1	9.7
JAM	TO	75.8	78.8	81.9	85.2	89.5
	GO	17.0	17.7	18.4	19.1	20.1
	PO	12.4	12.9	13.4	13.9	14.6
MEX	TO	801.1	875.5	956.0	1026.9	1099.0
	GO	125.0	136.8	149.4	161.0	172.6
	PO	104.7	115.4	127.1	141.1	153.8
PER	TO	187.1	138.8	204.1	260.6	273.1
	GO	10.0	7.4	10.9	13.9	14.5
	PO	74.7	55.4	81.4	104.0	108.9
TTO	TO	40.0	40.3	40.9	41.6	42.6
	GO	8.9	9.0	9.1	9.2	9.5
	PO	6.1	6.2	6.2	6.3	6.5

TO: Totales; GO: Sector Gobierno; PO: Estratos Pobres



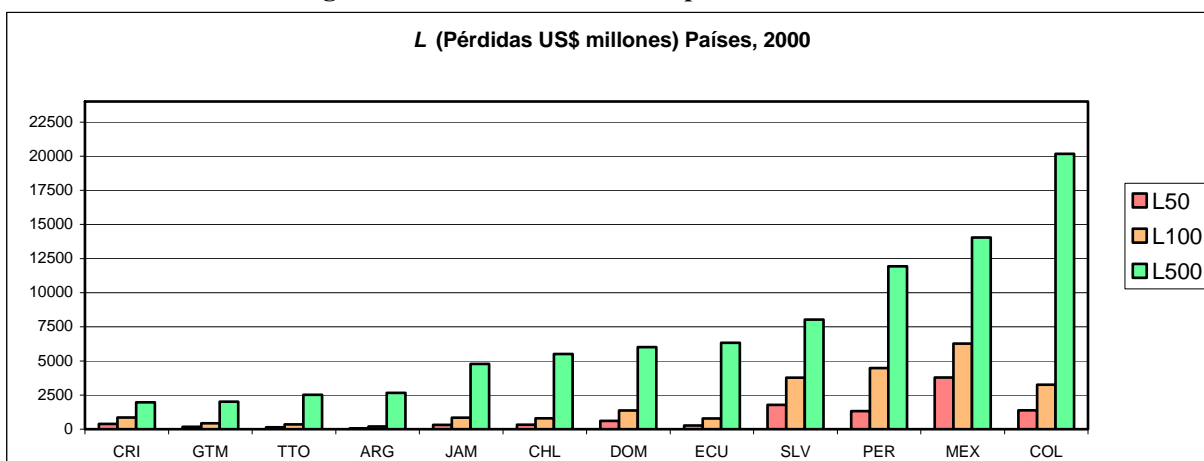
Las Figuras 4.1.11 y 4.1.12 presentan las pérdidas máximas probables para períodos de retorno de 50, 100 y 500 años, calculadas en 1980 y 2000. Estas evaluaciones se realizaron cada cinco años. Observando las figuras se puede notar que hay un aumento de dichas pérdidas en el tiempo por el crecimiento del stock de capital y de la vulnerabilidad física (Ordaz and Yamín 2003).

**Figura 4.1.11 Pérdida máxima probable en 1980**



El cálculo de las pérdidas se realizó para eventos extremos que causarían la correlación de pérdidas en forma simultánea y de acuerdo con las amenazas que en cada país se consideraron podrían causar el *EMC*. En consecuencia se estudió el caso de huracán en países como México, Guatemala (GTM), Jamaica, Trinidad y Tobago y República Dominicana. Esta modelación incluyó el viento y la marea de tormenta. En el caso de erupciones volcánicas se confirmó que causarían pérdidas relativamente puntuales en países como Ecuador, Colombia y los países de Centro América. Las inundaciones son importantes en Argentina (ARG) y Perú, sin embargo el sismo fue el fenómeno que dominó el *EMC* en todos los países y para los tres períodos de retorno considerados.

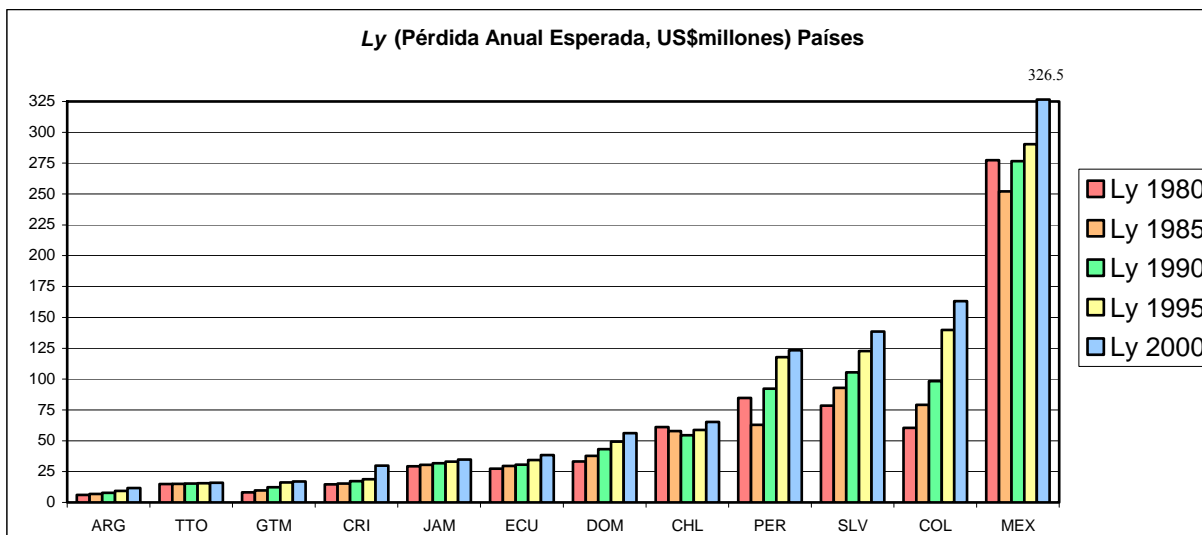
**Figura 4.1.12 Pérdida máxima probable en el 2000**



Un valor de especial utilidad en la evaluación del riesgo es la pérdida anual esperada,  $L_y^P$ , que se define como el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera. También se le conoce como la prima pura o prima técnica. Este valor es equivalente a la inversión o ahorro prome-

dio anual que tendría que hacer el país para cubrir aproximadamente sus pérdidas por desastres extremos futuros. La figura 4.1.13 presenta la evolución en los últimos 20 años de este valor para cada gobierno en millones de dólares. En el documento de la metodología (Cardona *et al.* 2004a) se describe con detalle la manera de estimar la pérdida anual esperada.

**Figura 4.1.11 Prima técnica estimada cada cinco años entre 1980 y 2000**



#### 4.1.2 Posibles fondos a los que se podría acceder

En esta evaluación (denominador del *IDD*) se han tenido en cuenta: el *pago de seguros y reaseguros* que aproximadamente recibiría el país por los bienes y la infraestructura asegurada del gobierno ( $F_1^P$ ); las *reservas disponibles en fondos para desastres* con los que cuenta el país en el año de la evaluación ( $F_2^P$ ); los valores que puede recibirse como *ayudas y donaciones*, tanto públicas como privadas, nacionales como internacionales ( $F_3^P$ ); el valor posible de *nuevos impuestos* que el país podría recaudar adicionalmente en caso de un desastre mayor ( $F_4^P$ ); la estimación del *margen de reasignación presupuestal* que tiene el país, que usualmente corresponde al margen de gastos discrecionales del gobierno ( $F_5^P$ ); el valor factible de *crédito externo* que puede obtener el país con los organismos multilaterales y en el mercado de capitales en el exterior ( $F_6^P$ ); y el *crédito interno* que puede obtener el país con los bancos comerciales y en algunos casos con el banco central, cuando es legal obtener préstamos del mismo ( $F_7^P$ ). La tabla 4.1.3 presenta los valores de los fondos factibles de acceder en cada período por parte del gobierno.

En el caso de los seguros se evaluó la participación del sector ‘No vida’ en el PIB y esta proporción de la pérdida se consideró como la que sería cubierta por las compañías aseguradoras. Los fondos para desastres se obtuvieron de las reservas que con ese objetivo cada gobierno reportó de su presupuesto nacional en cada período. Pocos países cuentan con este tipo de reservas. El valor de las posibles donaciones en efectivo se estimó como el cinco por ciento de la pérdida total (Freeman *et al.* 2002a), valor que se considera muy conservativo.

**Tabla 4.1.3 Fondos factibles de acceder por parte del gobierno (US\$ millones)**

Año	Fondos	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	TTO
1980	F1p.50	0.37	28.55	6.11	1.57	2.87	2.58	23.73	0.95	4.07	30.35	5.28	0.68
	F1p.100	1.39	60.81	14.28	3.46	6.53	7.50	50.48	2.27	10.90	50.49	17.80	1.82
	F1p.500	19.86	208.09	88.49	7.97	28.82	61.02	105.45	10.60	61.68	117.15	47.46	13.18
	F2p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.50	0.00	13.97	0.00	0.00
	F3p.50	10.54	390.61	42.87	18.06	35.25	31.09	93.10	7.56	28.65	368.32	60.61	13.46
	F3p.100	25.38	791.98	93.63	38.92	74.42	76.80	189.48	16.74	69.64	770.43	205.43	32.69
	F3p.500	196.29	3092.66	488.42	157.74	386.56	525.11	658.51	83.25	387.88	3210.76	1026.95	217.11
	F4p	0.00	0.00	229.85	0.00	0.00	0.00	24.30	276.81	0.00	0.00	0.00	0.00
	F5p	1213.84	445.53	826.12	149.82	205.62	166.16	116.91	254.24	107.20	5869.63	546.29	451.60
	F6p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F7p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	RE.50	1224.75	864.69	1104.95	169.45	243.73	199.83	258.04	590.06	139.92	6282.26	612.17	465.74
	RE.100	1240.61	1298.32	1163.88	192.20	286.57	250.46	381.18	600.57	187.74	6704.52	769.52	486.12
	RE.500	1429.98	3746.29	1632.88	315.53	620.99	752.28	905.18	675.40	556.76	9211.50	1620.69	681.90
1985	F1p.50	0.42	26.32	8.11	1.68	3.32	2.83	21.52	2.06	56.75	33.85	2.84	0.70
	F1p.100	1.58	56.06	18.95	3.70	7.56	8.23	45.81	4.94	151.97	56.27	9.56	1.87
	F1p.500	22.48	192.00	117.45	8.53	33.37	66.83	96.24	23.02	859.90	129.99	25.50	13.50
	F2p	0.00	0.00	5.38	0.00	0.00	0.00	0.00	33.67	0.00	187.19	0.00	0.00
	F3p.50	11.72	369.30	56.06	19.04	40.21	33.65	110.10	8.82	29.76	403.36	44.96	13.59
	F3p.100	28.25	748.70	122.45	41.04	84.90	82.96	224.21	19.53	72.35	842.94	152.41	33.01
	F3p.500	218.55	2923.22	638.74	166.34	440.98	565.14	783.60	97.12	402.94	3501.11	761.87	219.00
	F4p	0.00	0.00	240.14	0.00	0.00	0.00	21.18	341.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	F5p	795.34	299.41	537.99	81.51	96.85	81.04	77.94	194.92	71.47	4138.75	303.11	301.07
	F6p	0.00	164.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.20	553.42	0.00	0.00
	F7p	0.00	164.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.20	553.42	0.00	0.00
	RE.50	807.49	1024.75	847.68	102.23	140.38	117.52	230.74	581.03	208.38	5869.99	350.91	315.36
	RE.100	825.17	1433.88	924.91	126.25	189.31	172.23	369.14	594.62	346.20	6331.98	465.08	335.94
	RE.500	1036.37	3744.34	1539.71	256.38	571.19	713.01	978.96	690.29	1384.72	9063.87	1090.47	533.56

Año	Fondos	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	TTO
1990	F1p.50	0.49	28.67	10.22	1.90	3.84	2.99	18.88	1.62	37.57	37.71	5.17	0.72
	F1p.100	1.81	61.03	23.89	4.19	8.75	8.67	40.20	3.88	100.62	62.63	17.41	1.92
	F1p.500	25.86	209.20	148.06	9.64	38.64	70.40	84.77	18.08	569.36	144.06	46.41	13.88
	F2p	0.00	112.09	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	40.40	0.00	4.25	0.00	0.00
	F3p.50	13.29	347.22	69.62	21.22	45.87	34.95	124.86	11.33	30.95	441.21	66.11	13.78
	F3p.100	32.02	703.87	152.07	45.74	96.85	86.10	254.37	25.11	75.23	921.18	224.08	33.46
	F3p.500	247.71	2747.95	793.28	185.37	503.06	586.01	892.36	124.84	419.05	3813.21	1120.14	221.80
	F4p	0.00	0.00	329.26	0.00	0.00	0.00	32.69	268.78	0.00	0.00	155.13	0.00
	F5p	415.29	414.09	621.40	100.55	215.29	164.35	93.53	203.39	85.76	3957.15	266.40	361.28
	F6p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	105.62	2889.81	0.00	0.00
	F7p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	105.62	2889.81	0.00	0.00
	RE.50	429.06	902.06	1036.11	123.68	265.00	202.28	269.97	525.53	365.52	10219.93	492.81	375.78
	RE.100	449.12	1291.08	1132.22	150.48	320.89	259.11	420.79	541.56	472.86	10724.82	663.02	396.66
RE.500	688.86	3483.33	1897.60	295.57	756.98	820.76	1103.35	655.49	1285.41	13698.29	1588.09	596.96	
1995	F1p.50	0.60	35.79	14.83	2.12	4.47	3.42	19.15	1.85	12.38	42.26	3.68	0.75
	F1p.100	2.23	76.21	34.66	4.66	10.19	9.90	40.78	4.43	33.15	69.98	12.40	2.00
	F1p.500	31.76	261.93	214.85	10.75	44.96	80.21	86.34	20.66	187.54	158.13	33.04	14.40
	F2p	0.00	275.97	17.50	158.93	0.00	0.00	0.00	101.00	0.00	0.00	43.44	0.00
	F3p.50	15.95	375.64	99.05	23.18	52.33	39.24	145.31	14.74	32.19	478.37	84.40	14.03
	F3p.100	38.45	761.60	216.35	49.96	110.49	96.41	296.14	32.65	78.25	995.92	286.08	34.08
	F3p.500	297.72	2977.94	1128.58	202.49	573.89	651.83	1042.99	162.33	435.78	4065.25	1430.07	225.67
	F4p	0.00	0.00	636.63	1423.90	0.00	4.97	874.60	514.93	0.00	0.00	0.00	0.00
	F5p	1788.70	1218.63	1847.72	133.77	488.89	477.54	233.96	508.49	274.30	3180.04	1064.71	91.19
	F6p	0.00	652.16	0.00	82.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	266.46
	F7p	0.00	652.16	0.00	82.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	266.46
	RE.50	1805.25	3210.35	2615.73	1905.92	545.69	525.16	1273.01	1141.01	318.86	3700.67	1196.23	638.89
	RE.100	1829.38	3636.73	2752.86	1935.25	609.56	588.82	1445.48	1161.50	385.69	4245.94	1406.63	660.18
RE.500	2118.18	6038.78	3845.28	2093.85	1107.74	1214.55	2237.88	1307.42	897.62	7403.42	2571.27	864.18	
2000	F1p.50	0.77	32.71	17.69	3.43	5.22	3.93	25.85	1.87	25.27	46.86	2.66	0.78
	F1p.100	2.87	69.64	41.34	7.55	11.89	11.38	55.08	4.48	67.67	77.47	8.96	2.09
	F1p.500	40.93	239.79	256.26	17.40	52.46	92.02	117.10	20.89	383.19	173.32	23.88	15.07
	F2p	0.00	343.83	4.77	165.47	0.00	0.00	0.00	111.10	0.00	421.11	110.61	0.00
	F3p.50	20.04	416.27	115.48	36.68	59.69	44.10	163.94	15.62	33.79	514.54	88.43	14.37
	F3p.100	48.31	844.05	252.24	79.06	126.04	108.25	334.25	34.59	82.14	1069.10	299.74	34.88
	F3p.500	374.30	3303.69	1315.80	320.42	654.69	729.99	1182.10	172.02	457.82	4331.13	1498.36	230.83
	F4p	0.00	0.00	496.66	1854.38	0.00	18.62	1343.99	671.53	0.00	0.00	0.00	0.00
	F5p	1735.21	1453.84	1659.12	226.07	418.50	546.38	257.26	564.71	236.06	5736.41	850.04	103.80
	F6p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.25	0.00	0.00	161.09
	F7p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.25	0.00	0.00	161.09
	RE.50	1756.02	2246.65	2293.73	2286.03	483.41	613.03	1791.04	1364.83	387.62	6718.91	1051.73	441.14
	RE.100	1786.39	2711.37	2454.13	2332.53	556.43	684.63	1990.57	1386.41	478.38	7304.08	1269.34	462.97
RE.500	2150.44	5341.15	3732.61	2583.73	1125.65	1387.01	2900.45	1540.25	1169.57	10661.96	2482.88	671.89	

El valor factible de nuevos impuestos se obtuvo mediante un procedimiento específico descrito en la metodología. Pocos países consideraron factible cobrar nuevos impuestos en caso de desastre y por el contrario se planteó que muchos casos habría más bien que reducirlos. El margen de reasignación presupuestal se valoró como el sesenta por ciento de los gastos de capital o activos fijos del gobierno en el año en que se realizó la valoración.

Uno de los aspectos que impidieron utilizar el indicador de endeudamiento externo sostenible originalmente propuesto en la metodología (Cardona *et al.* 2004a) fue su alta sensibilidad a cambios erráticos de la tasa de cambio real y la tasa de interés real. En efecto, durante la década de lo ochenta los países de América Latina sufrieron grandes choques exógenos que generaron una gran inestabilidad macroeconómica, adicionalmente a ello se sumó la crisis de la deuda externa y las hiperinflaciones. En este contexto, las tasas de interés real fueron negativas y los tipos de cambio sufrieron una gran volatilidad. Como los indicadores son aproximaciones válidas cuando dichas variables presentan variaciones “normales”, los resultados no fueron confiables.

Del mismo modo, el indicador de crédito monetario interno originalmente propuesto en la metodología no se pudo usar, pues para el mismo período se implementaron cambios institucionales que invalidaban cualquier supuesto razonable sobre el acceso de recursos de endeudamiento interno. Sobre el particular, vale la pena mencionar la independencia de los Bancos Centrales, lo que impide que el gobierno acceda a crédito monetario directo.

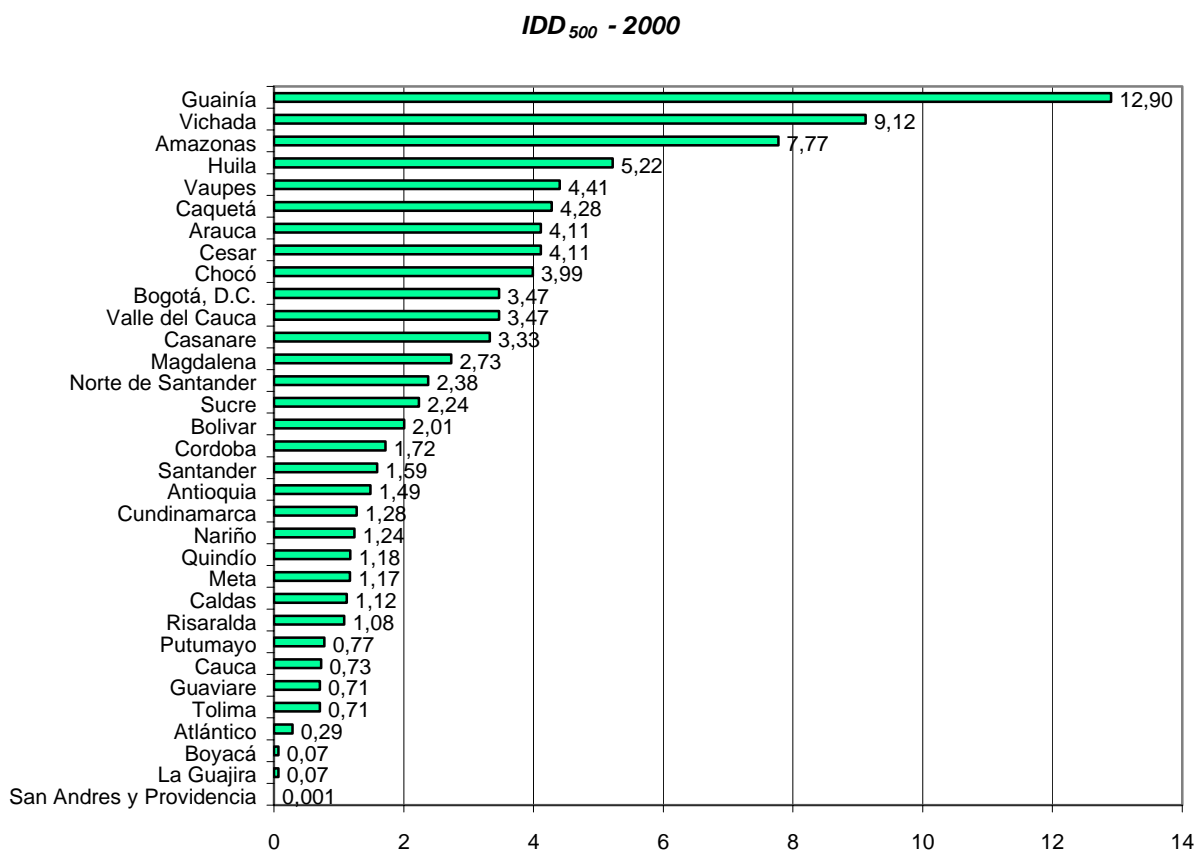
Los métodos que originalmente se plantearon para estimar la posibilidad de crédito externo e interno son adecuados sólo cuando las condiciones macroeconómicas son relativamente estables. Por lo anterior, se optó por utilizar un nuevo indicador que se conoce como la frontera de sostenibilidad. Si un país se encuentra por fuera de dicha frontera no le sería factible obtener un nuevo crédito. Estas evaluaciones se realizaron bajo la hipótesis de situación presente, aun cuando en realidad fueron análisis en retrospectiva (en los años 80 y 90). La mayoría de los países quedó por fuera de la frontera de sostenibilidad de la deuda en todos los períodos analizados.

#### **4.1.3 Evaluación a nivel subnacional**

El *IDD* se puede estimar al interior de un país para unidades subnacionales tales como estados, departamentos o provincias. Barbat y Carreño (2004b) y Carreño *et al.* (2005) presentan los resultados en forma detallada de dicha aplicación para Colombia, como ejemplo demostrativo en el marco del presente estudio. Para estimar el *IDD* se estimó la pérdida causada por el *EMC* de cada departamento y la resiliencia económica se obtuvo con base en los recursos disponibles para prevención y atención de desastres y reasignación del presupuesto de inversión de cada departamento.

La figura 4.1.14 presenta el *IDD* obtenido en el año 2000 para el *EMC* de 500 años de período de retorno en los 32 departamentos de Colombia. Este ejemplo de evaluación del *IDD* se realizó teniendo en cuenta sólo la resiliencia económica de cada departamento, sin la participación del gobierno nacional.

**Figura 4.1.14 IDD500 para los departamentos de Colombia en el 2000**



## 4.2 Índice de desastres locales (IDL)

Mediante un tratamiento numérico especial de agregación, que se explicó en la sección anterior se estimaron los *IDLs* para cada país teniendo en cuenta las cifras de muertos (K), afectados (A) y pérdidas económicas (L) por cuatro tipos o grupos de eventos. El *IDL* total es la suma de estos subíndices individuales. Cada subíndice capta la incidencia y la uniformidad de la distribución de efectos a nivel local, da cuenta del peso relativo de los efectos causados por los diferentes eventos en cada municipio y refleja la persistencia de los efectos sobre los medios de sustento y el desarrollo local.

El valor de los subíndices de desastres locales, *IDL (K,A,L)*, aumenta si existe una distribución uniforme de la variable (efectos) entre los municipios y los diferentes tipos de evento. Así, los valores más bajos significan que hay alta disparidad y que la variable está concentrada. El valor máximo del subíndice es 100, lo que significa que la variable es similar para todos los tipos de evento y que su distribución es similar entre los municipios.

La tabla 4.2.1 presenta los valores acumulados de muertos, afectados y pérdidas en miles de dólares en cada período y para cada uno de los países. También se presentan los valores de los índices a los que se hace referencia más adelante.

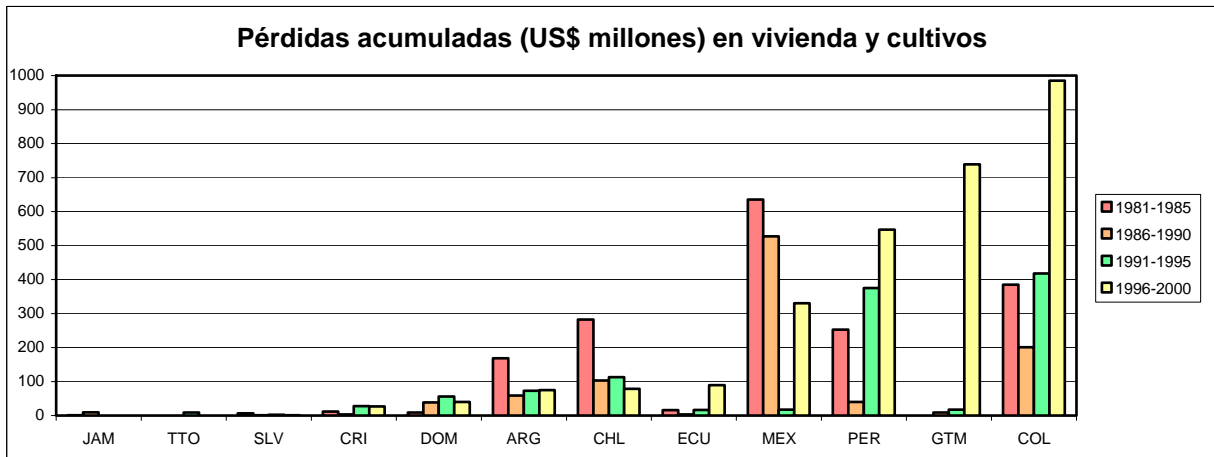
**Tabla 4.2.1 Valores acumulados e índices para cada periodo y país**

Periodo	Unidad	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	TTO
1981-1985	Fallecidos	562	627	25,390	42	105	723	674	Sin dato	29	5,416	1,502	27
	Afectados	294,926	278,698	1,876,213	4,495	23,350	8,654	62,122	Sin dato	60,086	588,540	775,745	62
	Pérdidas	168,808	282,336	384,976	11,692	8,347	15,393	6,123	Sin dato	394	635,557	252,398	17
	IDLk	64.7	14.4	14.1	48.2	41.5	68.6	49.1	--	17.1	17.3	55.0	8.7
	IDLA	7.0	59.0	4.1	67.4	5.0	3.4	56.6	--	6.5	72.3	20.3	18.1
	IDLL	6.9	59.7	8.0	40.3	45.3	11.4	72.4	--	39.4	59.5	0.6	87.4
	IDL	78.7	133.1	26.1	155.8	91.8	83.4	178.0	--	63.0	149.1	75.9	114.3
	IDL'	0.89	0.92	0.97	0.92	0.83	0.92	0.84	--	0.78	0.94	0.92	0.58
1986-1990	Fallecidos	343	663	1,864	101	89	806	57	372	48	1,333	1,513	4
	Afectados	1,637,503	481,594	1,300,795	8,907	90	185,761	9,923	380,041	194	2,042,818	464,013	2,951
	Pérdidas	58,868	102,974	200,832	3,266	38,222	3,255	731	8,576	9,527	527,271	39,667	41
	IDLk	63.9	1.2	60.1	10.4	40.9	32.4	24.6	49.6	40.7	47.0	29.5	24.0
	IDLA	31.5	53.8	8.4	38.9	0.0	66.5	11.3	3.4	0.9	6.9	54.4	0.0
	IDLL	8.1	65.9	13.0	21.1	57.6	87.0	61.9	33.7	0.2	1.0	56.5	2.1
	IDL	103.5	120.9	81.5	70.5	98.5	185.8	97.8	86.7	41.8	54.9	140.4	26.1
	IDL'	0.88	0.95	0.91	0.82	0.91	0.89	0.88	0.76	0.84	0.98	0.87	0.63
1991-1995	Fallecidos	325	620	1,626	138	418	888	118	507	23	520	1,794	7
	Afectados	2,252,716	510,088	1,676,522	75,949	123,665	15,381	55,935	47,852	2,301	95,272	655,272	154
	Pérdidas	72,816	113,017	417,849	27,655	55,712	16,535	2,715	17,049	293	17,594	374,515	8,523
	IDLk	40.5	5.9	81.7	80.2	49.4	67.0	43.8	11.4	66.6	28.5	27.0	0.0
	IDLA	0.9	26.2	9.2	74.4	11.0	23.7	66.2	34.2	81.7	48.3	31.7	61.5
	IDLL	1.7	63.9	15.9	48.8	33.0	65.9	37.4	89.7	57.3	33.7	41.8	0.0
	IDL	43.1	95.9	106.8	203.4	93.5	156.6	147.5	135.3	205.6	110.5	100.6	61.5
	IDL'	0.86	0.93	0.91	0.92	0.89	0.90	0.90	0.79	0.69	0.78	0.92	0.75
1996-2000	Fallecidos	418	344	2,540	116	101	1,048	126	604	18	1,826	1,980	3
	Afectados	6,867,980	321,079	4,573,352	44,223	1,663	61,845	53,055	1,078,718	2,114	573,801	1,229,281	2,972
	Pérdidas	74,783	78,366	985,085	26,756	40,340	89,654	598	738,919	80	329,937	546,818	232,875
	IDLk	66.7	2.5	90.5	65.2	42.9	82.1	33.0	74.3	19.3	58.1	46.3	0.0
	IDLA	60.7	43.6	13.0	12.0	77.9	34.7	42.2	83.9	24.9	2.3	24.4	0.3
	IDLL	50.4	59.2	40.6	14.6	38.8	20.1	75.3	41.1	11.1	32.5	4.0	20.2
	IDL	177.7	105.3	144.1	91.8	159.6	136.8	150.5	199.3	55.4	92.9	74.7	20.5
	IDL'	0.88	0.91	0.91	0.83	0.83	0.93	0.84	0.89	0.64	0.89	0.92	0.52

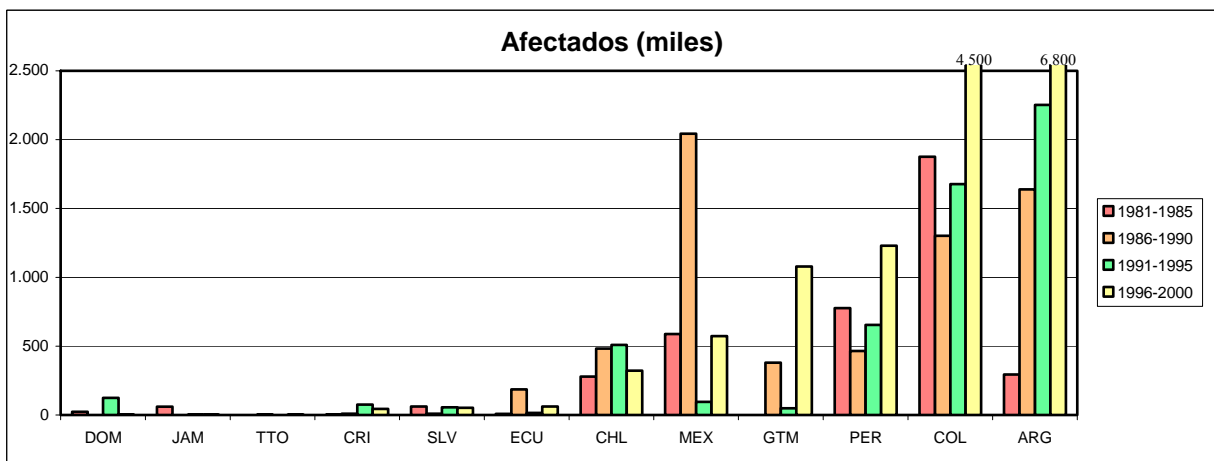
Pérdidas (US\$ 000)

Las figuras 4.2.1 a 4.2.3 ilustran la variación de los valores acumulados de las pérdidas, personas afectadas y del número de muertos en cada país desde 1980 hasta el 2000, de cinco en cinco años. No se incluyen en la figura 4.2.2 el total de afectados en Argentina y Colombia en el periodo de 1996-2000 que superan los 4.5 y los 6.8 millones de personas respectivamente. Igualmente, no se incluye en la figura 4.2.3 el total de muertos de Colombia y México en el periodo de 1980-1985, que superan los 25,000 y 5,000 respectivamente. Las figuras 4.2.4 a 4.2.6 ilustran los subíndices considerando en forma independiente las cifras de pérdidas, afectados y muertos.

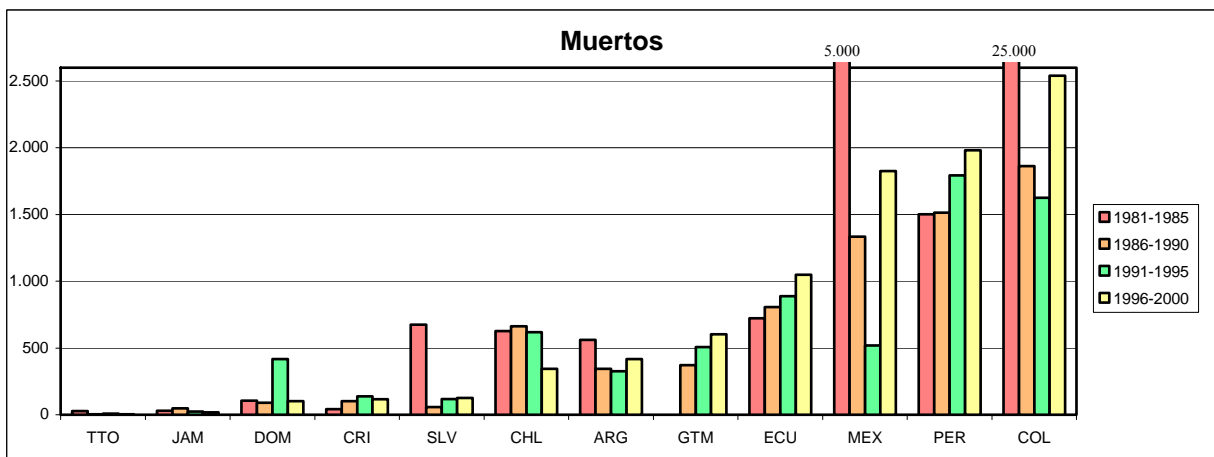
**Figura 4.2.1 Pérdidas económicas en períodos de 5 años**



**Figura 4.2.2 Personas afectadas en períodos de 5 años**

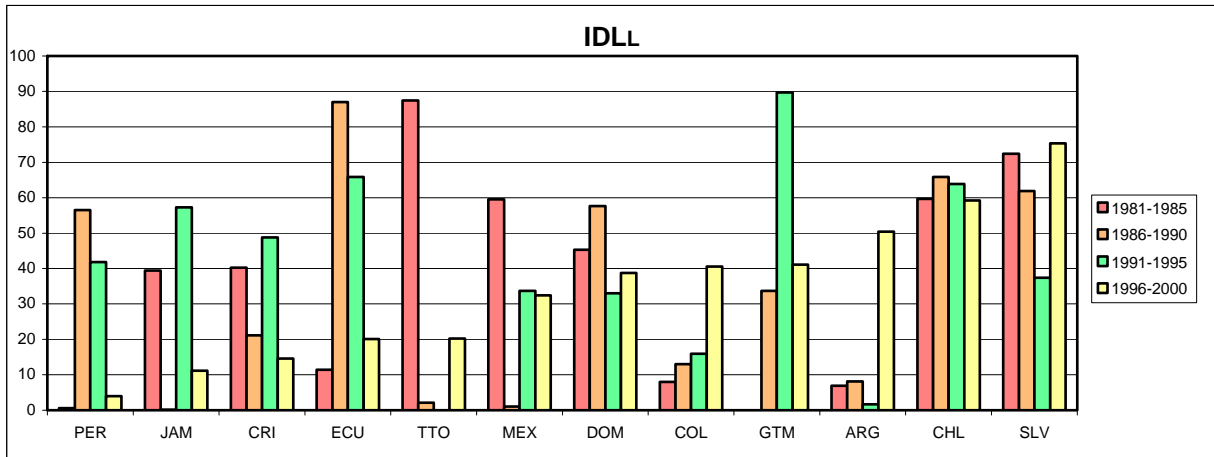


**Figura 4.2.3 Pérdidas de vidas en períodos de 5 años**

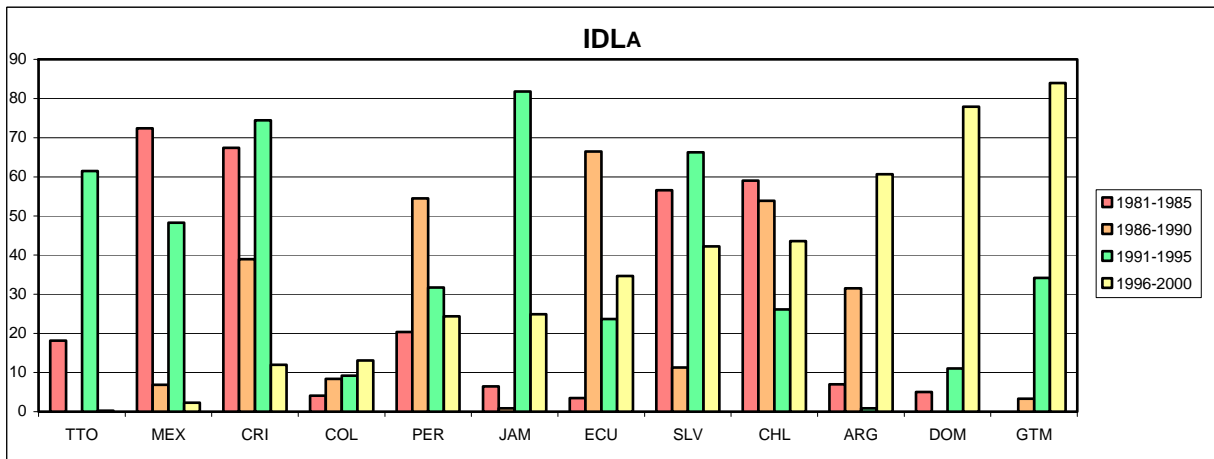




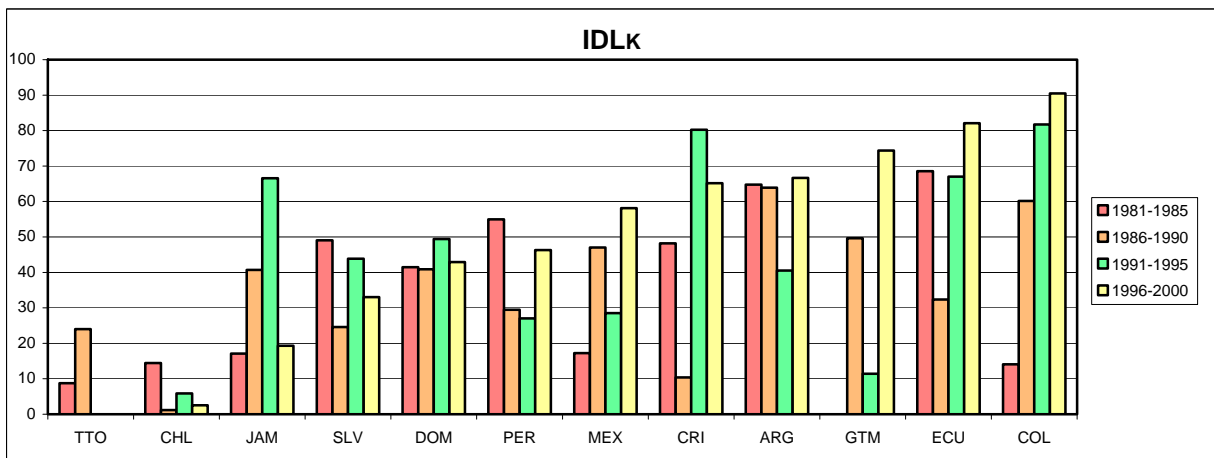
**Figura 4.2.4 IDLL por pérdidas para cada periodo y país**



**Figura 4.2.5 IDLA por afectados para cada periodo y país**

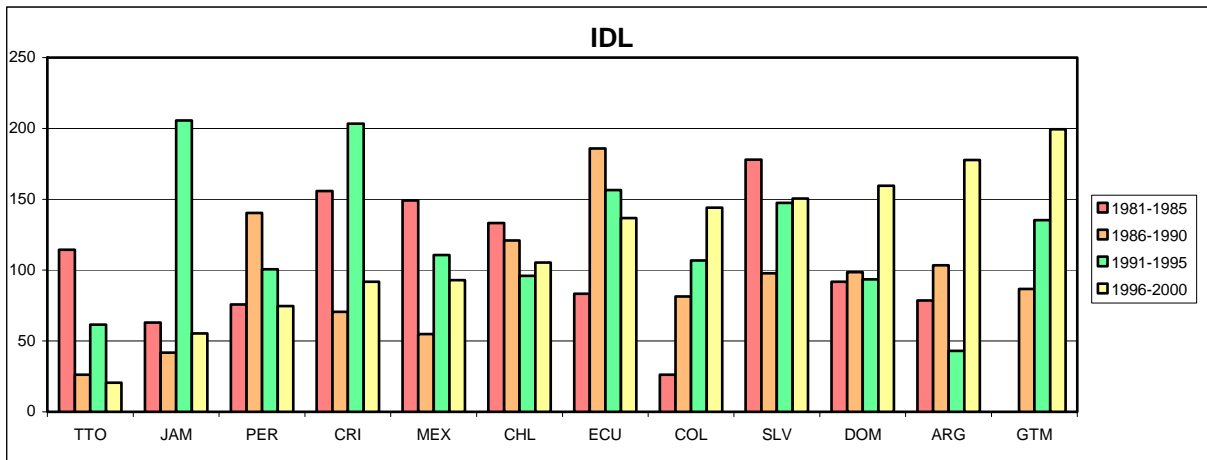


**Figura 4.2.6 IDLK por muertos para cada periodo y país**



La figura 4.2.7 presenta el *IDL* total para los países en cada período, obtenido de la agregación de sus tres componentes (subíndices) o *IDLs* por pérdidas, afectados y muertos.

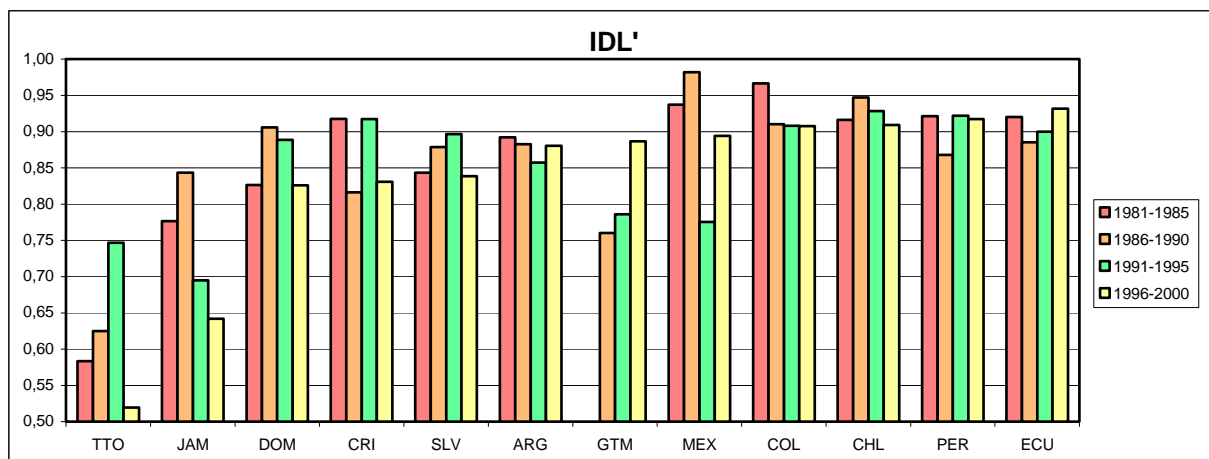
**Figura 4.2.7 IDL agregado para cada período y país**



Un mayor valor relativo del *IDL* significa una mayor regularidad de la magnitud y la distribución de los efectos entre todos los municipios de un país, debido a los diferentes tipos de fenómeno que los originan. Guatemala, Argentina, República Dominicana, Colombia y El Salvador, en general, muestran una tendencia de aumento del *IDL* a lo largo de los años. Por otra parte Ecuador, Chile, México y Perú muestran una tendencia a la disminución del *IDL*. Estas tendencias podrían asociarse con procesos tanto positivos como negativos de deterioro ambiental.

También se ha formulado un *IDL'* que da cuenta de la concentración de efectos a nivel municipal de las pérdidas (daño físico directo) agregadas para todos los eventos en cada país. En la tabla 4.2.1 se incluyó el *IDL'* y la figura 4.2.8 ilustra el valor de este índice para cada uno de los países en los diferentes períodos considerados.

**Figura 4.2.8 IDL' para cada periodo y país**

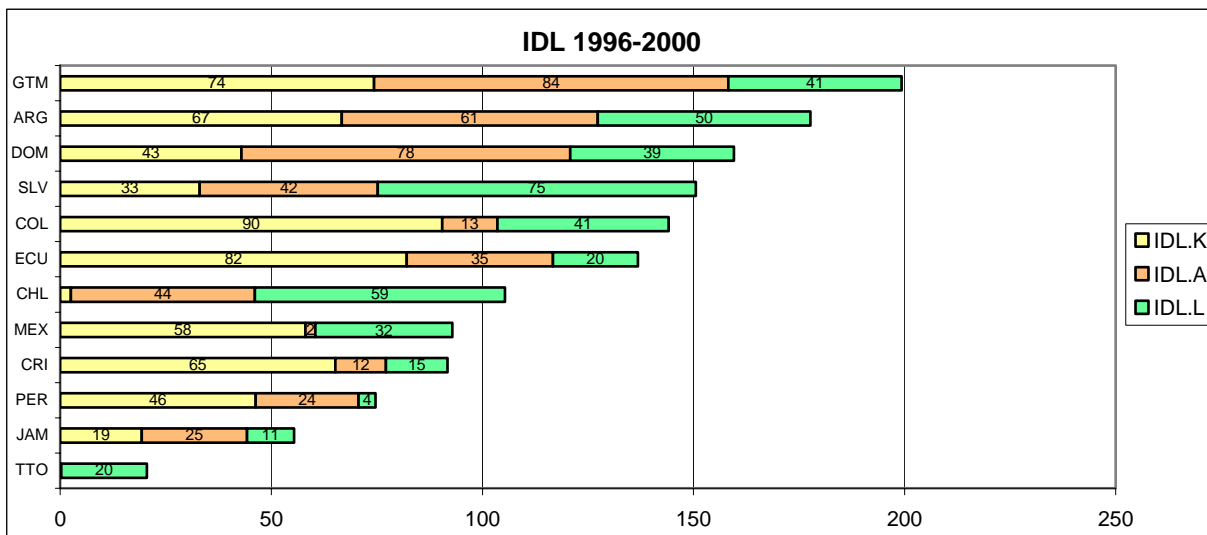


El *IDL'* señala que en países como Ecuador, Perú, Chile, Colombia e incluso en Argentina, ha sido constante que un porcentaje menor de municipios concentre la mayoría de las pérdidas en el período.

do. Un *IDL*' entre 0.90 y 0.95 significa que el 10% de los municipios del país concentra entre el 80% y 90% de las pérdidas que se han presentado, respectivamente. Ver sección anterior y metodología (Cardona *et al.* 2004a). Se destacan valores en México y Colombia cuando se han presentado desastres extremos que han afectado muchos municipios simultáneamente.

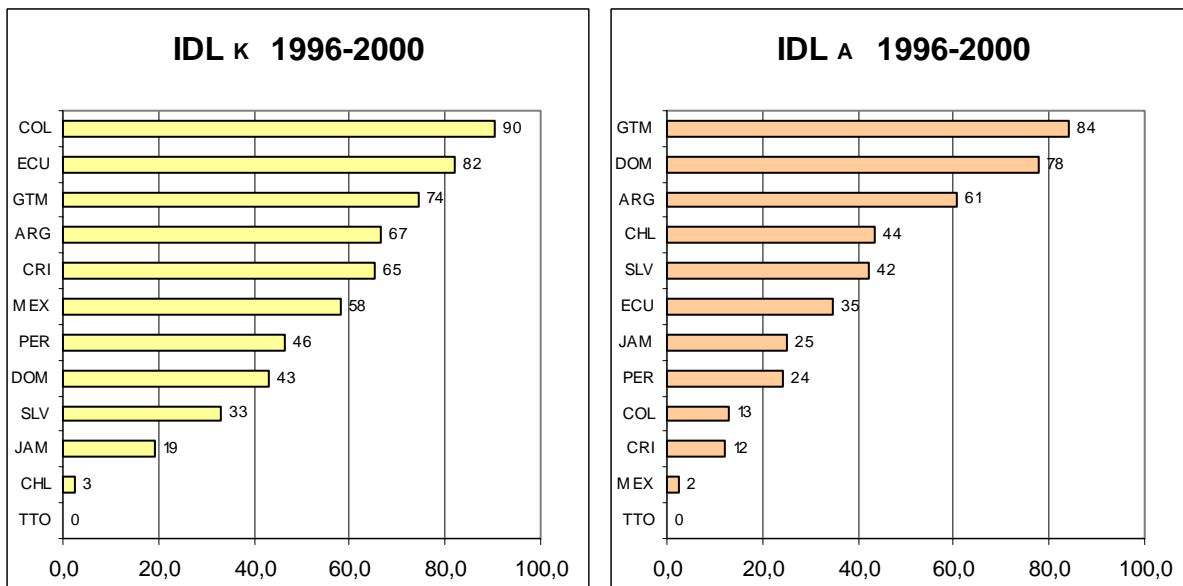
La figura 4.2.9 presenta el *IDL* total para los países en el 2000, obtenido de la agregación de sus tres componentes o *IDL* por muertos ( $\kappa$ ), afectados (A) y pérdidas (L).

**Figura 4.2.9 IDL total**



La figura 4.2.10, a la izquierda, presenta el indicador calculado para el periodo entre 1996 y 2000 con base en la cifra de muertos, *IDL<sub>K</sub>* y, a la derecha, con las cifras de afectados, *IDL<sub>A</sub>*.

**Figura 4.2.10 IDL<sub>K</sub> e IDL<sub>A</sub> de los países**

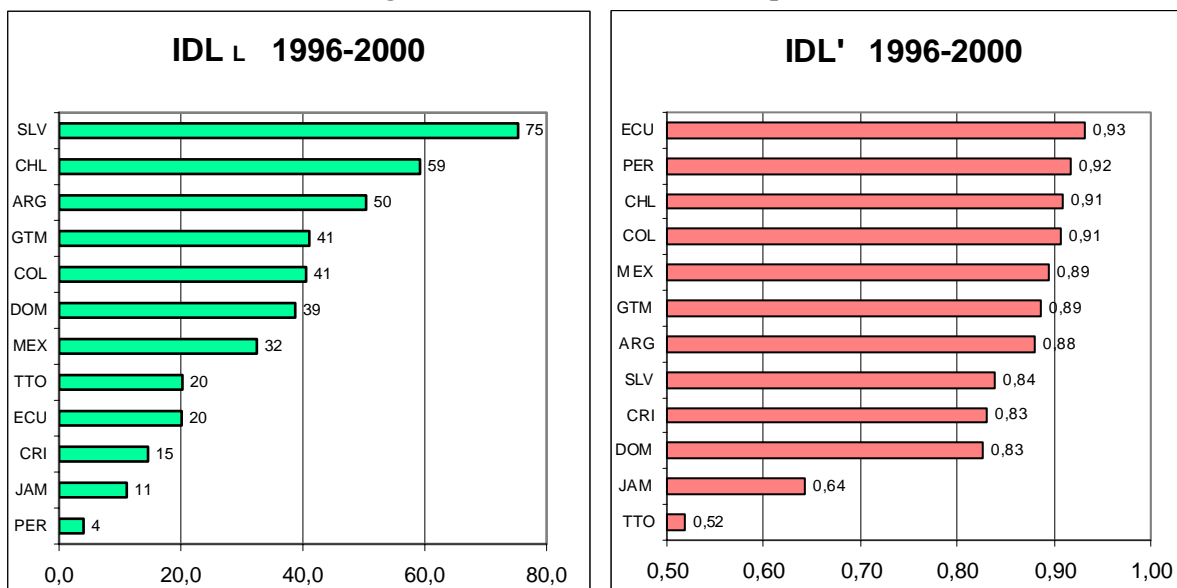


En este período Colombia y Ecuador presentan una mayor incidencia y regularidad en la distribución de muertos entre sus municipios, y Guatemala y República Dominicana en afectados. En este

período se presentaron desastres que generaron innumerables deslizamientos, inundaciones en un amplio número de municipios en estos países. Colombia fue afectada por terremoto en 1999 en el área del Eje Cafetero y por extensas inundaciones al norte del país en 1995 y 2000. Guatemala fue afectada por el huracán Mitch y República Dominicana por el huracán George en 1998.

La figura 4.2.11, a la izquierda, presenta el  $IDL_L$  calculado con las cifras de pérdidas en el período de 1996 a 2000 y, a la derecha, el  $IDL'$  para el mismo período.

Figura 4.2.11  $IDL_L$  e  $IDL'$  de los países

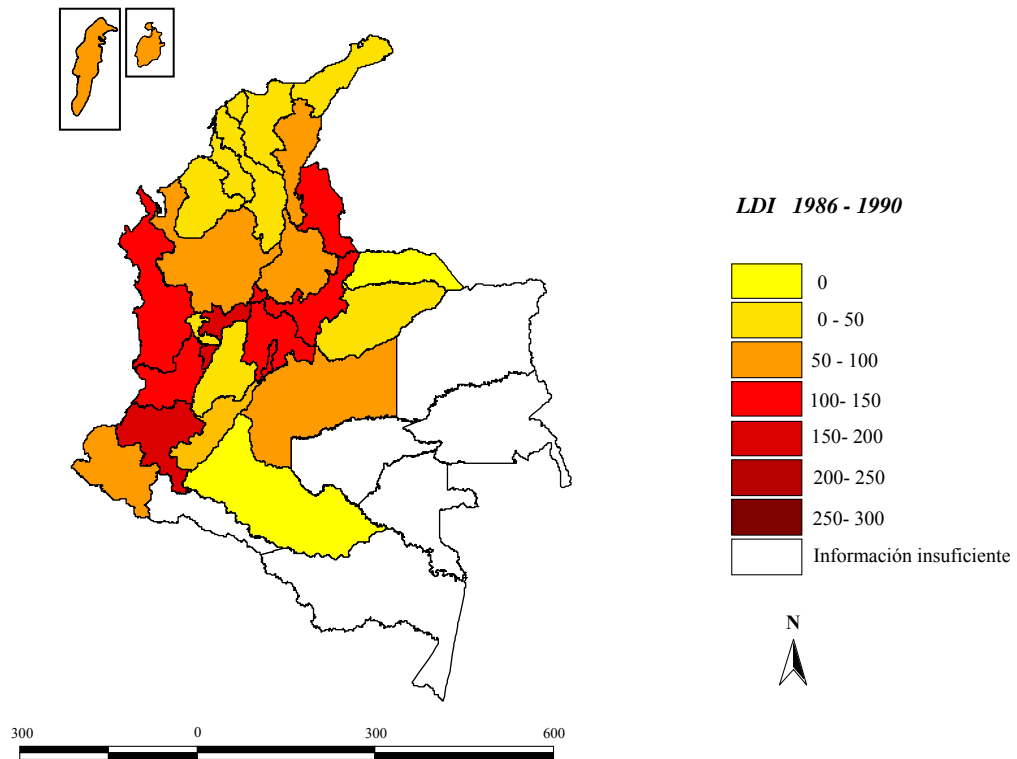
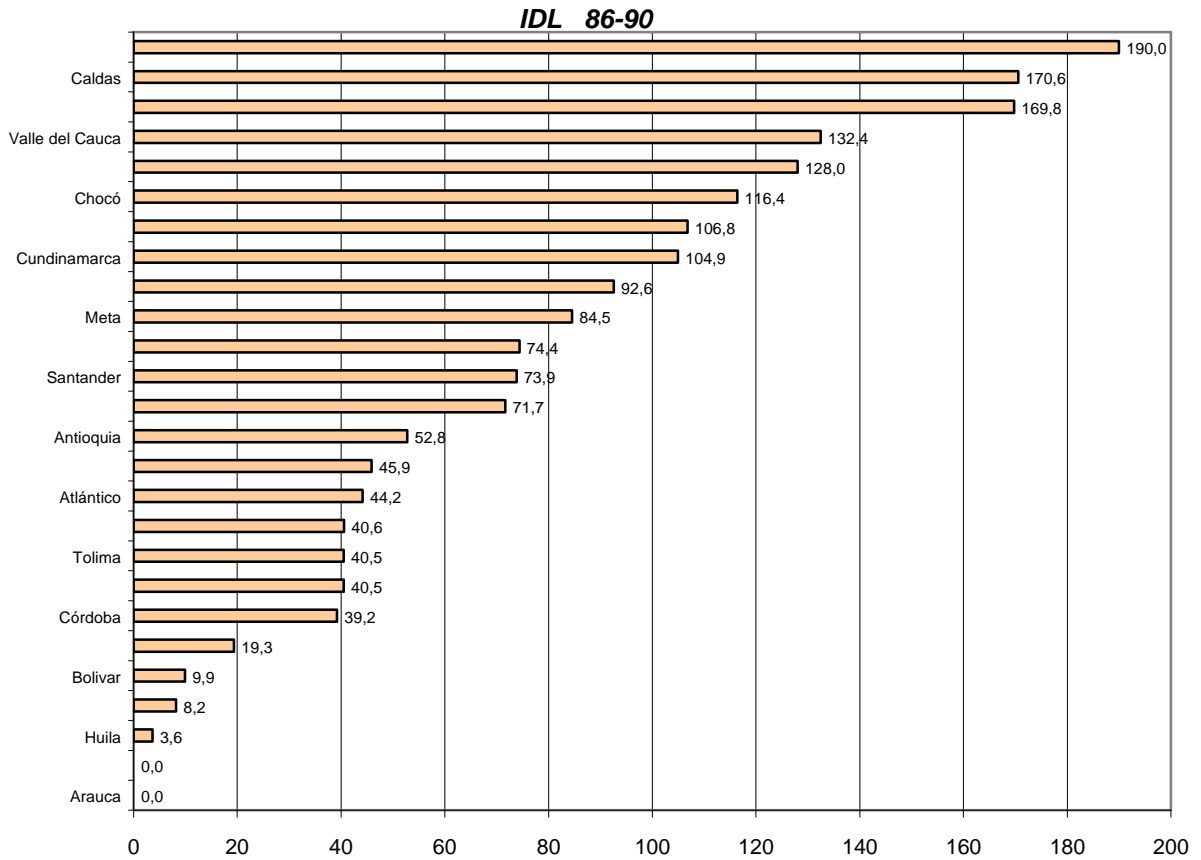


El  $IDL_L$  señala en forma relativa que en este período las pérdidas en El Salvador fueron mucho más similares y distribuidas entre todos los municipios que en el resto de los países, lo que representa menor variabilidad del riesgo dentro de país. El  $IDL'$  señala que en países como Ecuador, Perú, Chile y Colombia un porcentaje menor de municipios concentra la mayoría de las pérdidas en el período. Un  $IDL'$  de 0.93, 0.92 y 0.91 significa que el 10% de los municipios del país concentra el 82%, 78% y 75% de las pérdidas en todo el país, respectivamente. Este aspecto se explica con mayor detalle en la sección anterior.

#### 4.2.1 Evaluación a nivel subnacional

El  $IDL$  se puede estimar al interior de un país para unidades subnacionales tales como estados, departamentos o provincias. Barbat y Carreño (2004b) y Carreño *et al.* (2005) presentan los resultados en forma detallada de dicha aplicación para Colombia, como ejemplo demostrativo en el marco del presente estudio. La figura 4.2.12 presenta un ejemplo del valor agregado del  $IDL$  para os departamentos de Colombia, evaluado entre 1986 y 1990.

**Figura 4.2.12 IDL agregado de los departamentos de Colombia, 1986-1990**



### 4.3 Índice de vulnerabilidad prevalente (IVP)

En general el *IVP* refleja susceptibilidad por el grado de exposición física de bienes y personas, lo que favorece el impacto directo. Igualmente, refleja condiciones de fragilidad social y económica que favorecen el impacto indirecto e intangible. Y, también, refleja falta de capacidad para absorber las consecuencias, responder eficientemente y recuperarse. La tabla 4.3.1 presenta los valores del *IVP* y de los índices que lo componen.

**Tabla 4.3.1 Sub-indicadores componentes del IVP para cada país y en cada período**

Año	Ind	Pesos <sup>41</sup>	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	TTO
1985	ES	Iguales	15.56	19.00	26.05	46.06	45.92	50.38	39.46	36.18	56.70	30.85	29.24	53.91
		PAJ	13.08	14.82	23.33	40.03	47.66	66.03	39.62	43.91	71.79	28.11	28.66	51.48
		Presupuesto	12.97	23.06	25.94	40.55	48.10	53.20	32.63	43.30	49.31	30.10	29.88	50.14
		Únicos	14.96	16.95	23.33	37.86	38.90	56.38	36.76	40.82	54.10	28.48	28.97	52.31
	FS	Iguales	29.44	26.47	27.65	27.85	31.68	26.08	51.18	52.09	48.18	23.48	22.88	24.44
		PAJ	23.39	18.89	26.56	29.51	31.61	25.99	49.66	63.44	54.23	25.05	22.00	25.36
		Presupuesto	23.80	18.66	28.03	29.50	30.84	26.23	50.54	57.62	47.68	22.28	22.02	23.88
		Únicos	28.28	27.72	26.56	23.67	31.76	24.59	49.37	57.64	44.48	20.76	22.50	28.48
	FR	Iguales	13.77	20.71	53.93	31.49	63.31	60.48	74.58	92.11	55.77	62.26	66.44	41.04
		PAJ	17.65	21.99	51.47	22.81	60.46	52.55	74.97	95.47	58.67	61.87	70.71	43.38
		Presupuesto	18.00	20.14	53.14	22.50	59.98	59.00	75.39	91.40	60.29	66.27	70.06	43.63
		Únicos	13.16	15.91	51.47	24.99	60.88	57.93	74.27	92.11	54.60	57.95	63.81	44.25
	IVP	Iguales	19.59	22.06	35.88	35.13	46.97	45.65	55.07	60.13	53.55	38.86	39.52	39.80
		PAJ	18.04	18.57	33.79	30.78	46.58	48.19	54.75	67.61	61.56	38.34	40.46	40.07
		Presupuesto	18.26	17.64	35.70	30.85	46.31	46.14	52.85	64.11	52.43	39.55	40.65	39.21
		Únicos	18.80	20.19	33.79	28.84	43.85	46.30	53.46	63.52	51.06	35.73	38.43	41.68
1990	ES	Iguales	12.00	30.55	28.16	52.59	55.06	54.63	50.47	43.89	56.08	33.49	24.98	45.65
		PAJ	13.36	24.49	23.87	48.33	54.08	69.67	50.31	46.77	70.65	31.76	22.66	42.34
		Presupuesto	12.59	23.06	27.66	48.64	55.00	57.26	52.46	49.39	49.09	33.41	22.91	41.81
		Únicos	12.21	27.84	23.87	44.02	47.87	60.19	45.23	46.71	53.78	32.75	24.13	44.77
	FS	Iguales	23.23	24.23	34.47	26.45	32.18	30.22	44.00	54.22	43.90	19.12	31.70	37.52
		PAJ	23.55	12.56	33.14	27.80	31.83	29.74	47.16	64.83	50.35	25.25	35.43	36.59
		Presupuesto	23.32	14.09	34.83	27.55	30.42	30.49	46.16	59.23	42.78	21.38	35.09	36.27
		Únicos	23.05	25.03	33.14	22.35	32.75	27.89	44.60	59.47	40.53	18.77	29.86	39.13
	FR	Iguales	9.49	24.19	58.46	30.40	66.54	63.72	72.85	91.98	60.92	62.76	75.02	42.04
		PAJ	14.18	25.70	55.38	22.22	64.69	55.59	70.80	95.40	62.90	60.04	74.98	44.58
		Presupuesto	14.89	24.58	57.25	21.76	64.24	62.10	73.04	91.42	63.77	66.83	74.58	44.89
		Únicos	8.08	20.64	55.38	26.47	64.26	60.98	70.85	91.79	58.79	57.83	70.80	45.78
	IVP	Iguales	14.91	26.32	40.37	36.48	51.26	49.52	55.77	63.36	53.63	38.46	43.90	41.74
		PAJ	17.03	20.92	37.46	32.78	50.20	51.67	56.09	39.00	61.30	39.02	44.36	41.17
		Presupuesto	16.93	20.57	39.91	32.65	49.89	49.95	57.22	66.68	51.88	40.54	44.19	40.99
		Únicos	14.44	24.50	37.46	30.95	48.29	49.69	53.56	65.99	51.03	36.45	41.60	43.23

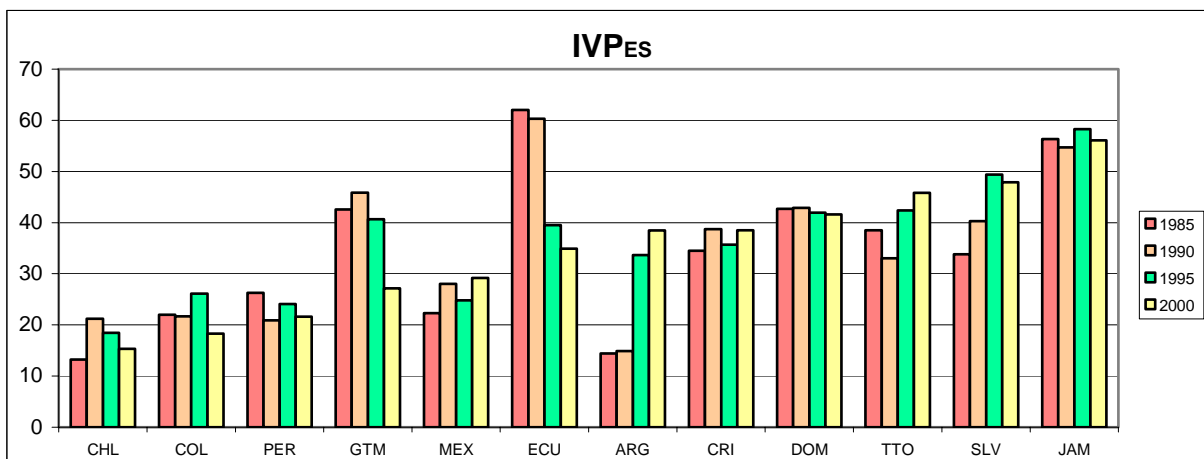
<sup>41</sup> Las variables han sido ponderadas de acuerdo con los criterios de expertos de cada país. Los pesos fueron asignados para concederle a cada componente una importancia relativa en el contexto de cada indicador compuesto particular. Tres técnicas han sido usadas para comparar los resultados y evaluar su pertinencia: Pesos Iguales, Asignación Presupuestal, Proceso Analítico Jerárquico, PAJ, y uno más –Únicos– usando un promedio de las asignaciones PAJ de todos los países (Cardona *et al* 2004).

Año	Ind	Pesos	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	TTO
1995	ES	Iguales	22.38	21.56	30.62	41.61	45.56	42.36	60.52	46.41	53.46	25.75	26.62	50.23
		PAJ	39.29	16.57	27.77	38.85	49.03	49.59	63.88	45.89	66.02	26.15	23.97	48.69
		Presupuesto	35.98	13.71	30.55	38.97	50.19	46.26	65.81	52.47	45.23	25.75	25.66	46.14
		Únicos	32.76	18.30	27.77	36.52	38.38	41.25	57.46	48.74	48.54	26.06	25.39	52.49
	FS	Iguales	33.69	34.42	41.15	26.97	41.56	38.70	44.46	59.64	52.86	40.97	28.77	43.97
		PAJ	35.99	31.84	40.04	28.21	37.84	35.29	44.69	63.99	57.57	37.21	28.94	41.65
		Presupuesto	33.03	21.01	41.43	27.90	36.73	37.94	43.90	65.40	51.92	39.78	29.74	40.95
		Únicos	33.60	33.86	40.04	25.96	40.50	35.23	44.51	62.78	47.91	38.22	29.27	44.92
	FR	Iguales	15.92	23.98	52.68	34.87	64.64	60.40	68.34	92.86	57.77	54.39	69.14	39.12
		PAJ	21.70	25.22	51.46	25.64	60.68	55.06	64.77	95.78	60.97	55.50	73.73	42.95
		Presupuesto	22.51	23.23	53.22	25.51	60.30	59.93	69.03	92.74	62.36	58.37	73.45	42.70
		Únicos	13.48	19.53	51.46	30.32	61.82	59.84	66.39	92.35	56.32	51.52	66.37	44.36
	IVP	Iguales	24.00	26.65	41.48	34.48	50.59	47.16	57.77	66.30	54.70	40.37	41.51	44.44
		PAJ	32.32	24.54	39.76	30.90	49.18	46.65	57.78	37.70	61.52	39.62	42.21	44.43
		Presupuesto	30.51	19.32	41.74	30.79	49.07	48.04	59.58	70.20	53.17	41.30	42.95	43.26
		Únicos	26.61	23.90	39.76	30.93	46.90	45.44	56.12	67.96	50.92	38.60	40.34	47.25
2000	ES	Iguales	21.75	18.59	21.28	44.20	49.85	38.55	59.70	44.92	56.06	30.04	22.75	52.19
		PAJ	38.84	14.42	18.01	45.01	50.15	42.64	57.63	28.48	67.67	30.26	22.28	50.35
		Presupuesto	35.58	10.67	21.32	44.95	51.57	41.51	61.68	43.41	47.37	28.16	23.12	47.76
		Únicos	32.36	15.78	18.01	41.11	43.48	36.08	54.55	37.58	52.12	29.27	22.10	55.85
	FS	Iguales	39.26	34.95	47.29	23.35	36.91	51.85	42.99	51.69	48.05	30.78	24.92	31.24
		PAJ	46.50	21.36	48.73	23.29	40.53	51.41	59.18	60.11	55.55	32.07	25.24	32.10
		Presupuesto	46.33	22.98	52.29	23.14	39.68	52.35	52.62	56.40	49.78	36.39	24.92	30.77
		Únicos	40.62	34.94	48.73	20.71	40.31	50.10	48.75	56.58	48.00	30.32	25.48	36.42
	FR	Iguales	20.47	20.21	44.59	34.15	62.08	62.31	66.54	90.31	59.42	51.27	62.37	41.31
		PAJ	33.16	23.23	47.33	26.36	58.69	58.63	63.53	92.25	61.76	55.40	66.88	45.76
		Presupuesto	34.30	21.52	47.24	25.60	58.28	62.72	66.64	90.20	61.37	57.53	66.46	45.46
		Únicos	20.61	18.30	47.33	31.75	58.85	63.70	66.48	89.60	58.00	50.16	60.37	48.09
	IVP	Iguales	27.16	24.59	37.72	33.90	49.61	50.91	56.41	62.31	54.51	37.36	36.68	41.58
		PAJ	39.50	19.67	38.03	31.55	49.79	50.90	60.11	31.01	61.66	39.24	38.14	42.73
		Presupuesto	38.74	18.39	40.28	31.23	49.85	52.19	60.31	63.34	52.84	40.70	38.17	41.33
		Únicos	31.20	23.01	38.03	31.19	47.55	49.96	56.59	61.25	52.71	36.59	35.98	46.79

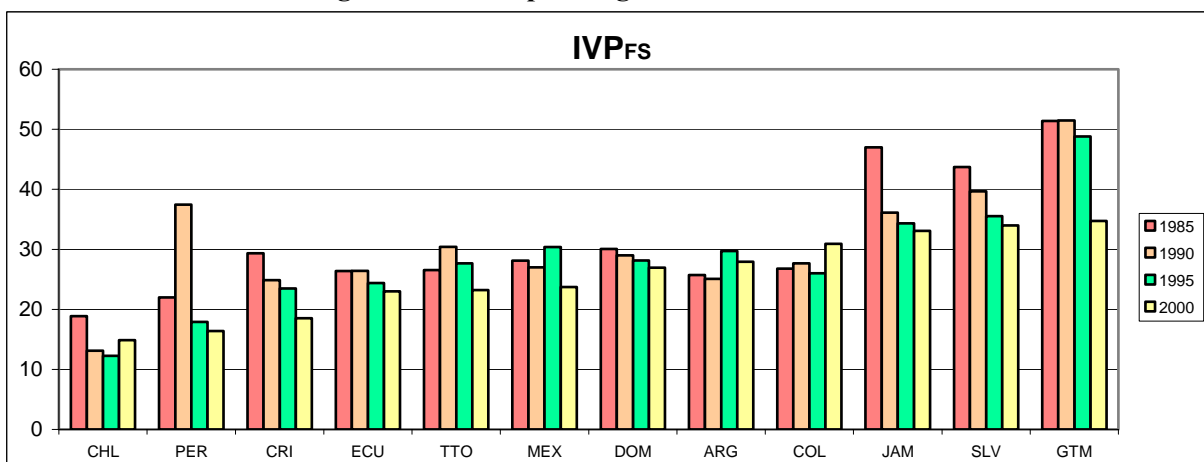
Los indicadores para la descripción del grado de exposición, las condiciones socio-económicas predominantes y la falta de resiliencia se han formulado en forma consistente (en forma directa o invertida según el caso) y reconociendo que su influencia explica que se presenten efectos socio-económicos y ambientales adversos cuando se materializa un fenómeno peligroso.

Utilizando el Procedimiento Analítico Jerárquico (PAJ), la figura 4.3.1 presenta los valores del *IV-<sub>PEs</sub>*, la figura 4.3.2 presenta los valores del *IVP<sub>SF</sub>*, y la figura 4.3.3 presenta los valores del *IVP<sub>LR</sub>* para cada país en cada período.

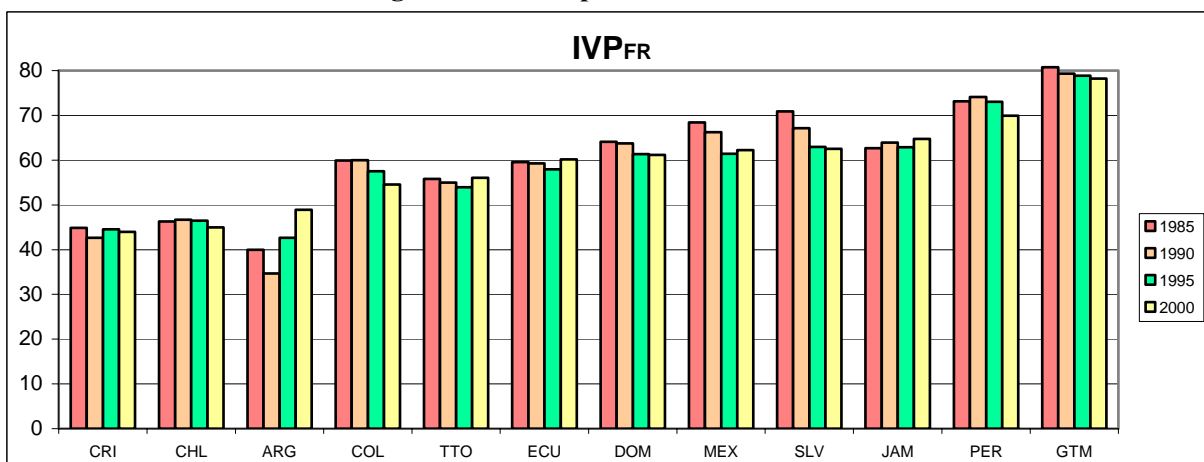
**Figura 4.3.1 IVP por exposición y susceptibilidad**



**Figura 4.3.2 IVP por fragilidad socio-económica**



**Figura 4.3.3 IVP por falta de resiliencia**

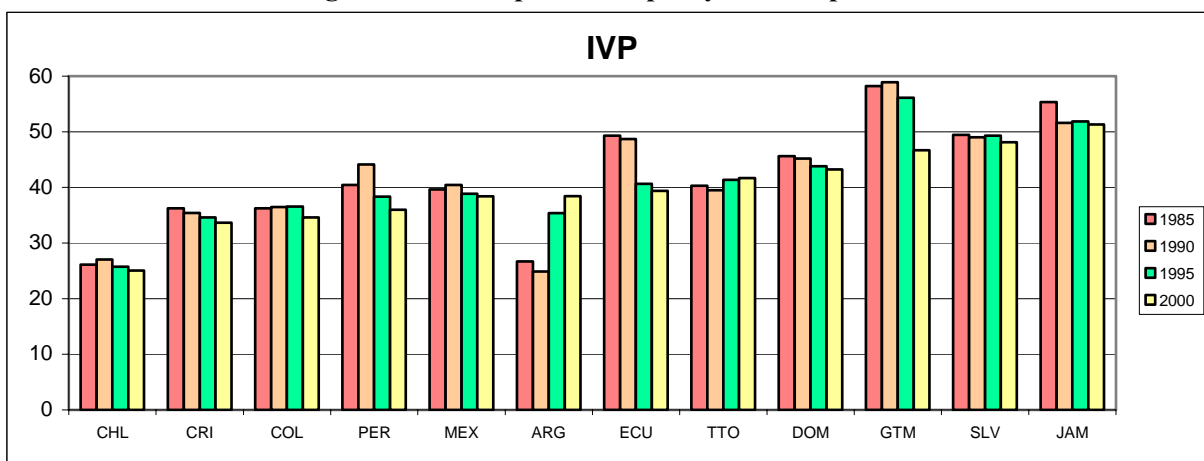




De la tabla 4.3.1 y de las figuras 4.3.1 a 4.3.3 se concluye que los países más pequeños, como Jamaica, El Salvador, Trinidad y Tobago, República Dominicana, y Costa Rica, presentan sistemáticamente mayor  $IVP_{ES}$ . En México, Argentina, Costa Rica, Trinidad y Tobago y El Salvador se presenta un aumento relativo de exposición y susceptibilidad en los últimos años. En Chile y Colombia ha habido una leve disminución y es muy notable la reducción en Guatemala y Ecuador. En Guatemala, El Salvador, Jamaica y Colombia se presenta un  $IVP_{FS}$  relativamente alto, aunque en la mayoría de los países la fragilidad socioeconómica ha registrado una disminución en el tiempo, excepto en Colombia y en Chile en el último período. Los valores del  $IVP_{FR}$  son muy altos en general, siendo muy notables en Guatemala, Perú, Jamaica y El Salvador, aunque su valor ha disminuido levemente en los últimos años, excepto en Jamaica, Ecuador y Argentina. En Costa Rica y Chile se presenta la mayor resiliencia.

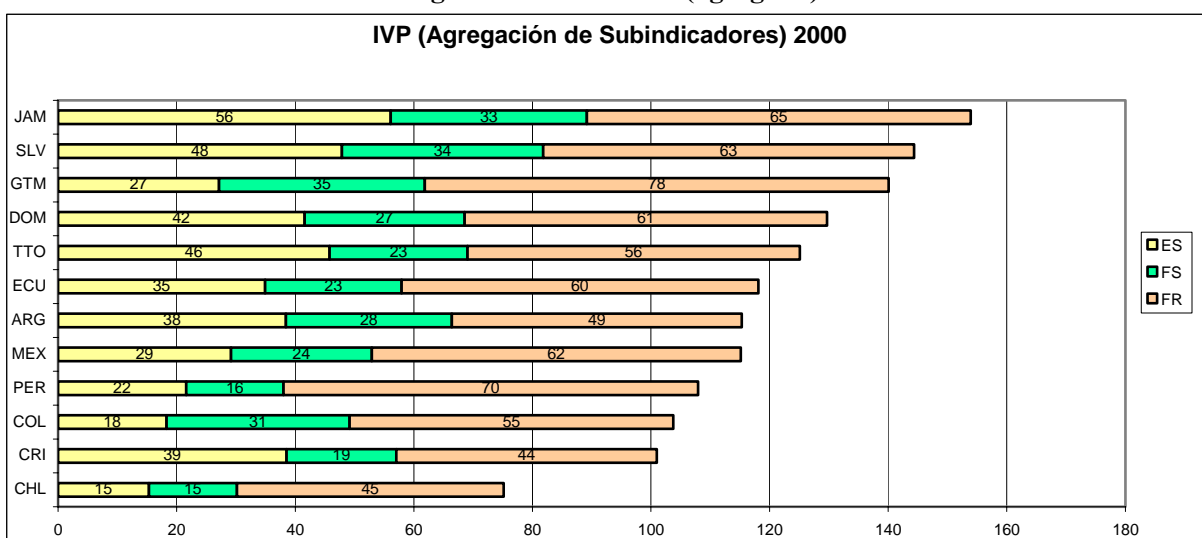
La figura 4.3.4 ilustra los valores del  $IVP$  para los países cada cinco años desde 1985 a 2000. Aunque en el 2000 Jamaica presenta el valor más alto, que ha sido más o menos constante a lo largo de los años, Guatemala es el país que ha presentado los valores más altos  $IVP$  desde 1985. También se presentan valores altos de  $IVP$  en El Salvador. En la mayoría de los países se detecta una leve reducción de la vulnerabilidad prevalente a lo largo de los años, excepto en Argentina donde ha habido un aumento significativo y en Trinidad y Tobago donde ha sido leve. Otros valores notables del  $IVP$  son los de República Dominicana, Trinidad y Tobago y Ecuador, aunque este último, al igual que Perú y Guatemala, ha tenido reducciones relativas importantes. Chile, Costa Rica y Colombia presentan los valores más bajos de  $IVP$  en el contexto regional. Es importante destacar el caso de Argentina, que fue el país que durante varios períodos había presentado el  $IVP$  más bajo, sin embargo en los últimos años ha registrado un aumento notable.

**Figura 4.3.4 IVP para cada país y en cada período**



La figura 4.3.5 ilustra el valor del  $IVP$  de los países en el año 2000, obtenido de la agregación de sus tres componentes de exposición/susceptibilidad, fragilidad social y por falta de resiliencia.

**Figura 4.3.5 IVP total (agregado)**

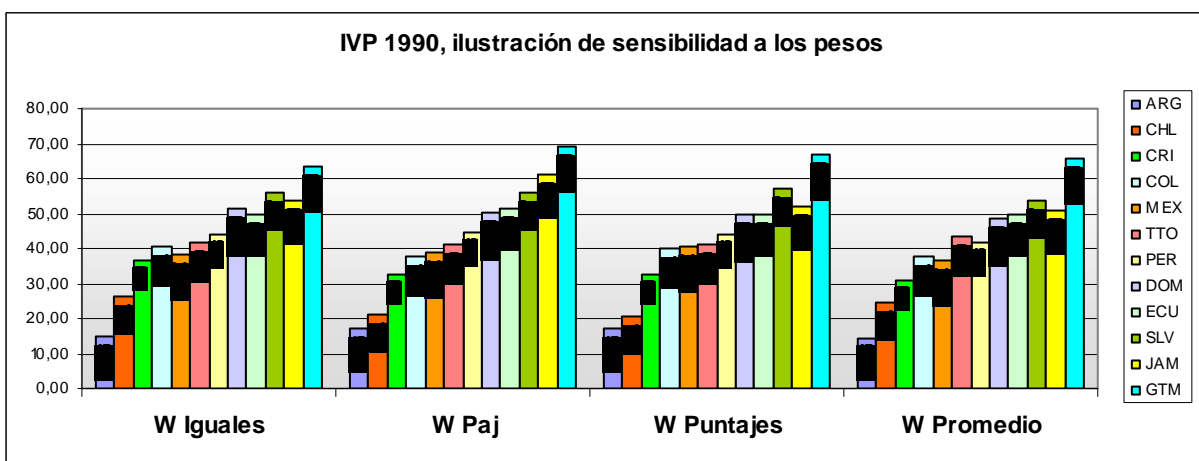


Las alternativas de tratamiento numérico que se tuvieron en cuenta para la estimación de los índices que componen el *IVP* para cada país se describen en la sección anterior. El procedimiento para formular el *IVP* mediante indicadores compuestos fue el siguiente:

- a) *Selección de datos* – Las variables se seleccionaron con base en su suficiencia analítica, su disponibilidad o su posibilidad de ser medidas y su relevancia o lógica para representar los aspectos considerados como elementos subyacentes o factores de vulnerabilidad. Se tuvo en cuenta que algunas variables no tendrían rangos completos de cubrimiento y que sería necesario hacer estimaciones de los valores faltantes mediante técnicas estadísticas adecuadas y criterio de expertos, en algunos casos, tratando de evitar los problemas de sobre-agregación de datos y doble contabilidad.
- b) *Métodos de normalización* – Las variables se normalizaron para hacerlas comparables. La técnica empleada para escalarlas a una base común fue la del mínimo-máximo y se definieron para cada variable un mínimo y un máximo absolutos que se mantuvieron constantes en todos los períodos de evaluación.<sup>42</sup> Con esta técnica los puntajes normalizados para todos los indicadores tienen un rango idéntico. Esto hace a este método más robusto cuando hay valores extremos e incrementa el rango para indicadores con muy poca variación.
- c) *Pruebas de sensibilidad* – La robustez de los indicadores se valoró haciendo múltiples evaluaciones, incluyendo y excluyendo indicadores, modificando los pesos (iguales, promedios, asignación de puntajes y el PAJ). Los pesos de los indicadores son consideradas incertidumbres, debido a la pluralidad de perspectivas de los diferentes interesados. La variación de los resultados fue mínima y al realizar las comparaciones el mayor cambio de posición fue de un puesto en la escala de clasificación. La figura 4.3.6 ilustra la clasificación de los países con las alternativas de ponderación en uno de los períodos de análisis. Las tablas 4.3.2 y 4.3.3 presentan los pesos obtenidos mediante la asignación de puntajes y usando el PAJ. El *IVP* finalmente se estimó con los pesos obtenidos mediante el PAJ realizado en cada país.

<sup>42</sup> Se procedió de esta manera para evitar cambios en los valores escalados de todos los países al entrar un nuevo país. De esta forma si hay nuevos países en el análisis los valores relativos no se modifican debido a que se mantienen constantes los rangos entre el máximo y el mínimo de cada variable.

**Figura 4.3.6 Estimaciones del IVP con diferentes tipos de pesos**



- d) *Análisis de correlación de los datos* – Se identificaron las posibles relaciones entre las variables. Los resultados del análisis se presenta en las tablas 4.3.4, 4.3.5 y 4.3.6. Se pudo encontrar que muy pocas variables estaban correlacionadas (a un nivel de significación de 0.01), por ejemplo: el ES.3 y el ES.8 (densidad poblacional y tierra arable); el FS.1 y el FS.2 (pobreza humana y dependencia de la población vulnerable) y el FR.1 y el FR.2 (desarrollo humano y desarrollo de género). Excepto este último caso, que se tuvo en cuenta para la ponderación de los pesos, no se consideró necesario eliminar ninguno de estos indicadores debido a su importancia en el entendimiento intuitivo de la vulnerabilidad. Hubo otros casos que presentaron correlaciones en algunos años (en su mayoría a un nivel de significación de 0.05) como: el ES.1 y el ES.2 (crecimiento poblacional y urbano); el FS.2 y e FS.6 (dependencia de la población vulnerable y dependencia del PIB de la agricultura); el FR.1 con el FR.3 y el FR.6 (desarrollo humano con gasto social y televisores por mil habitantes), que no se consideró necesario eliminar por representar aspectos relevantes y disímiles.
- e) *Transparencia/accesibilidad y visualización* – La estimación del IVP se ha realizado con base en datos que se acompañan de notas explicativas acerca de los datos utilizados. Todos los datos, gráficas y procesos electrónicos están disponibles y permiten cambiar fácilmente variables, pesos, etc., y reproducir las pruebas de sensibilidad. Existe un amplio número de gráficas adicionales que se presentan en este informe que pueden ser utilizadas o actualizadas fácilmente.

#### 4.3.1 Evaluación a nivel subnacional

El IVP se puede estimar al interior de un país para unidades subnacionales tales como estados, departamentos o provincias. Barbat y Carreño (2004a) y Carreño *et al.* (2005) presentan los resultados en forma detallada de dicha aplicación para Colombia, como ejemplo demostrativo en el marco del presente estudio. Para reflejar los mismos componentes del IVP se utilizaron subindicadores similares disponibles para cada departamento del país. La figura 4.3.7 presenta un ejemplo del IVP valorado para cada departamento de Colombia en el año 1995.

**Table 4.3.2 Pesos obtenidos usando la alternative de asinación de puntajes**

Ind	ARG	CHL	COL	CRI	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	DOM	TTO
ES.1	2	10	9	5	8	25	10	9	10	3	8	9.2
ES.2	16	20	16	10	20	25	15	10	15	19	20	16.8
ES.3	3	10	10	10	8	15	10	10	15	6	8	9.8
ES.4	30	30	21	20	14	20	24	25	15	11	14	20.2
ES.5	14	10	14	10	10	7	10	17	15	22	10	12.9
ES.6	15	5	11	20	15	3	8	10	10	14	15	11.2
ES.7	8	5	11	15	5	3	15	10	10	17	5	9.7
ES.8	12	10	8	10	20	2	8	9	10	8	20	10.2
FS.1	30	30	20	20	25	25	19	20	15	10	25	21.1
FS.2	14	10	10	5	10	6	9	5	10	13	10	9.3
FS.3	16	5	17	10	20	27	19	15	20	12	20	15.8
FS.4	15	20	16	10	4	28	14	17	10	15	4	14.5
FS.5	2	10	9	10	8	6	14	10	5	18	8	9.4
FS.6	12	10	9	15	12	5	9	10	5	4	12	9.5
FS.7	8	5	10	10	6	2	7	15	15	21	6	10.1
FS.8	3	10	10	20	15	1	9	8	20	7	15	10.4
FR.1	14	30	19	20	25	30	20	20	15	15	25	20.6
FR.2	12	5	8	8	7	3	15	10	5	5	7	8.4
FR.3	11	10	15	15	10	15	10	20	15	20	10	14.0
FR.4	27	10	14	20	20	4	10	10	15	10	20	13.9
FR.5	4	20	10	7	13	5	10	7.5	15	23	13	11.3
FR.6	8	5	5	5	4	1	5	5	5	3	4	4.9
FR.7	13	10	12	5	6	15	15	7.5	15	16	6	11.4
FR.8	11	10	17	20	15	27	15	20	15	8	15	15.4

**Table 4.3.3 Pesos obtenidos usando la técnica PAJ**

Ind	ARG	CHL	COL	CRI	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	DOM	TTO
ES.1	2.18	1.97	5.01	4.83	6.23	13.31	4.95	3.03	2.41	2.58	8.59	5.01
ES.2	16.64	4.81	12.37	10.58	21.72	12.91	1.93	6.31	5.38	22.37	21.01	12.37
ES.3	2.63	3.40	8.99	9.56	14.22	19.65	6.96	10.17	10.72	4.73	7.84	8.99
ES.4	33.36	24.97	25.39	20.38	29.85	36.22	36.03	16.67	32.60	8.42	15.40	25.39
ES.5	13.74	10.95	12.35	11.39	3.59	8.53	13.79	3.03	22.67	26.18	9.59	12.35
ES.6	14.11	7.31	11.71	20.38	11.71	3.58	3.01	20.26	7.30	14.07	15.32	11.71
ES.7	7.45	16.36	12.38	14.34	3.53	3.47	23.50	20.26	15.63	14.07	5.14	12.38
ES.8	9.89	30.24	11.82	8.54	9.15	2.31	9.83	20.26	3.29	7.59	17.10	11.82
FS.1	27.39	4.70	20.91	19.05	26.78	34.58	22.76	19.12	21.73	8.99	23.96	20.91
FS.2	12.51	7.10	8.50	6.13	8.88	6.52	3.08	4.57	14.89	13.80	7.54	8.50
FS.3	16.29	1.96	16.40	10.92	8.59	21.54	32.61	12.08	30.56	9.54	19.92	16.40
FS.4	18.45	24.67	12.52	9.53	3.76	14.12	7.87	13.27	13.66	13.80	6.05	12.52
FS.5	2.12	29.93	9.44	9.53	8.42	3.31	4.74	7.97	1.84	19.41	7.16	9.44
FS.6	12.83	12.48	9.58	14.44	19.02	5.40	1.99	8.89	5.31	3.39	12.06	9.58
FS.7	7.27	3.05	9.63	11.18	9.90	1.97	11.10	18.19	3.25	24.81	5.63	9.63
FS.8	3.15	16.10	13.02	19.23	14.66	12.57	15.85	15.91	8.75	6.26	17.67	13.02
FR.1	15.46	24.90	21.91	21.39	27.56	26.72	16.09	20.79	28.41	13.17	24.58	21.91
FR.2	15.46	3.24	10.53	7.62	19.81	3.60	32.69	6.84	3.73	4.94	7.37	10.53
FR.3	11.59	7.46	13.56	15.74	6.41	14.24	22.90	16.56	9.67	21.27	9.79	13.56
FR.4	26.19	18.98	15.05	19.49	14.17	16.91	11.46	11.63	2.84	8.50	20.29	15.05
FR.5	2.45	30.16	12.90	7.62	8.63	8.03	3.06	10.45	18.82	27.63	12.18	12.90
FR.6	6.84	2.05	3.70	4.87	3.70	5.16	1.97	4.43	1.85	2.42	3.71	3.70
FR.7	12.72	9.02	9.17	5.05	8.69	2.17	4.71	10.05	18.82	14.30	6.23	9.17
FR.8	9.29	4.21	13.18	18.24	11.04	23.18	7.12	19.25	15.86	7.76	15.85	13.18

**Tabla 4.3.4 Matrices de valores y correlación para el ES**

1985	ES.1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ARG	1.490	1.956	55.368	9.000	124.174	18.009	17.589	0.804
CHI	1.624	1.950	80.442	6.400	113.185	53.860	16.845	0.304
COL	2.037	2.996	152.397	11.000	151.763	26.340	16.714	1.430
CRI	2.935	3.734	258.715	6.400	163.377	63.199	19.321	4.661
DOM	2.072	3.744	665.668	3.200	287.732	65.255	17.264	7.338
ECU	2.529	4.236	164.337	57.800	200.190	47.623	16.060	4.082
SLV	1.581	1.341	1.151.062	20.000	282.226	52.211	12.024	12.403
GTM	2.520	2.690	356.820	53.300	117.074	24.932	10.956	4.473
JAM	1.063	2.340	1.066.990	13.100	569.035	121.555	22.110	9.695
MEX	2.035	3.034	197.688	13.100	385.957	25.749	19.093	0.891
PER	2.127	2.912	76.141	22.000	43.127	39.424	18.203	0.281
TTO	1.024	2.253	1.148.148	12.400	1.860.150	60.978	18.764	8.967

	ES.1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ES.1								
ES.2	0.72145							
ES.3	-0.5817	-0.3829						
ES.4	0.404	0.27733	-0.1326					
ES.5	-0.5842	-0.1982	0.65801	-0.165				
ES.6	-0.3764	-0.0149	0.63385	-0.2323	0.31764			
ES.7	-0.2951	0.20566	0.01861	-0.5538	0.29301	0.51705		
ES.8	-0.3601	-0.2396	0.94882	0.00833	0.47902	0.62195	-0.1189	

1990	ES.1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ARG	1.322	1.711	59.428	15.000	154.019	14.991	13.997	0.804
CHI	1.671	1.893	87.467	11.000	163.763	65.972	23.142	0.330
COL	1.961	2.829	168.335	9.100	222.073	35.386	16.591	1.632
CRI	2.623	3.695	298.570	6.200	263.173	75.956	22.388	4.896
DOM	1.674	2.926	729.744	3.200	459.893	77.518	24.941	9.301
ECU	2.256	3.708	185.378	57.800	271.408	60.115	18.435	4.772
SLV	1.866	2.311	1.233.591	20.000	417.859	49.785	13.712	12.548
GTM	2.593	2.526	403.440	53.300	159.174	45.869	12.982	4.473
JAM	0.669	2.094	1.103.416	13.100	739.878	99.940	25.346	9.234
MEX	1.866	2.693	218.019	23.300	525.134	38.306	17.880	0.995
PER	1.966	2.482	84.254	22.000	62.994	29.598	16.131	0.328
TTO	0.912	1.154	1.184.211	12.400	2.054.188	73.951	12.597	8.967

	ES.1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ES.1								
ES.2	0.74352							
ES.3	-0.5142	-0.3675						
ES.4	0.4499	0.29322	-0.2013					
ES.5	-0.5993	-0.5346	0.67023	-0.2117				
ES.6	-0.3089	0.0672	0.58621	-0.2202	0.42907			
ES.7	-0.1333	0.34237	-0.0164	-0.3927	-0.1948	0.66956		
ES.8	-0.2868	-0.0774	0.93257	-0.0961	0.48619	0.61231	0.07448	

1995	ES.1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ARG	1.292	1.707	63.522	44.300	213.112	19.724	17.938	0.804
CHI	1.456	1.675	94.888	4.200	267.215	59.277	23.872	0.374
COL	1.868	2.686	185.607	11.000	319.012	35.734	22.396	1.955
CRI	2.092	2.984	335.879	9.600	414.884	77.921	18.995	5.680
DOM	1.745	2.915	795.473	3.200	641.280	65.218	19.185	10.335
ECU	2.056	3.451	206.979	20.200	339.686	58.318	18.556	5.155
SLV	2.060	2.768	1,368.243	25.300	681.057	59.395	18.606	13.176
GTM	2.642	3.105	460.020	39.800	222.684	44.689	14.515	5.119
JAM	0.785	1.863	1,144.968	3.200	1,309.346	113.679	28.947	9.234
MEX	1.545	2.016	238.763	17.900	719.988	58.174	16.152	1.100
PER	1.919	2.203	93.113	15.500	89.656	30.705	24.074	0.363
TTO	0.645	1.403	1,230.019	12.400	2,735.669	92.989	20.781	9.162

	ES1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ES.1								
ES.2	0.83432							
ES.3	-0.3487	-0.09736						
ES.4	0.35635	0.117559	-0.198332					
ES.5	-0.7227	-0.48817	0.7113096	-0.28997				
ES.6	-0.5188	-0.17257	0.6823054	-0.60325	0.704427			
ES.7	-0.5553	-0.43102	0.1685153	-0.64885	0.20598	0.4216409		
ES.8	-0.0963	0.239681	0.9233161	-0.18158	0.514624	0.6142768	0.01335	

2000	ES.1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ARG	1.224	1.519	67.658	54.000	379.403	22.405	16.193	0.804
CHI	1.246	1.446	101.571	2.000	459.362	58.513	21.021	0.425
COL	1.725	2.430	203.617	8.200	428.638	39.500	12.738	1.663
CRI	1.640	3.127	373.090	12.600	624.870	93.870	17.397	5.484
DOM	1.567	2.612	865.337	3.200	907.225	65.170	23.690	10.335
ECU	1.826	2.996	228.399	15.600	297.024	73.230	16.174	5.155
SLV	1.957	2.656	1,514.479	21.000	1,029.339	69.790	16.884	12.066
GTM	2.581	3.388	525.007	10.000	325.113	49.511	17.922	5.026
JAM	0.659	2.506	1,187.904	3.200	1,721.713	100.549	27.444	9.234
MEX	1.473	1.713	256.632	15.900	984.383	64.071	21.258	1.310
PER	1.561	2.217	101.324	14.800	130.961	33.839	20.123	0.398
TTO	0.660	1.286	1,268.031	12.400	3,930.164	106.304	18.533	9.162

	ES1	ES.2	ES.3	ES.4	ES.5	ES.6	ES.7	ES.8
ES.1								
ES.2	0.6984							
ES.3	-0.2272	0.09344						
ES.4	-0.0055	-0.27375	-0.22675					
ES.5	-0.6463	-0.42628	0.679421	-0.15609				
ES.6	-0.4325	0.09237	0.644458	-0.47366	0.704101			
ES.7	-0.4745	-0.11188	0.323164	-0.42262	0.243146	0.39736		
ES.8	-0.0785	0.32683	0.93057	-0.25783	0.530101	0.66149	0.2881	

**Tabla 4.3.5 Matrices de valores y correlación para el SF**

1985	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
ARG	22.3	0.653	42.000	5.300	600.000	7.634	6.925	2.860
CHI	5.400	0.587	56.200	12.100	28.322	7.636	13.778	2.350
COL	8.600	0.719	48.000	14.000	31.471	17.452	5.650	1.330
CRI	6.600	0.689	37.400	6.800	12.259	21.808	13.436	8.410
DOM	14.400	0.737	47.400	15.800	43.533	13.100	5.991	5.930
ECU	15.200	0.823	43.730	7.330	30.699	13.332	6.881	2.660
SLV	20.600	0.898	49.000	16.900	18.869	26.912	6.812	12.170
GTM	58.800	0.973	59.600	2.650	21.863	25.851	3.443	3.930
JAM	13.600	0.776	36.400	25.000	25.491	7.516	24.345	18.170
MEX	10.400	0.852	42.500	4.420	59.814	10.072	8.290	2.770
PER	23.000	0.783	41.400	5.200	145.455	10.226	5.827	0.530
TTO	7.900	0.648	40.300	15.500	8.458	2.435	3.585	18.610

	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
FS.1								
FS.2	0.7681							
FS.3	0.5556	0.27376						
FS.4	-0.3992	-0.20967	-0.22148					
FS.5	0.088	-0.27441	-0.176998	-0.333				
FS.6	0.5382	0.63649	0.423917	-0.1972	-0.28521			
FS.7	-0.3457	-0.2224	-0.37205	0.52589	-0.13182	-0.21256		
FS.8	-0.1691	-0.05907	-0.410763	0.71505	-0.2896	-0.15666	0.38922	

1990	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
ARG	16.500	0.655	43.000	7.300	2,129.406	8.124	4.357	2.860
CHI	5.400	0.567	55.400	5.700	25.953	8.709	9.140	2.350
COL	8.600	0.676	53.000	10.200	27.196	16.748	9.657	1.330
CRI	6.600	0.685	37.400	4.600	18.245	17.889	8.774	8.410
DOM	14.400	0.682	47.400	15.800	49.609	13.423	3.281	5.930
ECU	15.200	0.756	43.730	6.100	47.516	13.407	10.142	2.660
SLV	20.600	0.818	53.000	10.000	25.873	17.102	4.329	12.170
GTM	58.800	0.965	59.600	3.900	47.133	25.879	2.793	3.930
JAM	13.600	0.740	36.400	15.700	22.285	7.112	14.405	18.170
MEX	10.400	0.740	46.900	2.750	25.388	7.848	4.306	2.770
PER	23.000	0.731	41.400	8.300	6,782.312	8.538	1.810	0.530
TTO	7.900	0.658	40.300	20.000	17.115	2.541	8.861	18.610

	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
FS.1								
FS.2	0.8722							
FS.3	0.4873	0.33951						
FS.4	-0.273	-0.25238	-0.35474					
FS.5	0.1362	-0.03738	-0.25312	-0.0858				
FS.6	0.6383	0.66245	0.572636	-0.4535	-0.240835			
FS.7	-0.4984	-0.34409	-0.37027	0.2985	-0.466518	-0.2622		
FS.8	-0.1651	0.02621	-0.43411	0.7123	-0.355837	-0.3006	0.46923	



1995	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
ARG	15.400	0.621	44.000	18.800	2.835	5.698	3.445	2.860
CHI	4.200	0.564	57.500	4.700	8.314	9.239	7.611	2.350
COL	8.600	0.637	57.100	8.700	19.449	15.284	4.697	1.330
CRI	6.600	0.643	45.900	5.200	-49.154	13.696	5.547	8.410
DOM	14.400	0.642	47.400	15.800	14.526	12.578	3.426	5.930
ECU	16.800	0.689	43.730	6.900	20.749	11.916	7.890	2.660
SLV	20.600	0.724	50.800	7.700	6.671	13.371	2.991	12.170
GTM	62.400	0.939	55.800	2.650	8.800	24.151	2.387	3.930
JAM	13.600	0.633	36.400	16.200	20.334	8.518	11.797	18.170
MEX	10.400	0.661	51.900	5.700	39.220	5.474	9.157	2.770
PER	23.100	0.675	46.200	6.970	9.383	8.606	2.313	0.530
TTO	7.900	0.577	40.300	17.200	16.816	2.313	7.877	18.610

	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
FS.1								
FS.2	0.954							
FS.3	0.2381	0.3166						
FS.4	-0.334	-0.4866	-0.67358					
FS.5	0.0551	0.0043	0.06401	0.1665				
FS.6	0.7037	0.79809	0.52643	-0.5632	-0.2521			
FS.7	-0.4813	-0.451	-0.40325	0.167	0.31217	-0.4827		
FS.8	-0.1606	-0.1856	-0.63053	0.4961	-0.0617	-0.2863	0.4465	

2000	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
ARG	14.300	0.595	45.000	15.000	-2.624	4.971	9.622	2.860
CHI	4.200	0.548	58.000	8.300	1.366	8.538	8.164	2.350
COL	9.100	0.595	58.000	20.500	9.040	13.421	6.136	1.330
CRI	4.000	0.604	41.200	5.200	9.775	9.554	4.063	8.410
DOM	14.400	0.608	47.400	15.800	0.379	11.168	2.659	5.930
ECU	16.800	0.620	43.730	9.000	120.309	9.978	9.378	2.660
SLV	18.300	0.674	53.000	7.000	0.172	9.778	2.846	12.170
GTM	23.800	0.856	55.800	1.400	4.339	22.826	2.127	3.930
JAM	13.600	0.614	37.910	18.970	7.004	6.479	8.327	18.170
MEX	9.500	0.605	48.110	1.600	6.289	4.097	10.084	2.770
PER	12.900	0.630	40.300	7.400	0.777	8.641	4.787	0.530
TTO	7.900	0.468	40.300	12.200	8.145	1.658	6.344	18.610

	FS.1	FS.2	FS.3	FS.4	FS.5	FS.6	FS.7	FS.8
FS.1								
FS.2	0.77796							
FS.3	0.1152	0.3449						
FS.4	-0.1373	-0.4375	-0.1242					
FS.5	0.18826	-0.0145	-0.1758	-0.0553				
FS.6	0.55912	0.8464	0.562	-0.2206	0.0414			
FS.7	-0.3289	-0.4876	-0.2079	0.17427	0.346	-0.6116		
FS.8	-0.0452	-0.2721	-0.4626	0.24526	-0.1553	-0.3709	-0.1113	

**Tabla 4.3.6 Matrices de valores y correlación para el FR**

1985	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
ARG	0.799	0.824	11.430	1.144	1.452	215.443	4.594	61.667
CHI	0.785	0.817	17.800	1.415	0.989	144.916	3.406	57.233
COL	0.695	0.767	6.630	0.901	1.200	92.500	1.564	56.300
CRI	0.785	0.813	14.060	1.265	0.837	75.700	3.314	59.667
DOM	0.680	0.712	3.970	0.927	1.372	78.419	1.700	46.900
ECU	0.694	0.761	3.530	0.838	1.141	65.941	1.907	54.367
SLV	0.614	0.694	6.550	0.916	0.812	73.855	1.471	46.800
GTM	0.554	0.609	4.240	0.759	0.675	25.995	1.100	48.450
JAM	0.690	0.736	8.520	1.035	1.166	93.033	3.333	41.200
MEX	0.753	0.782	7.720	0.956	0.702	113.688	0.700	47.400
PER	0.690	0.724	3.960	0.897	0.825	76.852	1.684	53.600
TTO	0.780	0.789	10.160	1.150	0.564	275.862	3.800	43.250

	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
FR.1								
FR.2	0.9675							
FR.3	0.7183	0.70696						
FR.4	0.7981	0.76239	0.96539					
FR.5	0.1539	0.23527	-0.0328	0.02909				
FR.6	0.7051	0.62709	0.49124	0.55868	-0.0209			
FR.7	0.6796	0.63541	0.69406	0.75823	0.283	0.702143		
FR.8	0.4228	0.50392	0.39252	0.35325	0.3566	0.014891	0.28776	

1990	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
ARG	0.808	0.824	20.040	1.150	1.474	249.023	4.594	61.667
CHI	0.780	0.817	16.480	1.421	1.004	206.107	3.159	57.233
COL	0.720	0.767	6.270	0.838	1.218	108.665	1.367	56.300
CRI	0.791	0.789	14.310	1.355	0.849	221.429	2.500	59.667
DOM	0.680	0.712	3.970	0.920	1.393	83.682	1.881	46.900
ECU	0.704	0.761	3.530	0.845	1.158	85.737	1.644	54.367
SLV	0.653	0.694	6.550	1.068	0.824	91.841	1.471	46.800
GTM	0.577	0.609	4.060	0.868	0.685	53.099	1.100	48.450
JAM	0.720	0.736	8.270	1.004	1.184	135.592	2.200	41.200
MEX	0.785	0.782	7.600	0.968	0.712	149.534	0.800	47.400
PER	0.702	0.612	4.050	0.952	0.837	96.350	1.413	53.600
TTO	0.790	0.789	8.050	1.222	0.573	330.891	4.000	43.250

	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
FR.1								
FR.2	0.8508							
FR.3	0.7078	0.69859						
FR.4	0.6331	0.5528	0.77999					
FR.5	0.1117	0.29258	0.25633	-0.1826				
FR.6	0.8226	0.70384	0.68441	0.75578	-0.1463			
FR.7	0.6334	0.61002	0.7543	0.66688	0.24655	0.84682		
FR.8	0.3653	0.34806	0.58019	0.29839	0.3566	0.15601	0.2803	

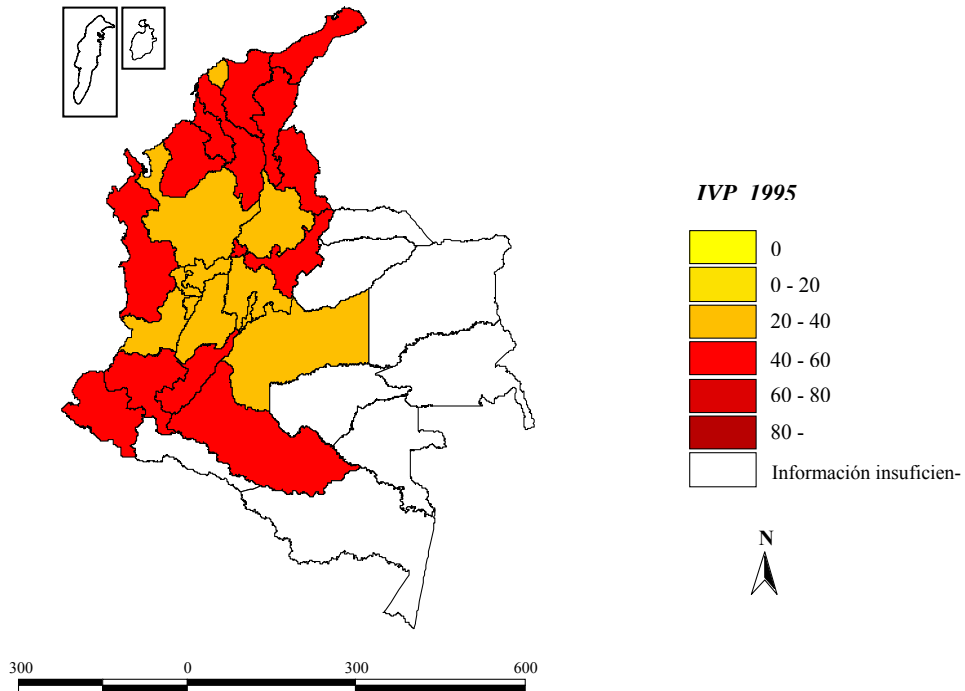
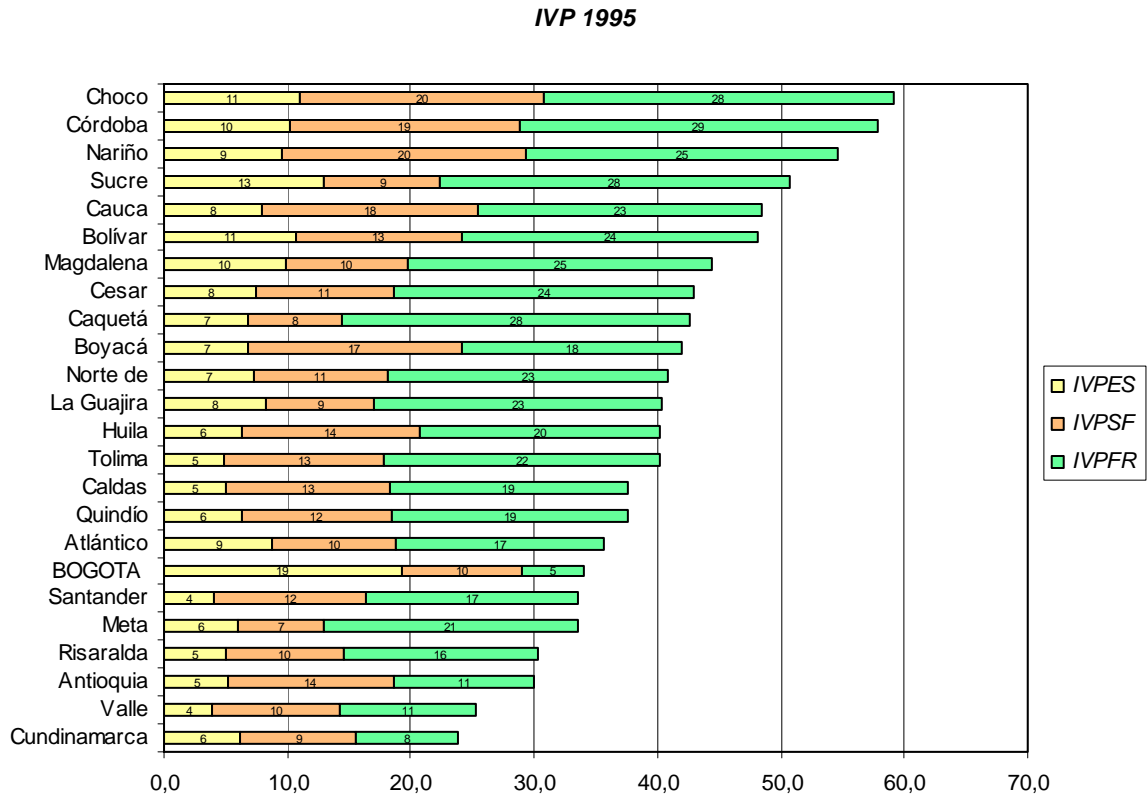
1995	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
ARG	0.830	0.824	16.764	1.098	1.503	276.100	2.200	62.500
CHI	0.819	0.817	13.855	1.466	1.024	224.168	2.200	60.000
COL	0.746	0.767	9.652	0.771	1.242	189.767	1.200	55.000
CRI	0.810	0.763	13.299	1.401	0.866	225.225	1.784	57.000
DOM	0.700	0.712	4.259	1.034	1.421	89.869	1.600	46.900
ECU	0.720	0.761	4.548	0.728	1.181	148.342	1.554	57.000
SLV	0.692	0.694	8.063	1.082	0.841	132.509	1.234	48.000
GTM	0.608	0.609	4.376	0.824	0.699	60.120	0.966	47.300
JAM	0.740	0.736	7.429	1.065	1.207	160.000	2.216	41.200
MEX	0.793	0.770	9.234	1.019	0.726	213.290	1.200	51.000
PER	0.730	0.724	5.341	0.948	0.854	140.236	0.900	50.000
TTO	0.790	0.789	9.933	1.217	0.584	332.601	3.900	43.250

	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
FR.1								
FR.2	0.9434							
FR.3	0.8382	0.74314						
FR.4	0.637	0.45596	0.65783					
FR.5	0.1492	0.30503	0.15894	-0.1695				
FR.6	0.8651	0.83568	0.76672	0.52499	-0.102			
FR.7	0.5141	0.53698	0.41442	0.51703	-0.075	0.75889		
FR.8	0.5125	0.55466	0.61926	0.1658	0.3832	0.28389	-0.151	

2000	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
ARG	0.844	0.824	16.891	0.682	1.538	320.781	2.200	61.500
CHI	0.830	0.817	15.766	1.393	1.047	282.690	2.747	55.100
COL	0.746	0.767	10.747	0.670	1.271	282.026	1.498	59.100
CRI	0.783	0.789	14.271	1.204	0.886	231.171	1.493	63.200
DOM	0.740	0.712	4.724	0.842	1.453	96.000	1.547	48.400
ECU	0.731	0.761	2.760	0.656	1.208	218.251	0.760	54.300
SLV	0.719	0.694	9.154	0.843	0.860	200.765	0.760	48.700
GTM	0.634	0.609	4.862	0.722	0.715	61.484	0.700	49.600
JAM	0.760	0.736	9.213	0.888	1.235	194.093	1.115	40.100
MEX	0.820	0.782	9.416	0.958	0.743	283.169	1.100	45.900
PER	0.747	0.724	5.612	0.821	0.873	148.079	1.332	56.500
TTO	0.800	0.789	10.632	1.032	0.598	339.934	3.900	40.100

	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8
FR.1								
FR.2	0.938283							
FR.3	0.741973	0.70309						
FR.4	0.483951	0.4147	0.5229					
FR.5	0.194856	0.2601	0.12323	-0.3547				
FR.6	0.814274	0.87296	0.70168	0.28102	0.0064			
FR.7	0.615132	0.59285	0.53784	0.48867	-0.1077	0.63022		
FR.8	0.146953	0.30347	0.36314	-0.0346	0.3482	0.10575	-0.115	

**Figura 4.3.7 IVP agregado de los departamentos de Colombia, en 1995**



## 4.4 Índice de gestión de riesgos (IGR)

En la evaluación de la gestión del riesgo se involucra información que no tiene unidades de medida comunes o que sólo puede ser calificada utilizando calificaciones lingüísticas; es por esto que aquí se han utilizado indicadores compuestos multiatributo y la teoría de conjuntos difusos. La tabla 4.4.1 presenta los valores del IGR y de los índices que lo componen, obtenidos de las valoraciones indicadas en las tablas 4.4.2 a 4.4.5. Utilizando el PAJ, la figura 4.4.1 presenta los valores del  $IGR_{IR}$ , la figura 4.4.2 presenta los valores del  $IGR_{RR}$ , la figura 4.4.3 presenta los valores del  $IGR_{MD}$  y figura 4.4.4 presenta los valores del  $IGR_{PF}$  para cada país en cada período.

**Tabla 4.4.1 Sub-indicadores componentes del IGR para cada país y en cada período**

Año	Ind	Pesos <sup>43</sup>	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER
1985	IR	PAJ	6.98	9.90	10.54	12.85	4.56	10.73	36.07	10.39	12.74	36.80	10.45
		Presupuesto	9.40	11.89	11.14	12.49	4.56	12.37	42.83	11.54	10.61	38.91	11.02
		Iguals	12.49	12.49	12.49	12.49	4.56	12.49	36.07	12.49	12.49	31.83	12.49
	RR	PAJ	9.01	29.32	10.97	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	10.76	4.56	4.56
		Presupuesto	11.40	38.73	11.14	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	13.17	4.56	4.56
		Iguals	12.49	36.40	12.49	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	12.49	4.56	4.56
	MD	PAJ	13.36	24.72	4.56	4.56	4.56	8.90	13.70	10.75	54.44	4.56	9.17
		Presupuesto	12.90	34.95	4.56	4.56	4.56	12.20	12.49	11.83	51.20	4.56	9.40
		Iguals	12.49	36.40	4.56	4.56	4.56	12.49	12.49	12.49	48.82	4.56	12.49
	PF	PAJ	4.56	31.42	4.56	27.26	4.56	4.56	28.69	6.27	13.53	4.56	4.56
		Presupuesto	4.56	31.64	4.56	26.11	4.56	4.56	33.51	11.54	13.05	4.56	4.56
		Iguals	4.56	36.40	4.56	31.83	4.56	4.56	36.07	12.49	12.49	4.56	4.56
	IGR	PAJ	8.48	23.84	7.66	12.31	4.56	7.19	20.75	7.99	22.87	12.62	7.19
		Presupuesto	9.57	29.30	7.85	11.93	4.56	8.42	23.35	9.87	22.01	13.15	7.38
		Iguals	10.51	30.42	8.52	13.36	4.56	8.52	22.30	10.51	21.57	11.38	8.52
1990	IR	PAJ	8.42	31.10	25.07	12.26	9.43	15.02	31.83	10.39	34.45	36.80	27.68
		Presupuesto	11.76	35.23	23.92	12.49	10.15	12.97	41.35	12.49	30.99	38.91	29.00
		Iguals	12.49	36.40	31.83	12.49	12.49	12.49	31.83	12.49	31.83	31.83	31.83
	RR	PAJ	25.22	41.36	13.96	29.29	4.56	15.73	4.56	4.56	30.40	15.02	9.65
		Presupuesto	29.90	41.64	13.68	30.72	4.56	12.95	4.56	4.56	34.60	15.19	10.78
		Iguals	31.83	36.40	12.49	31.83	4.56	12.49	4.56	4.56	31.83	12.49	12.49
	MD	PAJ	37.37	32.15	12.49	15.94	4.56	16.28	13.70	32.90	51.10	12.49	25.61
		Presupuesto	34.24	36.40	12.49	13.35	4.56	14.04	12.49	35.10	49.31	12.49	26.06
		Iguals	31.83	36.40	12.49	12.49	4.56	12.49	12.49	36.40	43.52	12.49	31.83
	PF	PAJ	4.56	31.42	12.49	32.65	4.56	4.56	37.90	14.69	35.55	4.56	4.56
		Presupuesto	4.56	36.70	12.49	31.64	4.56	4.56	32.27	13.35	34.93	4.56	4.56
		Iguals	4.56	36.40	12.49	36.40	4.56	4.56	31.83	12.49	31.83	4.56	4.56
	IGR	PAJ	18.89	34.01	16.00	22.54	5.78	12.90	22.00	15.64	37.87	17.22	16.87
		Presupuesto	20.11	37.49	15.64	22.05	5.96	11.13	22.67	16.38	37.46	17.79	17.60
		Iguals	20.18	36.40	17.32	23.30	6.54	10.51	20.18	16.48	34.75	15.34	20.18

<sup>43</sup> Las variables han sido ponderadas de acuerdo con los criterios de expertos de cada país. Los pesos fueron asignados para concederle a cada componente una importancia relativa en el contexto de cada indicador compuesto particular. Tres técnicas han sido usadas para comparar los resultados y evaluar su pertinencia: Pesos Iguales, Asignación Presupuestal, Proceso Analítico Jerárquico, PAJ (Cardona *et al.* 2004).

Año	Ind	Pesos	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER
1995	IR	PAJ	24.83	38.61	32.46	37.11	9.43	32.85	36.07	10.39	40.08	39.78	34.67
		Presupuesto	30.43	41.64	33.70	36.40	10.15	36.17	42.83	13.35	40.73	43.22	34.83
		Iguals	31.83	36.40	36.40	36.40	12.49	36.40	36.07	12.49	36.40	31.83	36.40
	RR	PAJ	25.22	41.36	39.28	45.74	10.92	15.73	13.71	14.02	30.46	40.31	17.00
		Presupuesto	29.90	41.64	38.73	45.74	11.14	12.95	9.40	12.49	36.73	36.84	17.00
		Iguals	31.83	36.40	36.40	48.13	12.49	12.49	12.49	12.49	31.83	31.83	17.00
	MD	PAJ	57.31	45.00	12.49	65.09	4.56	16.28	13.70	41.31	55.64	15.91	25.61
		Presupuesto	52.74	45.00	12.49	56.82	4.56	14.04	12.49	38.97	51.24	15.90	26.06
		Iguals	48.82	45.00	12.49	56.82	4.56	12.49	12.49	36.40	44.20	12.49	31.83
	PF	PAJ	6.35	45.00	31.50	32.65	4.56	4.56	37.90	30.54	36.90	14.05	8.11
		Presupuesto	10.02	45.00	32.95	31.64	4.56	4.56	32.27	32.92	35.81	13.05	9.40
		Iguals	12.49	45.00	36.40	36.40	4.56	4.56	31.83	31.83	31.83	31.83	12.49
	IGR	PAJ	28.43	42.49	28.93	45.15	7.37	17.36	25.35	24.07	40.77	27.51	21.35
		Presupuesto	30.78	43.32	29.47	42.65	7.60	16.93	24.25	24.43	41.13	27.25	21.82
		Iguals	31.24	40.70	30.42	44.44	8.52	16.48	23.22	23.30	36.07	26.99	24.43
2000	IR	PAJ	42.85	45.13	48.41	48.93	11.34	41.32	31.83	32.15	52.98	53.66	52.64
		Presupuesto	43.65	52.23	49.01	45.82	11.89	37.34	36.40	36.40	56.36	59.31	53.66
		Iguals	48.82	48.13	48.13	48.13	12.49	36.40	31.83	36.40	48.13	43.52	56.82
	RR	PAJ	32.53	41.36	44.46	48.83	28.52	16.00	32.55	17.00	30.46	40.31	34.88
		Presupuesto	43.07	41.64	44.91	47.41	29.11	13.95	17.00	17.00	36.73	36.84	34.95
		Iguals	43.52	36.40	48.13	48.13	31.83	12.49	31.83	17.00	31.83	31.83	36.40
	MD	PAJ	51.97	67.12	28.73	50.35	13.28	39.05	37.84	64.84	60.15	42.99	44.26
		Presupuesto	46.61	58.57	30.64	56.82	13.17	34.11	33.88	60.43	57.47	42.98	44.47
		Iguals	43.52	56.82	31.83	56.82	12.49	31.83	31.83	56.82	49.28	36.40	48.13
	PF	PAJ	6.35	62.64	39.64	43.13	12.17	4.56	38.60	31.95	36.90	39.11	17.00
		Presupuesto	10.02	60.05	39.26	43.13	14.73	4.56	32.92	32.92	35.81	36.69	17.00
		Iguals	12.49	56.82	36.40	48.13	12.49	4.56	36.07	31.83	31.83	31.83	17.00
	IGR	PAJ	33.43	54.06	40.31	47.81	16.33	25.23	35.20	36.49	45.12	44.02	37.20
		Presupuesto	35.84	53.12	40.96	48.29	17.23	22.49	30.05	36.69	46.59	43.96	37.52
		Iguals	37.09	49.54	41.12	50.30	17.32	21.32	32.89	35.51	40.27	35.89	39.59
2003	IR	PAJ	42.56	59.86	48.41	48.93	34.11	41.32	48.13	32.15	60.06	53.66	54.87
		Presupuesto	41.51	65.58	49.01	45.82	35.23	37.34	63.89	38.10	61.58	59.31	55.03
		Iguals	43.52	56.82	48.13	48.13	36.40	36.40	48.13	36.40	54.97	43.52	56.82
	RR	PAJ	38.53	58.11	44.46	50.96	33.25	17.00	38.23	17.00	30.46	40.31	45.00
		Presupuesto	43.07	48.76	44.91	49.47	33.70	17.00	25.40	17.00	36.73	36.84	45.00
		Iguals	43.52	48.13	48.13	48.13	36.40	17.00	36.40	17.00	31.83	31.83	45.00
	MD	PAJ	55.81	67.12	28.73	50.35	43.31	28.13	45.00	72.07	63.04	42.99	44.26
		Presupuesto	47.73	58.57	30.64	56.82	43.65	33.04	45.00	67.44	59.25	42.98	44.47
		Iguals	42.36	56.82	31.83	56.82	48.82	31.83	45.00	63.65	59.25	36.40	48.13
	PF	PAJ	6.35	62.64	39.64	43.13	14.50	4.56	40.44	41.71	41.32	39.11	36.40
		Presupuesto	10.02	60.05	39.26	43.13	14.73	4.56	34.18	44.60	4.57	36.69	36.40
		Iguals	12.49	56.82	36.40	48.13	12.49	4.56	31.83	43.52	43.52	31.83	36.40
	IGR	PAJ	35.81	61.94	40.31	48.34	31.29	22.75	42.95	40.73	48.72	44.02	45.13
		Presupuesto	35.58	58.24	40.96	48.81	31.82	22.99	42.12	41.79	40.53	43.96	45.23
		Iguals	35.47	54.65	41.12	50.30	33.53	22.45	40.34	40.14	47.39	35.89	46.59

**Tabla 4.4.2 Calificaciones de los subindicadores del IGR en 1985<sup>44</sup>**

1985	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER
RI1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1
RI2	1	2	1	2	1	2	3	2	1	3	1
RI3	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	1
RI4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2
RI5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
RI6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RR1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RR2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RR3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1
RR4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RR5	2	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1
RR6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MD1	2	2	1	1	1	2	2	2	4	1	1
MD2	1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	1
MD3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MD4	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2
MD5	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
MD6	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1
PF1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1
PF2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
PF3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
PF4	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
PF5	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
PF6	1	3	1	3	1	1	3	2	2	1	1

**Tabla 4.4.3 Calificaciones de los indicadores del IGR en 1990**

1990	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER
IR1	2	3	3	1	1	2	1	1	3	1	1
IR2	2	3	2	2	1	2	3	2	2	3	2
IR3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2
IR4	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	3
IR5	1	2	1	1	2	2	1	2	3	1	2
IR6	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
RR1	1	3	2	2	1	2	1	1	2	1	1
RR2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2
RR3	2	3	1	1	1	1	1	1	3	1	2
RR4	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1
RR5	3	3	2	2	1	1	1	1	3	2	1
RR6	1	2	1	3	1	2	1	1	1	2	1
MD1	3	3	2	2	1	2	2	3	4	2	2
MD2	1	2	1	2	1	2	2	2	3	1	1
MD3	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1
MD4	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	3
MD5	3	2	1	2	1	2	1	3	2	1	2
MD6	1	3	1	1	1	2	1	2	1	1	1
PF1	1	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1
PF2	1	3	2	2	1	1	1	1	2	1	1
PF3	1	3	1	2	1	1	2	2	2	1	1
PF4	1	3	1	3	1	1	3	2	1	1	1
PF5	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
PF6	1	3	2	3	1	1	3	2	3	1	1

<sup>44</sup> La valoración de cada indicador se realiza utilizando cinco niveles de desempeño: 1.bajo, 2.incipiente, 3.significativo, 4.sobresaliente y 5.óptimo.

**Tabla 4.4.4 Calificaciones de los subindicadores del IGR en 1995**

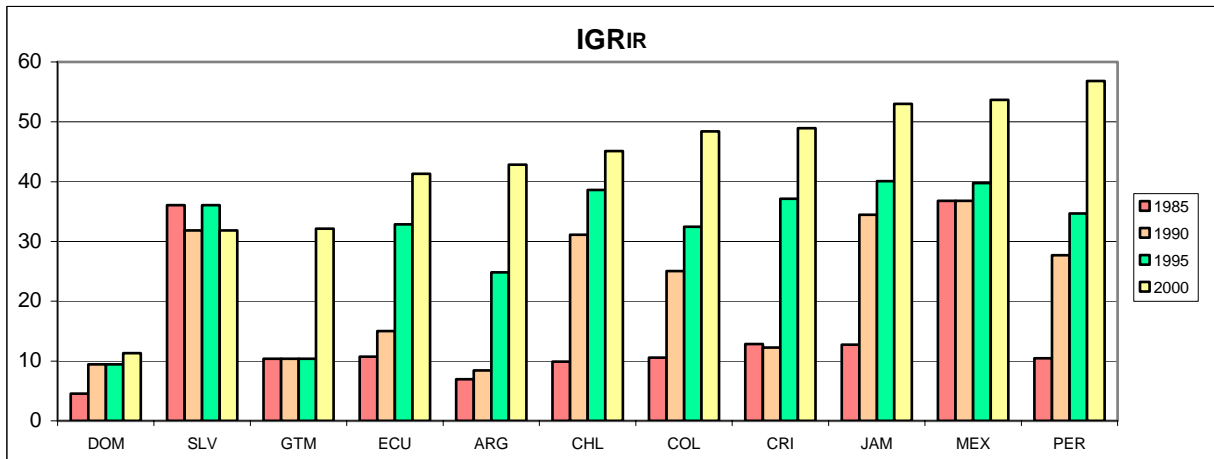
1995	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER
IR1	3	3	3	3	1	2	1	1	3	2	2
IR2	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3
IR3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3
IR4	2	2	2	2	1	3	1	2	2	1	3
IR5	1	3	3	2	2	2	1	2	3	1	3
IR6	1	3	3	3	1	2	1	2	2	1	2
RR1	1	3	2	3	1	2	2	2	2	1	2
RR2	2	2	3	2	2	2	2	1	3	2	2
RR3	2	3	2	2	1	1	2	1	3	2	2
RR4	1	3	3	4	1	2	1	2	2	1	2
RR5	3	3	3	4	1	1	1	2	3	3	2
RR6	1	2	2	3	1	2	1	1	1	3	2
MD1	4	3	2	4	1	2	2	3	5	2	2
MD2	3	3	2	3	1	2	2	3	3	2	1
MD3	3	3	2	3	1	1	1	3	2	2	2
MD4	3	3	1	4	1	2	1	3	3	2	3
MD5	4	3	2	3	1	2	1	3	3	1	2
MD6	1	3	1	3	1	2	1	2	1	1	1
PF1	1	3	1	2	1	1	1	1	3	2	1
PF2	1	3	3	2	1	1	1	2	3	2	1
PF3	1	3	3	2	1	1	2	2	2	1	1
PF4	2	3	2	3	1	1	3	3	2	1	2
PF5	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
PF6	1	3	2	3	1	1	3	2	3	1	1

**Tabla 4.4.5 Calificaciones de los subindicadores del IGR en el 2000**

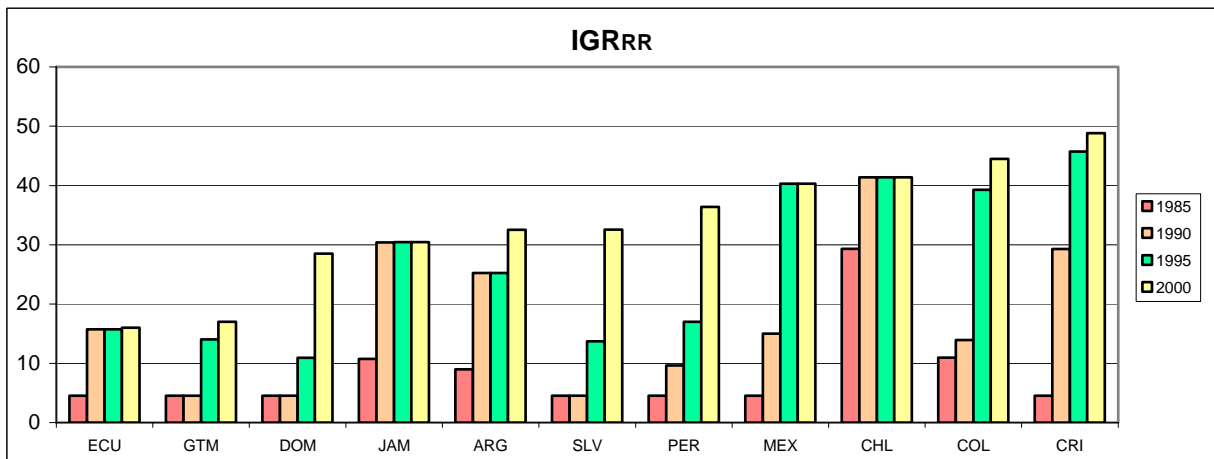
2000	ARG	CHL	COL	CRI	DOM	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER
IR1	4	4	4	3	2	2	2	2	4	2	3
IR2	3	4	3	3	2	3	3	3	4	4	3
IR3	3	3	4	4	2	3	3	3	3	3	3
IR4	3	2	3	2	2	3	1	3	2	2	4
IR5	1	3	2	3	2	3	1	3	4	2	3
IR6	1	3	2	3	1	2	1	2	3	1	3
RR1	2	3	3	3	1	2	2	2	2	1	3
RR2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3
RR3	2	3	2	2	1	1	2	2	3	2	3
RR4	1	3	2	4	2	2	1	2	2	1	3
RR5	4	3	4	4	2	2	1	2	3	3	2
RR6	2	2	3	2	1	2	1	2	1	3	2
MD1	4	4	3	4	2	2	3	4	5	3	3
MD2	2	4	2	4	2	2	3	4	3	3	2
MD3	3	3	2	3	2	1	3	4	3	3	2
MD4	3	3	2	3	2	2	2	4	3	3	4
MD5	4	3	1	3	2	3	2	4	3	2	3
MD6	1	3	2	4	1	2	1	3	2	2	2
PF1	1	4	2	3	1	1	1	2	3	2	2
PF2	1	3	2	3	1	1	1	3	3	3	2
PF3	1	3	2	3	1	1	3	2	2	1	2
PF4	2	3	2	4	1	1	3	3	2	2	2
PF5	1	3	3	2	1	1	1	1	1	2	2
PF6	1	3	3	3	2	1	3	2	3	2	2



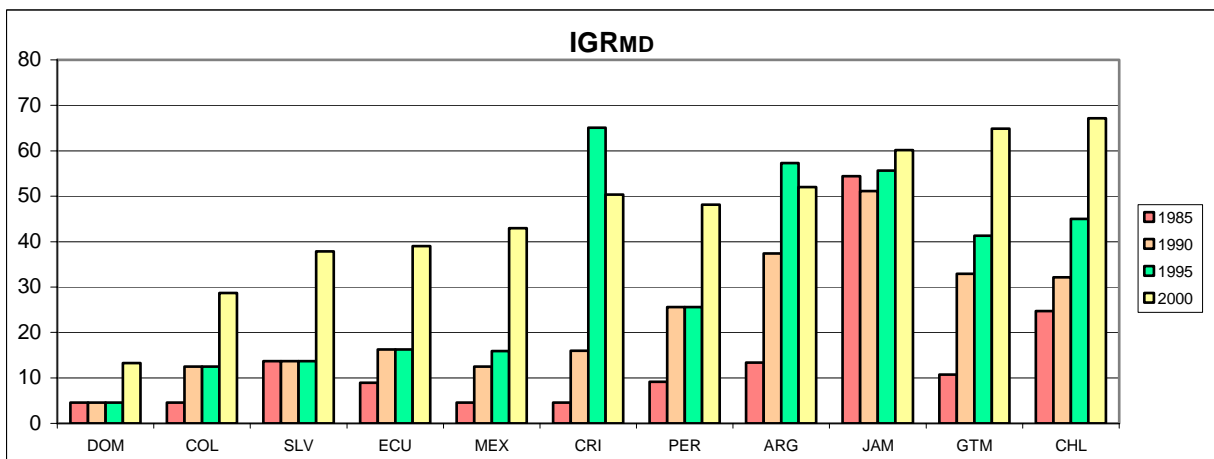
**Figura 4.4.1 IGR en identificación de riesgos**



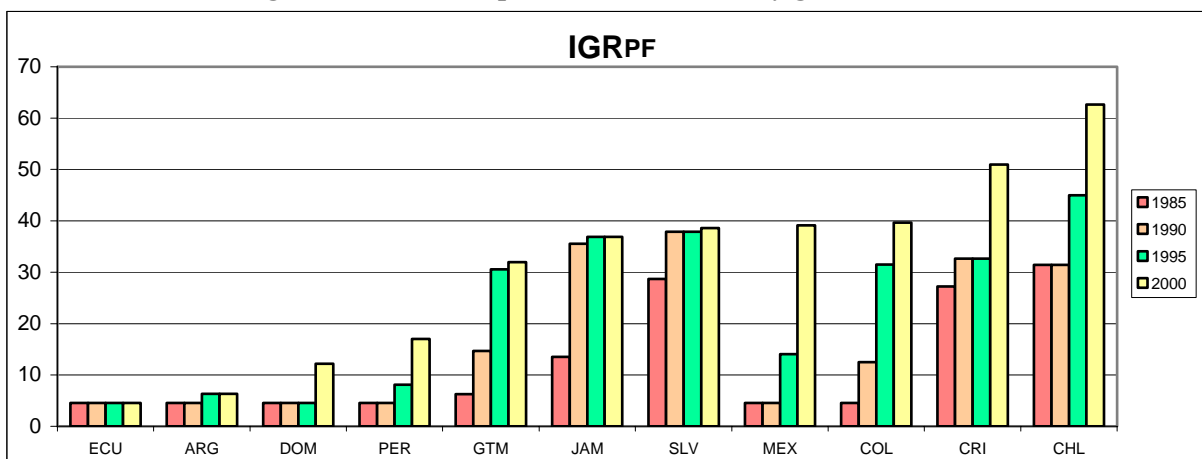
**Figura 4.4.2 IGR en reducción de riesgos**



**Figura 4.4.3 IGR en manejo de desastres**

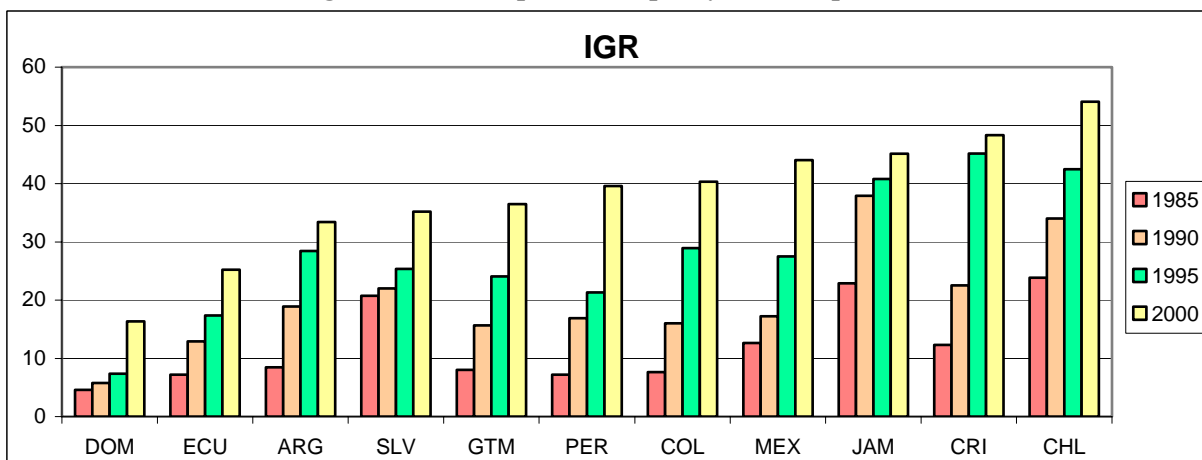


**Figura 4.4.4 IGR en protección financiera y gobernabilidad**



De la tabla 4.4.1 y de las figuras 4.4.1 a 4.4.4 se concluye que Perú, México y Jamaica han logrado avances importantes en identificación de riesgos. En general la mayoría de los países presentan valores significativos en este aspecto. Costa Rica y Colombia presentan los mayores avances en reducción de riesgos, seguidos por Chile y México. En general, en este sub-indicador es en el que menos avance se ha tenido en los países. En manejo de desastres los valores de desempeño más altos los presentan Chile, Guatemala y Jamaica en el 2000, aunque a mediados de los años 90 Costa Rica, Argentina y Jamaica llegaron a presentar valores notables en términos relativos. En esta política pública es en la cual se han obtenido los mayores avances en los países. Finalmente, Chile y Costa Rica registran los mayores valores en protección financiera y gobernabilidad, seguidos por Colombia y México. En general en este aspecto los países presentan el menor avance relativo.

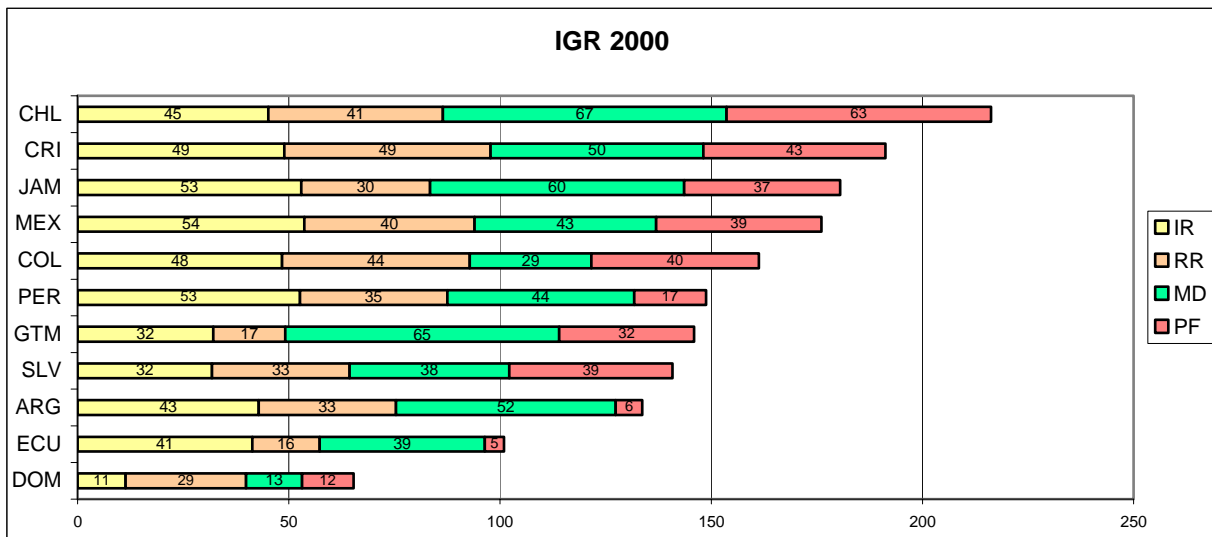
**Figura 4.4.5 IGR para cada país y en cada período**



La figura 4.4.5 ilustra que el IGR de la mayoría de los países ha mejorado. Todos empezaron en el nivel más bajo en los años 80 y en el año 2000 el IGR promedio los coloca en un nivel de desempeño apenas incipiente. República Dominicana y Ecuador presentan, en general, un bajo nivel de desempeño en la gestión de riesgos. El IGR promedio de los países con mayor avance, Chile y Costa Rica, representa apenas un nivel de desempeño apreciable.

De acuerdo con la teoría que soporta el método de evaluación utilizado (Carreño *et al.* 2004), la efectividad –probable– de la gestión de riesgos, en el mejor de los casos, no alcanza el 60%. En general la efectividad alcanzada de la mayoría de los países se encuentra en un rango entre el 20% y 30% que es muy baja frente a los valores deseables de efectividad que se deberían alcanzar. En los años previos la situación es aún más crítica. El bajo nivel de la efectividad de la gestión de riesgos que se infiere en general de los valores del *IGR* para el grupo de países, se reafirma con los altos niveles de riesgo que representan el *IDD*, el *IDL* y el *IVP* a lo largo de los años. En parte el riesgo es alto debido a la falta de una efectiva gestión del riesgo en el pasado. La figura 4.4.6 ilustra el valor agregado del *IGR* de los países en el año 2000 obtenido por la suma de los cuatro componentes relacionados a la identificación del riesgo, reducción del riesgo, gestión de desastres y protección financiera.

**Figura 4.4.6 IGR total (agregado)**

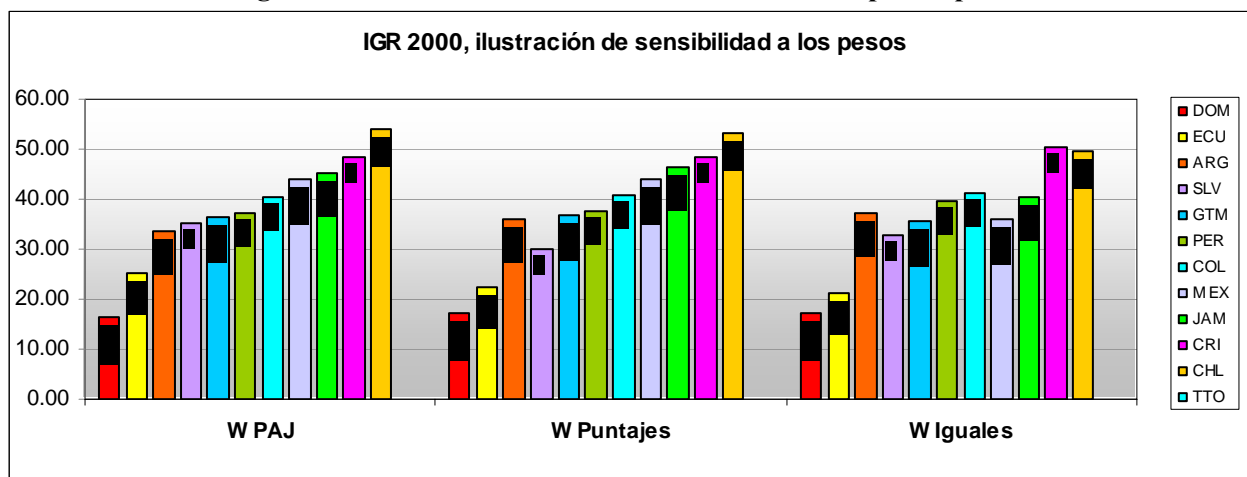


Los indicadores que componen cada política pública se ponderaron de acuerdo con el criterio de expertos de cada país. Se asignaron pesos para dar a cada componente su significado en el contexto de cada indicador compuesto particular. Se utilizaron tres técnicas para comparar los resultados y evaluar su pertinencia:

- La igual ponderación.* Este método, aunque simple, puede no ser el mejor método de agregación.
- El juicio de expertos.* Se reunieron expertos en cada país, con un amplio espectro de conocimientos, experiencia e interés en el tema. El método es muy eficaz dado que la asignación *presupuestal* de pesos se hizo para seis indicadores en cada caso (menos de 10), como lo recomienda la literatura especializada.
- El Proceso Analítico Jerárquico, PAJ.* Este método permite obtener pesos contrastantes a los asignados en forma arbitraria. Su ventaja, a diferencia de otros métodos, es que no requiere de una escala universal. El PAJ tolera la inconsistencia de tal manera que las personas piensan a través de un enfoque redundante (hay más ecuaciones disponibles que el número de pesos en ser definidos). Aunque también se obtuvo un promedio de estas asignaciones, para contar con otra ponderación unificada, se decidió dejar los pesos que en cada país se obtuvieron, previo ajuste en algunos casos con fines de consistencia.

d) *Pruebas de sensibilidad.* Los pesos de los indicadores pueden considerarse como incertidumbres, debido a la pluralidad de perspectivas de los diferentes interesados. La variación de los resultados fue mínima y al realizar las comparaciones el mayor cambio de posición fue de un puesto en la escala de clasificación. La figura 4.4.7 ilustra la clasificación de los países con las alternativas de ponderación en uno de los períodos de análisis. Las tablas 4.4.6 y 4.4.7 presentan los pesos por asignación de puntajes y obtenidos con el PAJ. El IGR finalmente se estimó con los pesos obtenidos mediante el PAJ realizado en cada país.

**Figura 4.4.6 Estimaciones del IGR con diferentes tipos de pesos**



Los pesos y las evaluaciones se realizaron en cada país, en la mayoría de los casos, por entidades encargadas de la gestión del riesgo. Estas evaluaciones, en algunos casos, parecen presentar sesgos hacia una sobre estimación o benevolencia en el nivel de desempeño alcanzado cuando se compara con las evaluaciones realizadas por expertos locales externos, que parecen ser más minuciosas. Se dejaron las primeras evaluaciones pero se considera que las evaluaciones externas también son pertinentes y que quizás con el tiempo serían lo más deseable, si se hacen en forma concertada, para no favorecer el *statu quo*. Aunque es también factible asignar un peso a cada índice compuesto que representa el desempeño del país en cada una de las cuatro políticas públicas, se ha asumido en principio que dichos pesos son iguales.

#### 4.4.1 Evaluación a nivel subnacional

El IGR se puede estimar al interior de un país para unidades subnacionales tales como estados, departamentos o provincias, o a nivel urbano para una ciudad o para unidades al interior de la misma. Barbat y Carreño (2004b) y Carreño *et al.* (2004) presentan los resultados en forma detallada de dicha aplicación para Colombia y para Bogotá, como ejemplo demostrativo en el marco del presente estudio.

En el caso de Bogotá, para la estimación del IGR se contó con la colaboración de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá y de expertos externos. Los subindicadores de identificación del riesgo (IR), reducción del riesgo (RI), manejo de desastres (MD) y de protección financiera y gobernabilidad (PF), así como también los pesos utilizando el PAJ se calificaron según su experiencia y conocimiento. La tabla 4.4.8 presenta los resultados del IGR para Bogotá.

**Table 4.4.6 Pesos obtenidos usando la alternative de asignación de puntajes**

Ind	ARG	CHL	COL	CRI	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	DOM	TTO
IR.1	10	25	10	10	10.75	10	15	5	5	28	5	n/a
IR.2	15	20	10	20	15.25	50	15	35	52	14	20	n/a
IR.3	20	5	20	15	14.75	10	20	15	30	22	5	n/a
IR.4	25	10	30	20	20.25	10	20	15	5	18	25	n/a
IR.5	10	10	15	15	21	10	10	20	5	12	15	n/a
IR.6	20	30	15	20	18	10	20	10	3	6	30	n/a
RR.1	25	15	13	25	19.5	10	20	20	10	20	30	n/a
RR.2	20	10	12	20	20	0	20	20	20	15	20	n/a
RR.3	9	15	5	10	12	20	15	25	10	10	5	n/a
RR.4	12	20	30	15	17.5	50	20	15	5	18	15	n/a
RR.5	18	30	20	15	17.25	10	15	15	30	25	25	n/a
RR.6	16	10	20	15	13.75	10	10	5	25	12	5	n/a
MD.1	24	25	15	20	19	33	18	30	25	30	20	n/a
MD.2	21	25	15	20	18.25	6	22	30	20	20	25	n/a
MD.3	17	10	20	20	12	9	14	20	20	7	10	n/a
MD.4	14	5	20	5	12.75	2	14	5	25	12	10	n/a
MD.5	11	15	15	20	20.75	17	18	10	5	25	15	n/a
MD.6	13	20	15	15	17.25	33	14	5	5	6	20	n/a
PF.1	27	30	10	20	26	25	15	10	20	15	35	n/a
PF.2	21	15	15	20	12	0	15	10	30	5	5	n/a
PF.3	15	10	15	20	16.25	10	20	25	5	20	15	n/a
PF.4	13	20	10	10	14.75	5	20	15	5	10	10	n/a
PF.5	18	10	25	20	15.25	35	15	10	15	25	5	n/a
PF.6	6	15	25	10	15.75	25	15	30	25	25	30	n/a

**Table 4.4.7 Pesos obtenidos usando la técnica PAJ**

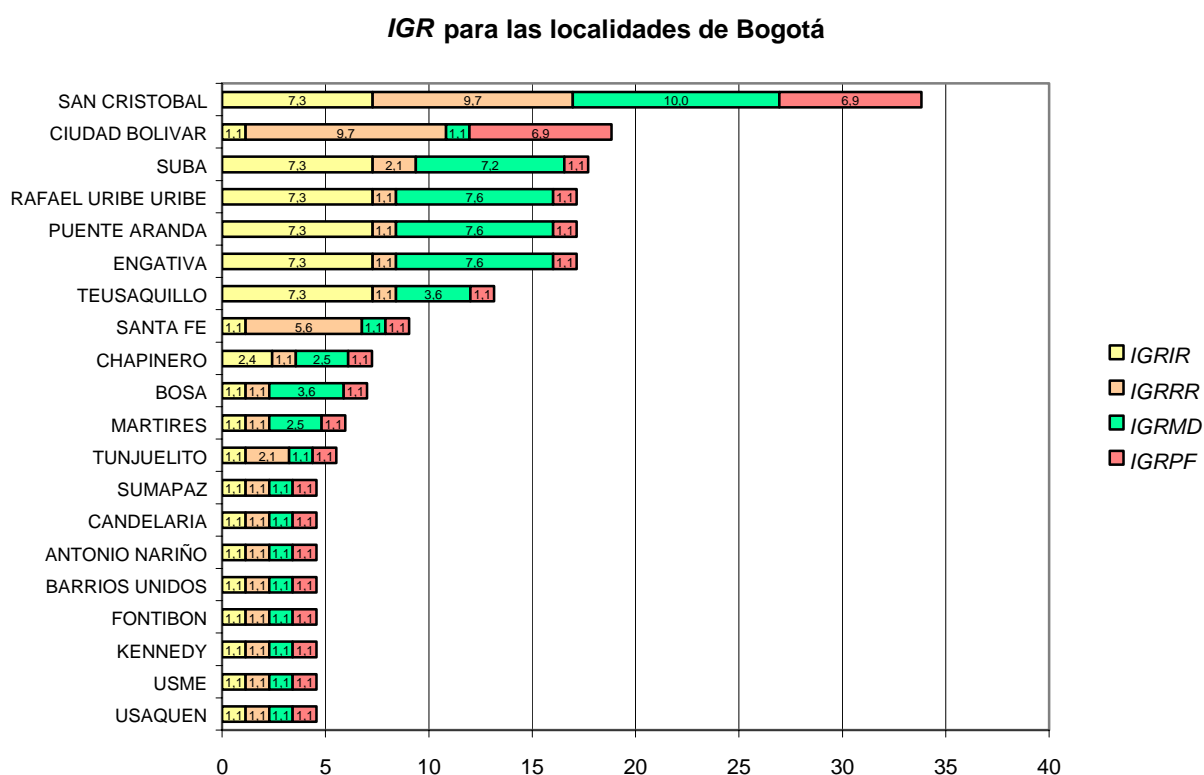
Ind	ARG	CHL	COL	CRI	ECU	SLV	GTM	JAM	MEX	PER	DOM	TTO
IR.1	7.65	9.33	11.54	9	3.21	16.67	43.55	5.78	6.37	31.22	4.87	n/d
IR.2	7.34	17.9	11.54	20	10.05	16.67	23.36	23.29	41.24	14.16	13.8	n/d
IR.3	13.4	2.92	17.66	20	6.77	16.67	14.78	20.35	24.08	23.97	4.87	n/d
IR.4	46	26.3	31.52	18	24.17	16.67	9.40	12.63	3.13	17.05	25.7	n/d
IR.5	3.45	5.15	13.86	15	40.83	16.67	5.88	25.26	17.74	8.31	14.6	n/d
IR.6	22.1	38.5	13.86	18	14.96	16.67	3.03	12.69	7.44	5.29	36.2	n/d
RR.1	44.1	43.2	14.37	26	40.95	24.3	46.38	30.01	5.97	24.81	30.3	n/d
RR.2	19.5	4.01	8.59	22	23.32	21.92	27.05	16.85	9.82	13.49	19	n/d
RR.3	4.45	5.97	7.24	9.2	7.46	17.8	11.23	8.66	14.89	3.41	4.95	n/d
RR.4	5.95	15.6	31.27	14	13.28	8.8	7.30	13.46	4.51	18.18	15.2	n/d
RR.5	15.6	15.6	19.86	16	9.47	15.99	4.80	17.88	24.23	31.33	25.6	n/d
RR.6	10.4	15.6	18.68	12	5.52	11.19	3.24	13.14	40.58	8.79	4.95	n/d
MD.1	42.2	24.6	12.50	14	13.80	5.85	5.46	31.51	30.51	30.60	19.5	n/d
MD.2	31.5	45.9	12.50	14	13.80	37.24	41.09	22.12	15.32	19.84	25.3	n/d
MD.3	8.67	5.33	25.00	14	5.25	15.84	10.67	11.94	15.32	6.61	9.09	n/d
MD.4	6.21	3.58	25.00	38	5.25	24.57	3.22	13.64	30.51	11.39	9.09	n/d
MD.5	4.56	12.4	12.50	14	40.39	10.09	24.47	14.78	2.27	28.33	17.5	n/d
MD.6	6.79	8.17	12.50	7.3	21.51	6.41	15.09	6.01	6.07	3.23	19.5	n/d
PF.1	45.3	45.9	10.52	20	51.70	24.24	18.08	9.71	19.12	10.03	33.9	n/d
PF.2	25.6	5.11	13.23	20	4.62	4.292	2.83	9.71	40.83	2.93	4.99	n/d
PF.3	14	10.2	14.96	18	20.15	5.909	41.55	22.57	2.58	18.20	16.1	n/d
PF.4	5.46	13.5	7.35	10	4.623	36.52	24.98	16.8	3.35	7.97	9.33	n/d
PF.5	6.37	3.01	26.97	20	4.78	13.72	7.77	9.13	10.6	30.4	4.99	n/d
PF.6	3.17	22.3	26.97	12	14.13	15.31	4.78	32.1	23.6	30.4	30.7	n/d

**Tabla 4.4.8 IGR para la ciudad de Bogotá**

Indicador	1985	1990	1995	2000	2003
IGR <sub>IR</sub>	4.6	13.9	35.6	56.2	67.1
IGR <sub>RR</sub>	11.0	13.9	13.9	46.1	56.7
IGR <sub>MD</sub>	4.6	8.3	8.3	24.0	32.3
IGR <sub>PF</sub>	4.6	57.5	54.8	57.6	61.4
IGR <sub>prom</sub>	6.2	23.4	28.1	46.0	54.4

Además se hizo el mismo estudio detallando cada una de las localidades en las que está dividida la ciudad, siguiendo el mismo procedimiento y utilizando las mismas funciones. La figura 4.4.8 presenta los resultados obtenidos del *IGR* para 2003.

**Figura 4.4.8 IGR de las localidades de Bogotá**



## 4.5 Indicadores a nivel urbano

El enfoque de evaluación propuesto para el nivel urbano se aplicó en forma demostrativa a Bogotá, Colombia, con el fin de ilustrar a manera de ejemplo el tipo de resultados que pueden obtenerse y en consecuencia el tipo de actividades de gestión del riesgo más apropiadas. Para este tipo de evaluación demostrativa fue necesario identificar un caso donde la información era fácil de obtener y en particular donde existen estudios de amenaza y riesgo físico con el nivel de refinamiento requerido. Un resumen de los resultados se encuentra en Barbat y Carreño (2004b).

Para el ejemplo demostrativo se determinó que la amenaza que causaría el mayor impacto es la amenaza sísmica. El cálculo del riesgo sísmico de Bogotá, desde una perspectiva holística, se obtuvo partiendo del escenario de pérdidas potenciales, que permitió definir indicadores de daños y efectos directos para cada unidad de análisis, que en este caso se le denomina localidad o alcaldía menor.

Para cada una de estas unidades se obtuvo un indicador de riesgo físico,  $R_F$ , como resultado de considerar las posibles consecuencias en términos de muertos, heridos, área destruida y daños en las líneas vitales. Con base en una serie de indicadores de fragilidad social y de falta de resiliencia que caracterizan cada unidad de análisis se determinó el factor de impacto indirecto,  $F$ . Este factor toma valores entre 0 y 1. Los valores para evaluar el factor de impacto indirecto se calculan para cada unidad o área de análisis de la ciudad utilizando las funciones descritas en la sección anterior, con las cuales se relacionan los valores netos de los indicadores con un factor de impacto respectivo. Adicionalmente, a cada factor se le ha asignado un peso o importancia utilizando el Procedimiento Analítico Jerárquico (PAJ).

Bogotá, capital de Colombia, esta dividida en localidades o alcaldías menores. Una localidad es una división política, administrativa y territorial municipal, con competencias claras y criterios de financiación y aplicación de recursos, creada con el fin atender de manera más eficaz las necesidades de esa porción del territorio. Desde 1992 Bogotá esta dividida en 20 localidades así: Usaquén, Chapinero, Santafé, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativa, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, Candelaria, Rafael Uribe, Ciudad Bolívar y Sumapaz. En este estudio se tienen en cuenta solo 19 de estas debido a que la localidad de Sumapaz al sur corresponde fundamentalmente a área rural. La figura 4.5.1 presenta el mapa de localidades o áreas de Bogotá.

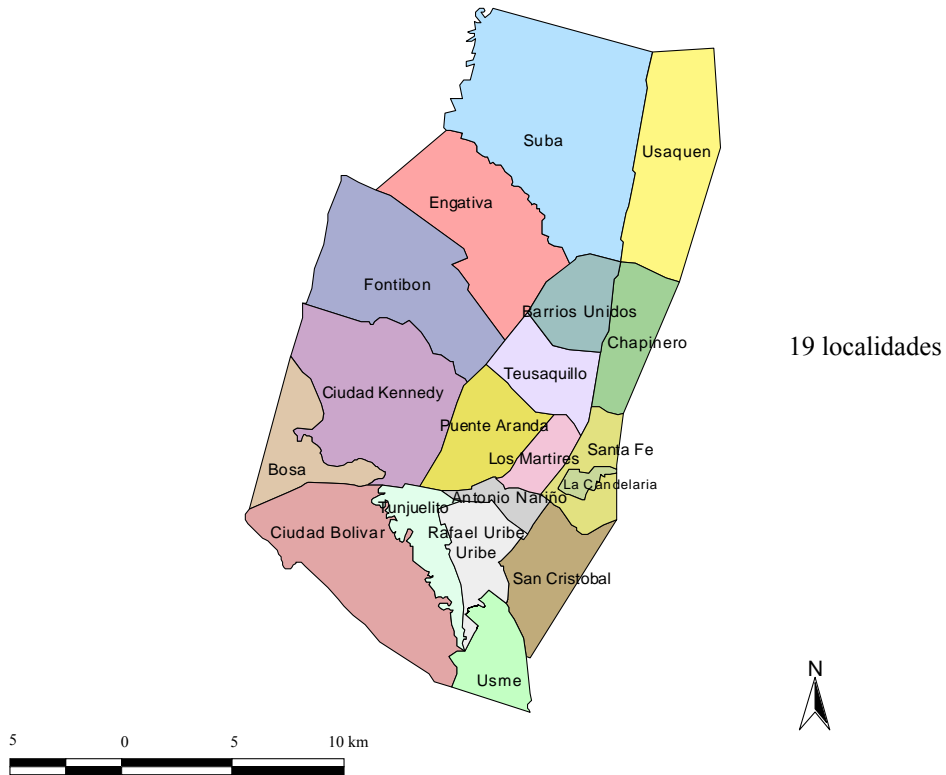
En las tablas 4.5.1 y 4.5.3 se presentan los valores de los descriptores utilizados, en el modelo propuesto, que representan el riesgo físico, la fragilidad social y la falta de resiliencia de la ciudad respectivamente.

Las tablas 4.5.2 y 4.5.4 presentan los valores de los factores de riesgo físico y de impacto a causa de la fragilidad social y falta de resiliencia, obtenidos con la aplicación de las curvas de las figuras 2.5-1.1 a 2.5-1.3, así como el índice de riesgo físico,  $R_F$ , y el factor de impacto,  $F$ .

Además se presentan los valores promedio normalizados, utilizando la densidad de población, para la ciudad. La tabla 4.5.5 muestra los resultados de riesgo físico, del factor de impacto, el riesgo total de cada localidad y los valores promedio para la ciudad.



**Figura 4.5.1 Mapa de localidades de Bogotá**



**Tabla 4.5.1 Valores de los descriptores de riesgo físico,  $R_F$**

Localidad	$X_{RF1}$	$X_{RF2}$	$X_{RF3}$	$X_{RF4}$	$X_{RF5}$	$X_{RF6}$	$X_{RF7}$	$X_{RF8}$
Usaquen	15.1186	4	27	2	0	24	0.7	0.83
Chapinero	5.0302	5	27	5	0	81	0.77	0.9
Santa Fe	6.6070	3	16	7	0	63	0.62	0.9
San Cristóbal	4.9278	2	13	4	0	34	0.68	0.9
Usme	10.5870	0	1	1	1	14	0.67	0.9
Tunjuelito	3.5494	0	1	1	0	7	0.58	0.7
Bosa	4.2461	2	12	3	1	42	0.73	0.9
Ciudad Kennedy	4.8198	0	2	1	0	11	0.54	0.7
Fontibón	5.3163	1	7	1	0	5	0.64	0.7
Engativa	6.8777	1	5	1	0	3	0.66	0.8
Suba	13.8449	2	13	1	0	19	0.66	0.77
Barrios Unidos	12.2659	4	27	2	1	45	0.75	0.9
Teusaquillo	10.2985	8	41	4	0	36	0.74	0.9
Mártires	7.0283	6	30	2	0	18	0.66	0.7
Antonio Nariño	4.0287	0	2	2	0	17	0.67	0.8
Puente Aranda	5.7006	1	6	2	0	20	0.69	0.7
Candelaria	8.9515	9	44	6	0	81	0.67	0.9
Rafael Uribe Uribe	3.2433	1	11	2	0	29	0.65	0.9
Ciudad Bolívar	8.8908	1	11	1	1	21	0.64	0.9

**Tabla 4.5.2 Factores,  $F_{RF}$ , y el índice de riesgo físico,  $R_F$**

Localidad	$F_{RF1}$	$F_{RF2}$	$F_{RF3}$	$F_{RF4}$	$F_{RF5}$	$F_{RF6}$	$F_{RF7}$	$F_{RF8}$	$R_F$
Usaquen	0.881	0.0128	0.259	0.08	0	0.0288	0.70	0.83	0.386
Chapinero	0.127	0.0200	0.259	0.5	0	0.328	0.77	0.90	0.264
Santafe	0.218	0.0072	0.091	0.82	0	0.198	0.62	0.90	0.314
San Cristobal	0.121	0.0032	0.0601	0.32	0	0.0578	0.68	0.90	0.175
Usme	0.557	0	0.000356	0.02	0.08	0.0098	0.67	0.90	0.253
Tunjuelito	0.063	0	0.000356	0.02	0	0.00245	0.58	0.70	0.076
Bosa	0.090	0.0032	0.0512	0.18	0.08	0.0882	0.73	0.90	0.152
Ciudad Kennedy	0.116	0	0.00142	0.02	0	0.00605	0.54	0.70	0.092
Fontibón	0.141	0.0008	0.0174	0.02	0	0.00125	0.64	0.70	0.105
Engativa	0.237	0.0008	0.00889	0.02	0	0.00045	0.66	0.80	0.139
Suba	0.811	0.0032	0.0601	0.02	0	0.0181	0.66	0.77	0.326
Barrios Unidos	0.701	0.0128	0.259	0.08	0.08	0.101	0.75	0.90	0.350
Teusaquillo	0.529	0.0512	0.589	0.32	0	0.0648	0.74	0.90	0.366
Mártires	0.247	0.0288	0.32	0.08	0	0.0162	0.66	0.70	0.186
Antonio Nariño	0.081	0	0.00142	0.08	0	0.145	0.67	0.80	0.116
Puente Aranda	0.162	0.0008	0.0128	0.08	0	0.02	0.69	0.70	0.126
Candelaria	0.401	0.0648	0.658	0.68	0	0.328	0.67	0.90	0.426
Rafael Uribe U.	0.053	0.0008	0.043	0.08	0	0.042	0.65	0.90	0.103
Ciudad Bolívar	0.395	0.0008	0.043	0.02	0.08	0.022	0.64	0.90	0.206
<b>Bogotá</b>	<b>0.41</b>	<b>0.0039</b>	<b>0.0536</b>	<b>0.0924</b>	<b>0.0486</b>	<b>0.0379</b>	<b>0.6645</b>	<b>0.8630</b>	<b>0.2246</b>

**Tabla 4.5.3 Valores de los descriptores de agravamiento por fragilidad social y falta de resiliencia,  $FS$  y  $FR$**

Localidad	$X_{FS1}$	$X_{FS2}$	$X_{FS3}$	$X_{FS4}$	$X_{FS5}$	$X_{FR1}$	$X_{FR2}$	$X_{FR3}$	$X_{FR4}$	$X_{FR5}$	$X_{FR6}$
Usaquen	0.311	1260	433	0.33	12720.00	0.17937	28	0.0496	0.844	4	2
Chapinero	0.161	1786	1282	0.00	9655.00	0.49088	89	0.0129	3.231	4	1
Santafe	0.370	1082	1034	0.36	19223.00	0.62909	143	0.0032	3.382	3	2
San Cristóbal	0.614	1511	216	0.82	32242.00	0.10353	19	0.0148	3.882	1	2
Usme	1.476	421	74	1.00	353106.00	0.06368	2	0	7.323	1	2
Tunjuelito	0.738	715	322	0.45	33095.00	0.17567	13	0.0978	4.504	2	2
Bosa	1.076	664	258	0.51	17383.00	0.04872	3	0.0359	7.837	1	1
Ciudad Kennedy	0.501	1433	380	0.44	22352.00	0.06875	8	0.0202	3.454	2	1
Fontibón	0.340	1000	275	0.39	9795.00	0.02736	4	0.0109	3.870	3	2
Engativa	0.257	2789	278	0.41	22488.00	0.06770	7	0.0005	3.371	2	2
Suba	0.326	1880	316	0.41	12658.00	0.08701	15	0.0257	4.202	2	2
Barrios Unidos	0.001	950	509	0.29	16908.00	0.15437	33	0.1170	6.175	4	1
Teusaquillo	0.166	0	888	0.05	11536.00	0.51755	20	0.1126	1.540	4	2
Mártires	0.201	570	831	0.33	11902.00	1.14030	103	0.0271	25.426	3	1
Antonio Nariño	0.112	534	513	0.20	20414.00	0.09494	5	0.0131	8.884	4	1
Puente Aranda	0.058	1147	448	0.37	15203.00	0.03858	4	0.0030	1.488	3	2
Candelaria	0.775	0	904	0.34	11422.00	0.00000	0	0	0	3	0
Rafael Uribe U.	0.532	927	288	0.50	23125.00	0.01863	11	0.00133	3.696	1	2
Ciudad Bolívar	0.418	970	162	0.92	28058.00	0.07044	3	0	5.880	1	2

**Tabla 4.5.4 Factor de impacto,  $F$ , a partir de los factores de fragilidad social y falta de resiliencia,  $F_{FS}$  y  $F_{FR}$**

Localidad	$F_{FS1}$	$F_{FS2}$	$F_{FS3}$	$F_{FS4}$	$F_{FS5}$	$F_{FR1}$	$F_{FR2}$	$F_{FR3}$	$F_{FR4}$	$F_{FR5}$	$F_{FR6}$	$F$
Usaquen	0.278	0.0150	0.1610	0.327	0.345	1	0	0.840	0.969	0	0	0.309
Chapinero	0.0503	0.1370	0.985	0.000	0.145	0.999	0	0.999	0.575	0	0.5	0.245
Santafe	0.418	0.00149	0.853	0.362	0.849	0.999	0	1	0.533	0.3	0	0.478
San Cristóbal	0.925	0.0580	0.030	0.816	1.000	1	0	0.998	0.396	1	0	0.707
Usme	1.000	0	0.000632	1.000	1.000	0.999	0.964	1	0.000	1	0	0.797
Tunjuelito	0.999	0	0.0812	0.449	1.000	1	0.0356	0.278	0.255	0.6	0	0.587
Bosa	1.000	0	0.0475	0.515	0.737	1	0.92	0.932	0.000	1	0.5	0.701
Ciudad Kennedy	0.747	0.0417	0.120	0.440	0.968	1	0.436	0.989	0.513	0.6	0.5	0.643
Fontibón	0.343	0.0000	0.056	0.385	0.152	1	0.858	1	0.399	0.3	0	0.358
Engativa	0.175	0.6740	0.057	0.409	0.971	1	0.564	1	0.536	0.6	0	0.521
Suba	0.311	0.1720	0.078	0.415	0.340	0.998	0	0.975	0.321	0.6	0	0.369
Barrios Unidos	0.000	0	0.231	0.290	0.703	1	0	0.111	0.030	0	0.5	0.302
Teusaquillo	0.0549	0	0.712	0.050	0.258	0.999	0	0.143	0.904	0	0	0.193
Mártires	0.0931	0	0.645	0.331	0.283	0.997	0	0.97	0.000	0.3	0.5	0.325
Antonio Nariño	0.0157	0	0.235	0.198	0.905	1	0.778	0.999	0.000	0	0.5	0.407
Puente Aranda	0.000261	0.0048	0.174	0.373	0.565	1	0.858	1	0.911	0.3	0	0.391
Candelaria	1.000	0	0.730	0.340	0.250	1	1	1	1.000	0.3	1	0.631
Rafael Uribe U.	0.806	0	0.0622	0.503	0.984	1	0.142	1	0.445	1	0	0.635
Ciudad Bolívar	0.550	0	0.0138	0.920	1.000	1	0.92	1	0.049	1	0	0.700
<b>Bogotá</b>	<b>0.762</b>	<b>0.032</b>	<b>0.111</b>	<b>0.736</b>	<b>0.880</b>	<b>0.999</b>	<b>0.670</b>	<b>0.922</b>	<b>0.188</b>	<b>0.774</b>	<b>0.089</b>	<b>0.663</b>

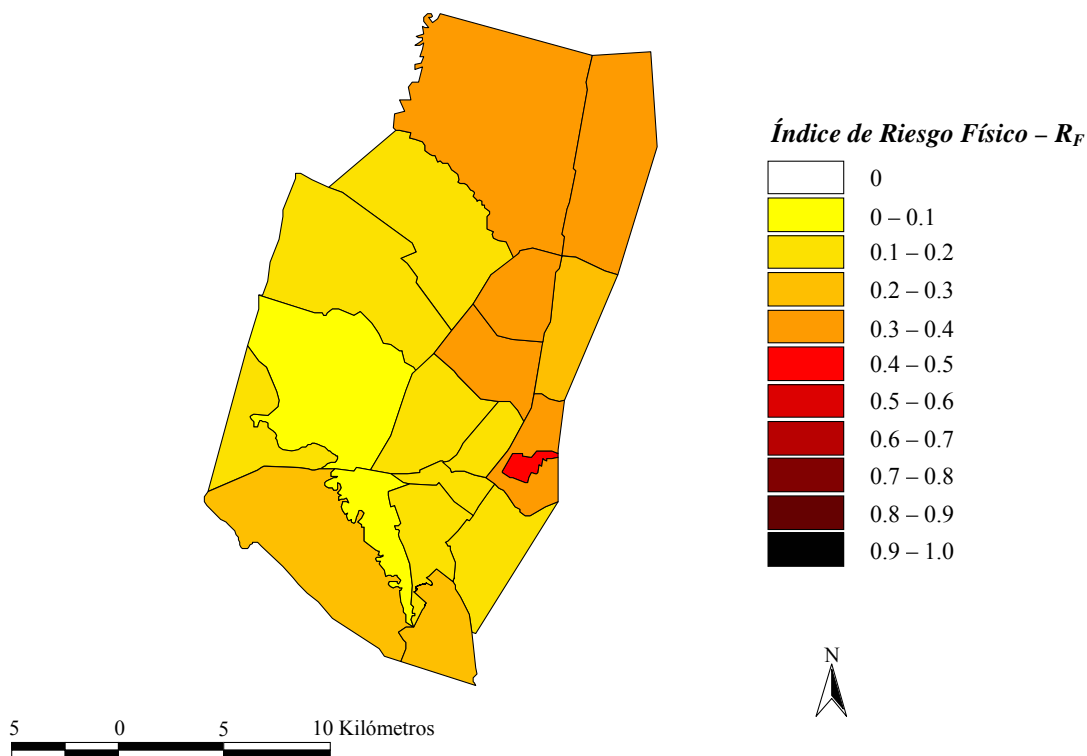
**Tabla 4.5.5 Riesgo total para la ciudad de Bogotá**

Localidad	$R_F$	$F$	$R_T$
Usaquen	0.386	0.309	0.505
Chapinero	0.264	0.245	0.329
Santafe	0.314	0.478	0.464
San Cristóbal	0.175	0.707	0.298
Usme	0.253	0.797	0.454
Tunjuelito	0.076	0.587	0.121
Bosa	0.152	0.701	0.258
Ciudad Kennedy	0.092	0.643	0.150
Fontibón	0.105	0.358	0.142
Engativa	0.139	0.521	0.211
Suba	0.326	0.369	0.446
Barrios Unidos	0.350	0.302	0.456
Teusaquillo	0.366	0.193	0.436
Mártires	0.186	0.325	0.246
Antonio Nariño	0.116	0.407	0.163
Puente Aranda	0.126	0.391	0.175
Candelaria	0.426	0.631	0.694
Rafael Uribe Uribe	0.103	0.635	0.169
Ciudad Bolívar	0.206	0.700	0.350
<b>Bogotá</b>	<b>0.225</b>	<b>0.663</b>	<b>0.374</b>

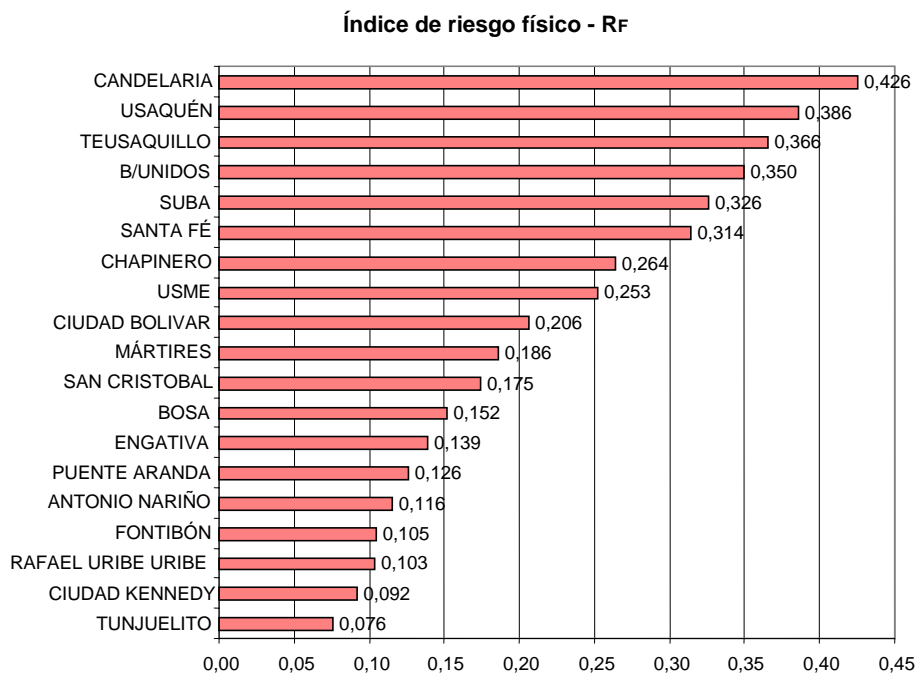
Las figuras 4.5.2 a 4.5.6 presentan gráficamente los resultados de la evaluación holística del riesgo sísmico de Bogotá utilizando el modelo propuesto. En ellas se observa como la localidad de La Candelaria presenta la situación más crítica en cuanto al riesgo físico y al riesgo total, ya que su factor de impacto, aunque no es el más alto de la ciudad, es considerable. Las localidades con mayor factor de impacto (por fragilidad social y falta de resiliencia) son Usme, San Cristóbal, Bosa y Ciudad Bolívar, mientras que los valores más bajos pertenecen a Barrios Unidos, Chapinero y Teusaquillo. El mayor riesgo físico lo presenta, además de La Candelaria, las localidades de Usaquén, Barrios Unidos y Teusaquillo, mientras que el menor riesgo físico es el de Ciudad Kennedy y Tunjuelito. Como resultado, los mayores valores de riesgo total lo presentan las localidades de La Candelaria, Usaquén, Santafe y Barrios Unidos, y los menores valores se presentan en Ciudad Kennedy, Fontibón y Tunjuelito.

Es importante indicar que, en general, los resultados obtenidos para Bogotá utilizando el enfoque propuesto originalmente por Cardona (2001) y con este modelo de evaluación holística del riesgo son similares. Sin embargo, este modelo corrige aspectos metodológicos y conceptuales y refina la técnica convirtiéndola en una herramienta más versátil. Las mejoras conceptuales le dan un soporte teórico y analítico más sólido al presente modelo, eliminando aspectos innecesarios y cuestionables del modelo original que le restaban transparencia y aplicabilidad en algunos casos. Manteniendo el enfoque basado en indicadores y la alternativa de utilización de conjuntos difusos o funciones de pertenencia, propuestos originalmente, en este modelo se propone una técnica en la cual se fusionan y simplifican estas dos aproximaciones, lo que ha permitido depurar el procedimiento de escalamiento y la determinación de los indicadores y los índices finales, facilitando la comparación, incluso, entre varias ciudades.

**Figura 4.5.2 Índice de riesgo físico de las localidades de Bogotá**



**Figura 4.5.3 Valores y clasificación de localidades según el índice de riesgo físico**



**Figura 4.5.4 Valores y clasificación de localidades según el factor de impacto**

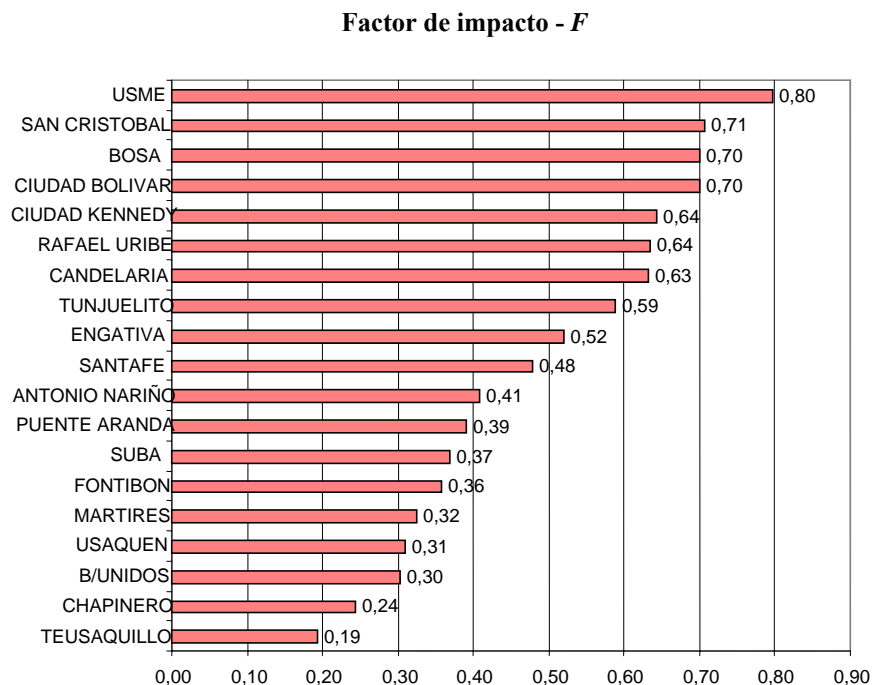


Figura 4.5.5 Índice de riesgo total de las localidades de Bogotá

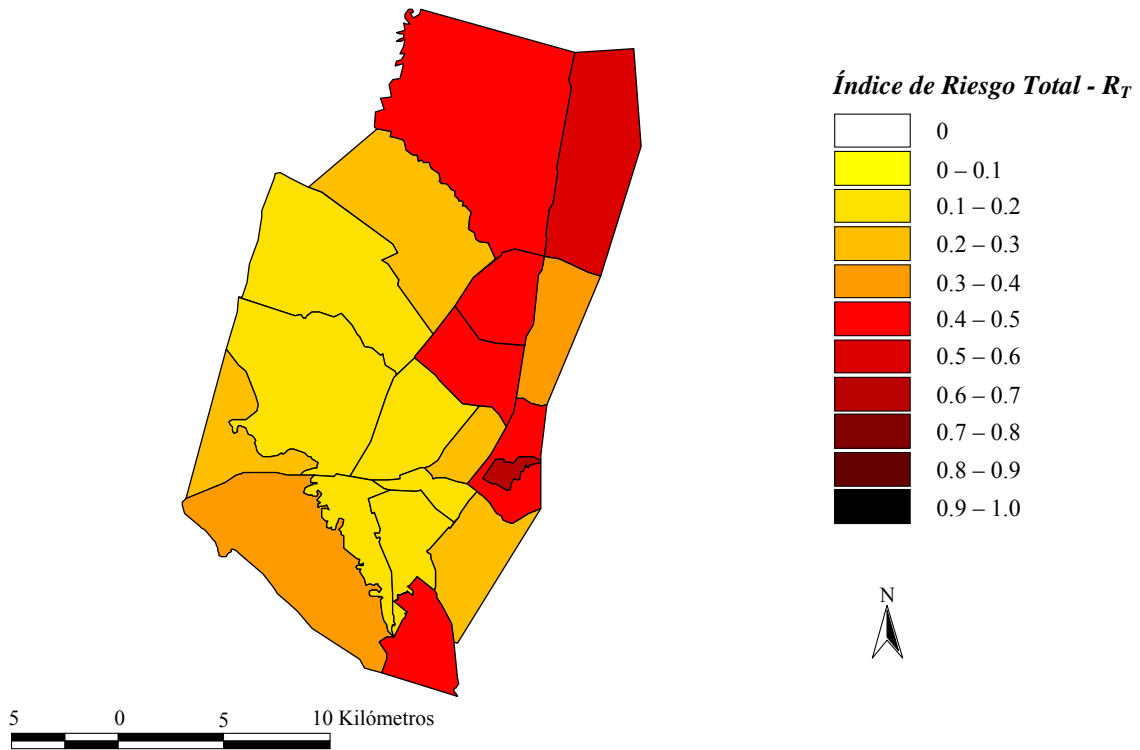
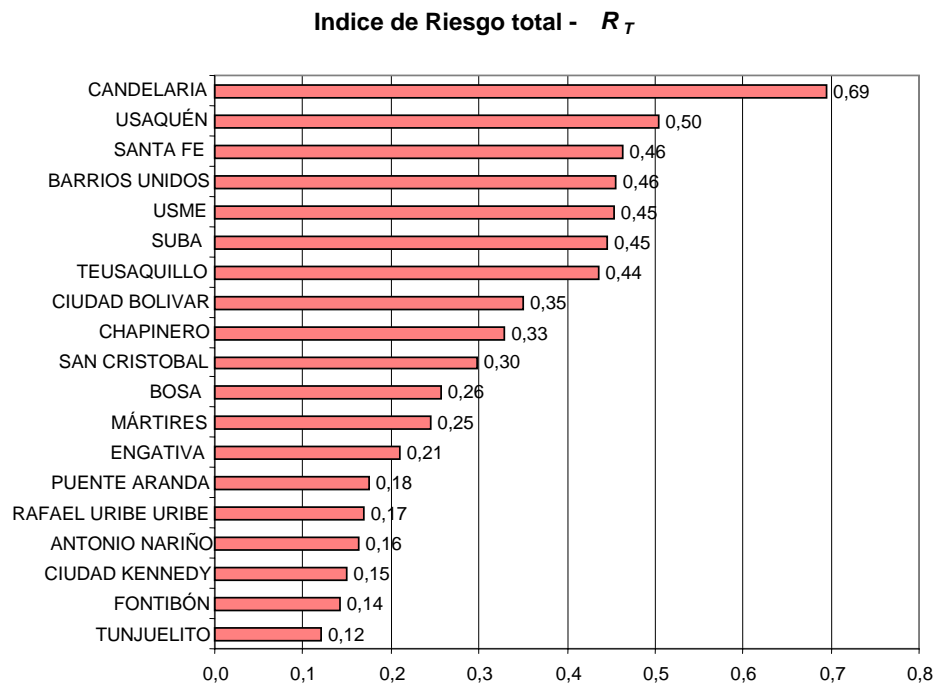


Figura 4.5.6 Valores y clasificación de localidades según el índice de riesgo total



## 4.6 Conclusiones

El sistema de indicadores de riesgo y gestión de riesgos que se ha descrito en este documento ha permitido hacer una evaluación, con base en una serie de criterios unificados, de doce países de América Latina y el Caribe. Los resultados obtenidos indican que es posible caracterizar el riesgo de desastre y la gestión del riesgo mediante representaciones *coarse grain* y clasificar los países en forma relativa. También se ha realizado una evaluación de cada país de manera independiente que ha permitido comparar los resultados de cada indicador desde 1980 hasta el año 2000.<sup>45</sup> De esta forma se ha podido identificar cómo ha sido la evolución de los indicadores en diferentes periodos. También se ha realizado una evaluación demostrativa de un país a nivel subnacional y de un centro urbano, con el fin de ilustrar la manera como se pueden utilizar indicadores a otras escalas para la estimación del riesgo y la gestión del riesgo al interior de un país y a nivel urbano.

Indicadores como el *IDD*, el *IDL* y el *IVP* son *proxies* del riesgo; visto desde diferentes perspectivas y con diferentes propósitos a nivel nacional o subnacional. Su objetivo ha sido hacer manifiesto el riesgo con el fin de que sea reconocido como un problema al que hay que prestarle atención. Los resultados obtenidos indican, en general, que en los países de la región existen niveles de riesgo significativos, que aparentemente no han sido percibidos en su verdadera dimensión por los individuos, los tomadores de decisiones y la sociedad en general. Estos indicadores son un primer paso en el propósito de medir o dimensionar el riesgo de una manera apropiada, para lograr que se perciba como un problema que amerita ser tenido en cuenta dentro de las actividades del desarrollo. Una vez identificado y valorado el riesgo, el paso siguiente es impulsar acciones preventivas anticipadas para reducirlo o controlarlo. Si el riesgo no se percibe como un problema socioeconómico y ambiental, difícilmente se puede esperar que se concluya que hay algo por hacer al respecto.

Una vez obtenido los resultados de los indicadores que representan riesgo en los últimos años (período 1995 a 2000) y utilizando una clasificación ordinal (posiciones en el *ranking*) se concluye lo siguiente: El mayor riesgo por desastres extremos futuros (evaluación en el 2000) lo presentan Perú, República Dominicana y El Salvador. En estos países pueden presentarse pérdidas notables y su resiliencia económica es insuficiente para atenderlas. Jamaica y Colombia también presentan un riesgo alto, particularmente en caso de eventos de baja probabilidad y de altas consecuencias. En un nivel intermedio se encuentran Trinidad y Tobago, Ecuador y México. La capacidad de acceder a recursos económicos para la reconstrucción en el caso de los dos primeros es baja. México podría tener pérdidas muy altas pero presenta una alta resiliencia económica. Chile, Costa Rica, Guatemala y Argentina, presentan un menor riesgo relativo por eventos extremos, lo que no significa que sea bajo. En estos países no se esperan pérdidas muy altas y su capacidad para enfrentarlas es relativamente buena. En general en todos los países el riesgo ante eventos extremos ha venido aumentando.

Del registro de los efectos en el pasado, a nivel local, en las últimas dos décadas se concluye que Guatemala, Argentina y El Salvador presentan un alto riesgo por la incidencia de eventos menores recurrentes y diseminados en el territorio. Les siguen Colombia y la República Dominicana que presentan una menor regularidad y dispersión de los efectos en sus municipios. En un nivel

---

<sup>45</sup> Para cada país se ha hecho un informe detallado. Dichos resultados escapan al alcance de este resumen.

intermedio se encuentran Ecuador, Chile y México donde se registra una mayor variabilidad, y presentan una menor incidencia relativa Costa Rica, Perú, Jamaica y Trinidad y Tobago. Ahora bien, Ecuador, Perú, Chile y Colombia presentan la mayor concentración relativa de pérdidas económicas a causa de fenómenos recurrentes, es decir que las pérdidas han ocurrido en forma persistente en un número relativamente menor de municipios dentro del territorio nacional. No existe en la región una tendencia clara del riesgo a causa de desastres menores. Los efectos en términos de muertos, afectados y destrucción de viviendas y de cultivos en ninguno de los países obedecen a una pauta que pueda considerarse definida, sin embargo es preocupante la poca visibilidad de este tipo de eventos de impacto agregado a nivel nacional y local notable.

A final de los años 90, del grupo de países evaluados, Jamaica, El Salvador y Guatemala registraron el mayor nivel de vulnerabilidad prevalente. República Dominicana y Ecuador también presentan significativas condiciones sociales y económicas adversas que favorecen o facilitan que se presenten desastres. Trinidad y Tobago, Perú y Argentina presentan valores intermedios y los países que presentan menor grado de susceptibilidad, fragilidad y falta de resiliencia desde una perspectiva socioeconómica son Chile, Costa Rica, México y Colombia. Con excepción de Argentina y Trinidad y Tobago la vulnerabilidad prevalente, en general, ha venido disminuyendo en la región en los últimos veinte años, sin embargo la vulnerabilidad prevalente de la mayoría de los países es aún muy alta.

El *IGR* es la primera técnica sistemática y consistente que se ha desarrollado a nivel internacional para medir el desempeño de la gestión del riesgo. Su soporte conceptual y técnico es robusto no obstante su subjetividad inherente. El método utilizado puede ser afinado e incluso simplificado, pero en general su enfoque es innovador en cuanto que permite medir la gestión del riesgo y de paso valorar su nivel de efectividad probable. Teniendo en cuenta las valoraciones realizadas en cada país, los países con menor desempeño en la gestión del riesgo en los últimos años han sido República Dominicana, Ecuador y Argentina. Les siguen El Salvador y Guatemala con un nivel de desempeño algo más que incipiente. Con niveles de desempeño un poco mejores se encuentran Perú y Colombia. Finalmente, Chile, Costa Rica, Jamaica y México presentan los mejores desempeños de la gestión del riesgo. Claramente la tendencia en la región ha sido un aumento paulatino de la gestión del riesgo desde los años 80, desde un valor “bajo” hasta un desempeño, en general, “apreciable”, en el mejor de los casos. En promedio, el desempeño de la gestión de riesgo en la región es algo más que “incipiente” y por lo tanto su nivel de efectividad [probable] es, infortunadamente, todavía muy bajo (0.2 a 0.3). Esto indica que para lograr una gestión efectiva y sostenible hace falta todavía un esfuerzo importante en todos los países, incluso en los que más han avanzado relativamente. En general los mayores avances se presentan en la identificación de riesgos y en el manejo de desastres, pero los avances en reducción de riesgos, protección financiera y organización institucional son todavía muy tímidos.

Teniendo en cuenta la posición relativa de los países en el *ranking* de cada uno de los indicadores se concluye que los países que presentan las condiciones de mayor riesgo relativo y menor desempeño en la gestión de riesgos, del grupo evaluado, son República Dominicana, El Salvador, Ecuador y Guatemala. Les siguen en un nivel intermedio Colombia y Perú. También Jamaica y Argentina, sin embargo, ambos casos presentan una situación especial, pues Jamaica presenta un alto nivel de riesgo y también un buen desempeño en la gestión. Argentina presenta un riesgo relativo menor y un bajo desempeño en la gestión. Finalmente, Costa Rica, Chile y México presentan niveles bajos de riesgo relativo y un buen desempeño en la gestión de riesgos.



## **5. COMENTARIOS, CRÍTICAS Y SUGERENCIAS PARA FUTUROS DESARROLLOS**

### **5.1 Fortalezas y beneficios desde la perspectiva de los revisores pares**

De acuerdo con la opinión de los revisores pares, en relación con el tema, el sistema de indicadores propuesto es, sin duda, el sistema existente más bien desarrollado en términos de su concepción, cuidado, variedad y crítica. Consideran que su marco conceptual se convertirá en una referencia obligada para muchos académicos y profesionales en el área y que apartir del mismo se generarán nuevos avances e intentos de análisis para la construcción de indicadores. Su diseño básico ha sido realizado en forma cuidadosa, teniendo en cuenta la revisión lógica e integral de metodologías y técnicas de medición aplicables. Plantean que su equipo de trabajo emprendió una tarea ardua y ambiciosa al intentar integrar múltiples medidas de las dimensiones esenciales del riesgo de desastre en un perfil sencillo e integral del riesgo y del desempeño de la gestión, dado que sus miembros revisaron y tuvieron en cuenta la mayoría de las metodologías existentes para la evaluación del riesgo y debido a que desarrollaron medios innovadores de integración de mediciones cuantitativas y cualitativas para diversas características del riesgo y de la exposición. Sus métodos, señalan, logran un equilibrio entre mediciones cuantitativas y cualitativas y buscan captar las dimensiones esenciales subyacentes del riesgo tanto desde el punto de vista teórico como práctico.

Considerando una perspectiva holística del riesgo, el programa ha logrado un enfoque multidisciplinario para sustentar el análisis y la integración de lo que el equipo de trabajo denomina variables “blandas” y “duras”. La combinación de este tipo de análisis y variables no es común y es casi único en el predominante y aún segregado ambiente disciplinar. El programa ha producido (con algunas dudas y problemas que se han podido identificar) una argumentación y una propuesta muy bien estructurada para cuatro tipos diferentes de indicadores de riesgo y gestión del riesgo, introduciendo variables indiscutiblemente válidas y variadas para construirlos (independientemente del hecho de que podría argumentarse la inclusión de otras variables), combinando diferentes métodos cuantitativos y cualitativos para agregar y valorar componentes.

Los cuatro indicadores tienen diferentes cualidades en relación con las amenazas en diferentes escalas y tienen diferente relevancia para los distintos actores o agentes. Su principal beneficio es que hace transparente las áreas de política en las cuales se pueden implementar las intervenciones por parte actores claves y de una manera mucho más específica de lo que ha sido posible hasta ahora. Aunque, por supuesto, que no hay garantía de que las acciones relevantes sean realizadas por el hecho de que existan los indicadores, surge la pregunta de si el inadecuado manejo de desastres existente se debe, hasta ahora, en parte a la ausencia de dichos indicadores. En cualquier caso, uno de los aspectos más útiles de los índices propuestos es que hacen más difícil que los actores relevantes evadan sus responsabilidades (incluso, tal vez, la necesidad de aumentar los recursos disponibles). Los indicadores pueden contribuir, también, a que los recursos existentes sean utilizados con una mayor efectividad.

Los cuatro indicadores son, además, complementarios e integrales. Si se usan en conjunto, pueden orientar un amplio programa social de reducción de riesgo de “arriba hacia abajo” y de “aba-

jo hacia arriba”. Este programa en principio podría incluir a todos los actores relevantes, tomadores de decisiones y grupos socioeconómicos desde la escala nacional hacia escala local. Sin embargo, escrito como un informe científico, el poder y la visión del proyecto BID-IDEA no se alcanza a percibir lo suficiente. La naturaleza integral y complementaria de estos cuatro indicadores proporciona la base para hacer que la reducción del riesgo sea “un componente esencial e integral del desarrollo humano sostenible”,<sup>46</sup> por lo que el paso siguiente debería ser la realización de una versión más “periodística” del informe, que explique mediante ejemplos y narraciones cómo los indicadores podrían utilizarse en conjunto para lograr el cambio deseado.

Uno de los revisores señala que quedó bien impresionado con la participación de los delegados nacionales de los países involucrados, con quienes se reunió y escuchó durante el taller regional del proyecto realizado en Manizales. Señala que por lo visto se constituyó una verdadera comunidad epistémica<sup>47</sup> como resultado del esfuerzo para generar los datos para el proyecto de indicadores, por lo que se parece que los países se han apropiado ampliamente de los indicadores. Algo que es muy factible es que uno de los principales beneficios de este proyecto, aparte de la existencia del conjunto de indicadores, es el inicio de un proceso para compartir e intercambiar experiencias que ayudará en el futuro a promocionar a nivel nacional la reducción de los desastres.

Único entre otros intentos de poner la ciencia al servicio de la reducción de riesgos, el proyecto de indicadores BID-IDEA hace un fuerte énfasis en el *desarrollo de un lenguaje sobre el riesgo* que lo entiendan varios tipos de tomadores de decisiones. Se podría pensar que después de ciertas experiencias sería difícil encontrar un alto funcionario del gobierno que niegue la importancia de los desastres *desde el punto de vista del desarrollo*, pero al enfrentar una amplia variedad de prioridades requeridas y rápidos cambios, el liderazgo político tiende a enfocarse en lo que es inmediato; en realidad el pasado es rápidamente olvidado. Por lo tanto, los indicadores propuestos son una campana para recordar la importancia del tema. Este es un avance muy importante que seguramente tendrá repercusiones en todo el hemisferio y en el mundo, por lo que este proyecto puede dar cuenta de ser una enorme contribución. En resumen, la formulación básica del sistema de indicadores parece cumplir bien con el propósito previsto, aunque algunas críticas puedan ser relevantes para que sean tenidas en cuenta en los futuros desarrollos o para identificar las debilidades o limitaciones inherentes de cada indicador o sus componentes. A continuación se presentan las principales críticas de los revisores pares, las respuestas del equipo del proyecto a las mismas y las sugerencias de ambos lados en relación con cada indicador a fin de lograr futuras mejoras.

## **5.2 Críticas, comentarios y respuestas del equipo del proyecto sobre el IDD**

Una de las grandes fortalezas del enfoque del BID-IDEA, de acuerdo con los revisores pares, es el desarrollo de un lenguaje que el tomador de decisiones reconoce y usa. Consideran que esto es particularmente cierto en el caso del *IDD*, porque es una real innovación en el área del riesgo de los desastres y que es potencialmente una herramienta muy importante para los gobiernos, las agencias internacionales y también en lo concerniente al involucramiento de la sociedad civil y la buena gobernabilidad. Planificadores financieros y altos funcionarios relacionados con los asun-

---

<sup>46</sup> Declaración producida por la Conferencia Interamericana sobre Reducción del Riesgo de los Desastres, dirigida a la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, formulada el 19 de noviembre de 2004.

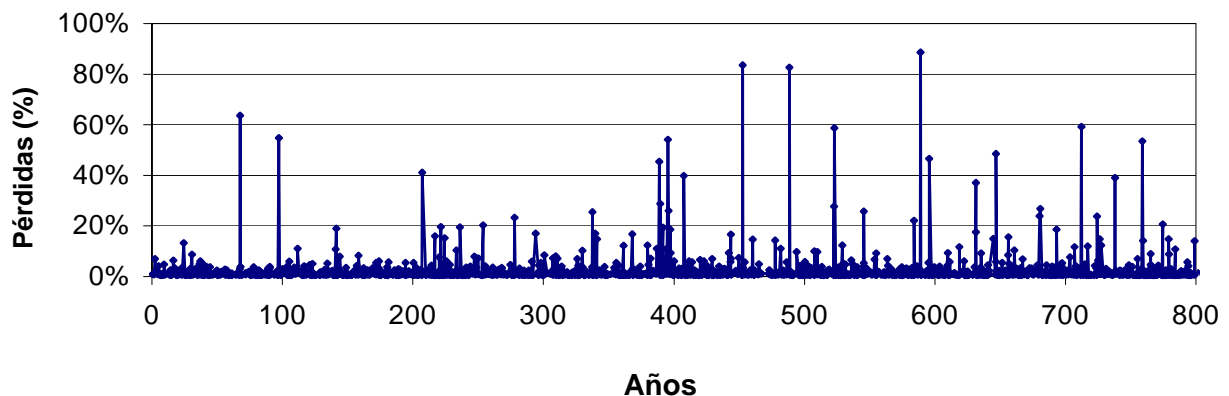
<sup>47</sup> “Una comunidad epistémica consiste en aquellos que aceptan una versión de una historia, o una versión que valida una historia” Ver: [http://en.wikipedia.org/wiki/Epistemic\\_community](http://en.wikipedia.org/wiki/Epistemic_community).

tos de las finanzas encontrarán inmediatamente útiles el *IDD* y el *IDD'*, asumiendo la lógica de que el enfoque del *EMC* dará la base para enfrentar los eventos más desafiantes en términos financieros y que habrá una fuerte correlación entre el impacto del *EMC* y el riesgo general que enfrenta un país. Esto, de todas formas, no elimina la dificultad que implica considerar las prioridades de las naciones y municipios que enfrentan numerosas crisis de corto plazo. Adicionalmente, personas bien educadas no terminan por comprender completamente los conceptos del análisis probabilístico, como el “periodo de retorno”. En consecuencia, algunas interpretaciones son necesarias para asegurar que los tomadores de decisiones no crean que un “evento de 500 años” sea tan remoto que no tenga importancia para ellos o para el plazo establecido de su administración.

### 5.2.1 Estimación de pérdidas y concepto de periodo de retorno

Algunos revisores piensan que ayudaría recalculer el *IDD* para pérdidas que ocurren para eventos de 1 en 10 años o para periodos de retorno más cortos porque políticamente es mucho más fácil persuadir al gobierno que necesita de un plan para mitigar el impacto de eventos peligrosos “que puedan ocurrir en el periodo de su administración. La mayoría de los gobiernos no se sienten muy preocupados por *IDDs* para eventos de 1 en 500 años, o incluso *IDDs* para eventos de 1 en 100 años y 1 en 50 años”. La percepción es que el *IDD* se calcula tomando en cuenta pérdidas para largos periodos de retorno (basados en el *EMC*), mientras que en realidad una distribución más normal, incluyendo eventos peligrosos más pequeños, podría producir serios daños en años sucesivos. Algunos pares piensan que hay evidencia de que la expectativa de la frecuencia de eventos peligrosos y el concepto del periodo de retorno “predecible” están siendo puestos a prueba de manera desafiante por los eventos del dárío acontecer. Ejemplos incluyen la serie de huracanes en el Caribe y las Filipinas en 2004, la secuencia de inundaciones por desbordamientos y aguas lluvias en Bangladesh a finales de 1980 y finales de 1990, y en China a finales de 1990 y en algunos años anteriores. Para América Latina esta complejidad es peor por la impredecibilidad de los eventos de El Niño/La Niña. En esencia, algunos creen que en cada país hay muchos eventos, y que es bastante factible que eventos menores sean extremadamente dañinos y así mismo desequilibrantes desde el punto de vista financiero, en particular cuando estos eventos son agregados y su mayor frecuencia se toma en cuenta.

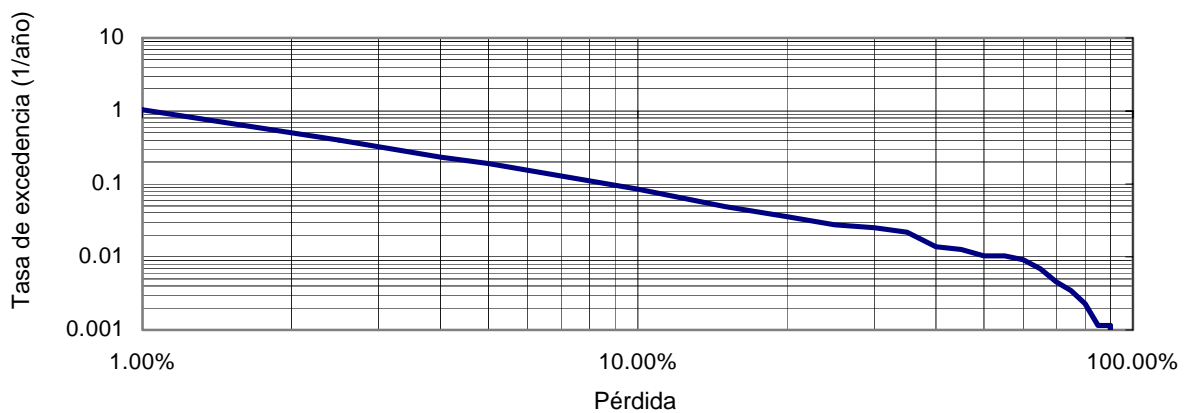
**Figura 5.2.1 Pérdidas históricas hipotéticas en una ciudad.**  
Las pérdidas son expresadas como fracción del valor total expuesto



En respuesta a las anteriores críticas y comentarios al *IDD* y el *IDD'*, primero que todo es necesario decir que, ciertamente, el numerador del *IDD* es un estimador de las pérdidas asociado a periodos de retorno dados (ver discusión más adelante sobre el concepto de periodo de retorno). Estos estimadores son algunas veces llamados “pérdidas probables” o “pérdidas máximas probables” o pérdidas producidas por el “evento máximo considerado o creíble”, y tal vez algunos nombre más. Sin embargo, su significado preciso es el siguiente.

Considerando el proceso de ocurrencia de los desastres en el tiempo, ilustrado en la figura 5.2.1, donde se han graficado las pérdidas directas causadas por desastres en una ciudad, en función del tiempo, para los últimos 800 años. Puede notarse que hay muchas pérdidas pequeñas y pocas grandes. Una representación conveniente de los tamaños y frecuencias de ocurrencia de las pérdidas pueden hacerse contando cuantas veces un valor de pérdida dado ha excedido durante los 800 años y luego dividiendo estos números por las observaciones en el tiempo (800 años en este caso). Estas cifras serían entonces el número de eventos por año en el cual un valor de pérdida dado ha sido excedido. Estas cantidades son conocidas como *tasas de excedencia* o *frecuencias de excedencia*, las cuales usualmente son denotadas con  $\nu$ . Para la historia de las pérdidas de la figura 5.2.1 la figura 5.2.2 muestra la correspondiente tasa de excedencia.

**Figura 5.2.2 Tasas de excedencia de las pérdidas del proceso mostrado en la figura 5.2.1**



¿Qué valor de pérdida puede ser un buen estimador de una pérdida “grande”? Quizás uno que sea muy poco frecuente. Por ejemplo, para algunas aplicaciones, una vez cada 100 años (que es  $\nu=0.01$ /año) puede considerarse que no es lo suficiente infrecuente. Luego, un buen estimador de una pérdida “grande”, en este ejemplo, sería de 55% que es la pérdida que, en promedio, sería excedida una vez cada 100 años. Este es exactamente el significado de esos estimadores: pérdidas que están asociadas a periodos de retorno dados (50, 100 y 500 años en la mayoría de los cálculos aquí realizados), que es, pérdidas que, en promedio serían excedidas cada 50, 100 o 500 años.

Tradiciones, falta de rigor y dificultades en el proceso de comunicación, entre otros factores, contribuyen a oscurecer el significado preciso de algunos conceptos claves. Para cálculos de los índices *IDD* y *IDD'* han sido utilizados estimadores de pérdidas, los cuales a pesar de sus varios nombres, tienen un significado matemático preciso. Estos estimadores son llamados a veces “pérdida máxima probable” o “pérdidas probables”. Aunque los nombres son bien conocidos, y vienen de sólidos marcos conceptuales, su uso es muy infortunado: la única palabra precisa en

esos nombres es “pérdidas”. ¿Cómo deberían ser llamados esos estimadores? La respuesta está abierta al debate. Sin embargo, el significado preciso de esos estimadores debe ser tenido en cuenta.

Ahora asumiendo que se han calculado los estimadores de las pérdidas asociadas al periodo de retorno seleccionado (o periodos). ¿Son esas pérdidas producidas por un solo evento natural en particular? Algunas veces lo son y otras no. Por ejemplo, una ciudad que es afectada por terremotos originados en un conjunto limitado de fuentes sísmicas, puede ser fácil de identificar “el” evento que produce la pérdida asociada a un periodo de retorno de, digamos, 100 años. En otros casos puede ser imposible asociar las pérdidas con un solo evento, porque las pérdidas son producidas, siguiendo el ejemplo del sismo, por eventos provenientes de una diversidad de fuentes. Pero digamos que se puede asociar el valor de la pérdida de 100 años con un solo evento. En algunas partes de los informes de este proyecto se le ha denominado a estos eventos el *EMC*. Nuevamente, el nombre es bien conocido y se origina de tradiciones respetables, pero es increíblemente impreciso. ¿Cómo deberían ser llamados estos eventos? Es otra pregunta abierta.

Por otra parte, tomando en cuenta otras experiencias, es ampliamente aceptado que el concepto de periodo de retorno<sup>48</sup> ha resultado ser engañoso. De acuerdo con su definición el periodo de retorno de un desastre con una pérdida  $L$  es el tiempo promedio entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores que  $L$ . Por ejemplo, si se dice que el periodo de retorno de un desastre que produce pérdidas de 1,000,000 dólares es de 100 años, lo que se quiere decir es que, en promedio, se debe esperar un desastre con pérdidas iguales o mayores a 1,000,000 cada 100 años. Se puede notar que no implica de ninguna manera cuánto tiempo habría que esperar para presenciar el siguiente desastre de este tipo (el tipo de desastre que produce pérdidas por encima de 1,000,000 dólares); sólo se esta especificando el promedio del tiempo de espera.

De todas formas, tal vez debido a los factores psicológicos relacionados con la percepción del riesgo, las personas parece que creen que si un desastre dado es asociado a un periodo de retorno  $T_R$ , es casi imposible tener un desastre de esta clase en el siguiente año, o en dos años, o, en general, relativamente cerca en el futuro. El concepto de periodo de retorno parece implicar la noción de periodicidad, así que las personas actúan como si creyeran que la probabilidad de tener un desastre del tipo examinado crece mientras el tiempo de espera se aproxima al periodo de retorno. Aunque algunos modelos de ciertos procesos de espera tienen esta particularidad, empíricamente la evidencia muestra que, para en la mayoría de los casos, un modelo de Poisson es la mejor representación del proceso de ocurrencia de los desastres en el tiempo.

Si el tiempo de ocurrencia es Poissoniano, los tiempos entre los eventos son independientes y exponencialmente distribuidos con un parámetro  $\lambda$ ; esta cantidad es exactamente la tasa de ocurrencia del desastre o, en otras palabras, el inverso de su periodo de retorno. De esta forma, la probabilidad,  $P_F$ , de tener al menos un desastre de la clase analizada en los siguientes  $T_E$  años (comúnmente llamado el *tiempo de exposición*) puede ser calculado con la siguiente expresión:

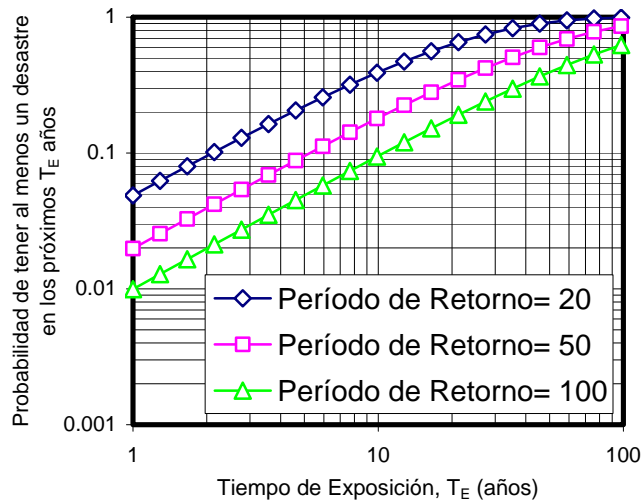
$$P_F = 1 - e^{-\frac{T_E}{T_R}} \quad (5.2.1)$$

---

<sup>48</sup> Esta porción del texto fue incluida, con algunas diferencias, en los apéndices de *IDD* en la sección dos.

Los resultados son, de alguna forma, sorprendentes. La figura 5.2.3 muestra  $P_F$  como una función del periodo de retorno y el tiempo de exposición. Por ejemplo, aún cuando se habla de un desastre relativamente infrecuente –el del periodo de retorno de 100 años– la probabilidad de tener al menos uno de estos eventos el próximo año es de cerca del 1% (esto es, obviamente, no imposible) y la probabilidad de tener este desastre en los siguientes 10 años es cerca de 10%. Para un desastre de mayor frecuencia ( $T_R=20$  años), la probabilidad de experimentar uno de este tipo (o mayor) en el próximo año es de 5%, mientras que, con un 40% de posibilidad, se sufrirá en 10 años. Para tener una referencia se han incluido en la tabla 5.2.1 algunos de estos valores.

**Figura 5.2.3 Probabilidad de tener al menos un desastre de diferentes periodos de retorno en los años  $T_E$  siguientes**



**Tabla 5.2.1 Probabilidad de tener al menos un desastre de periodo de retorno  $T_R$  en los siguientes  $T_E$  años**

Tiempo de Exposición, $T_E$ (los siguientes $N$ años)	Periodo de retorno del evento, $T_R$ (años)		
	20	50	100
1	5%	2%	1%
5	22%	10%	5%
10	39%	18%	10%
20	63%	33%	18%
50	92%	63%	39%
100	99%	86%	63%
200	100%	98%	86%

De hecho, el riesgo parece que se percibe como mayor cuando se expresa en términos de probabilidades de excedencia en espacios de tiempo dados (la “probabilidad de ruina” del análisis clásico probabilístico) que cuando se especifica en términos del periodo de retorno de la “ruina”. En este sentido, en el contexto de este proyecto, habría sido mejor caracterizar los eventos asociados a periodos de retorno de 50, 100 y 500 años (los cuales, todos, para algunos revisores, parecen muy lejos en el futuro) con su correspondiente probabilidad de excedencia en un lapso o “ventana” de tiempo dado. Un tiempo de exposición de, digamos 10 a 20 años, parece adecuado, porque es suficientemente cerca en el futuro. La tabla 5.2.2 da estas probabilidades de excedencia para dos

casos:  $T_E=10$  y 20 años. Se han incluido periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años. Es necesario anotar que no se usa un evento de  $T_R=10$  años en el estudio. De todas formas, juzgando por los números de la tabla 5.2.2, ahora se considera que este periodo de retorno podría ser mejor, porque una probabilidad de excedencia de 86% hace que el evento “factible” ocurra en los próximos 20 años, mientras una probabilidad de 4% hace el periodo de retorno de 500 años “no factible”. El evento con periodo de retorno de 100 años está en alguna parte en el medio.

**Tabla 5.2.2 Probabilidad de tener al menos un desastre de periodo de retorno  $T_R$  en los siguientes  $T_E$  años para varias combinaciones de  $T_R$  y  $T_E$ .**

Tiempo de exposición, $T_E$ ( los siguientes N años)	Periodo de retorno del evento, $T_R$ (años)			
	10	50	100	500
10	63%	18%	10%	2%
20	86%	33%	18%	4%

En negrilla se han marcado los valores preferibles de un evento factible, moderadamente factible y poco factible en los próximos 20 años.

En conclusión y pensando en futuros desarrollos, habría sido mejor el uso de eventos con periodo de retorno de 10, 100 y 500 años pero marcándolos como “factibles”, “moderadamente factibles” y “poco factibles” en los siguientes 20 años. Adicionalmente, aunque es importante tener diferentes escenarios de PML o EMC, tal vez es deseable definir un solo periodo de retorno para estandarizar el IDD. En cualquier caso, si la pérdida es calculada para periodos de retorno cortos las pérdidas serían muy pequeñas si son comparadas con la capacidad económica de recuperación o resiliencia de los países; por lo que el IDD debe ser usado sólo para periodos de retorno de eventos peligrosos extremos.

Es importante recordar que los puntajes del IDD se basan en niveles históricos de stock de capital y sus grados actuales de vulnerabilidad. De esta forma la ocurrencia de un desastre en, digamos, un tiempo de 20 años, es factible que este asociado con un IDD mucho más alto, a menos que el nuevo stock o infraestructura cumpla con los estándares de resistencia para resistir los diferentes tipos de amenazas naturales y que haya un incremento sustancial en la cobertura de seguros o se usen otros mecanismos financieros de transferencia del riesgo.

Por otro lado, es también importante destacar la relevancia de el  $IDD'$ . Este índice usa la pérdida anual esperada (o prima), que es un estimador muy importante, porque mide la cantidad anual promedio de pérdida cuando se contabiliza la frecuencia y severidad de varios niveles de pérdida. El EMC es el valor de un escenario, no es un costo en marcha que pueda reflejarse en el flujo de caja de un análisis financiero. Si los tomadores de decisiones conocen la pérdida anual esperada, pueden incluir este estimador complementario como un gasto operacional en el análisis financiero. De esta forma, el  $IDD'$ , es ciertamente relevante para periodos de planeación habituales.

En principio, parece razonable pensar que el costo del dinero tiene que ser considerado en el cálculo del IDD y el  $IDD'$ . Parece razonable porque las cantidades pagadas en el futuro deben ser tomadas en el presente con una adecuada tasa de descuento, como se hace en la evaluación financiera de proyectos. La pérdida anual esperada,  $p$ , puede ser calculada como el pago anual en un periodo muy largo, el cual a largo plazo iguala la suma del valor presente de las pérdidas,  $X$ . De todas formas, si se asume la ocurrencia Poissoniana de los desastres, como se ha hecho a lo largo

de este proyecto, se tiene (Rosenblueth, 1976) que el valor presente del total de las pérdidas,  $X$ , puede ser calculado como

$$X = E(L) \frac{v_0}{\gamma} \quad (5.2.2)$$

donde  $v_0$  es el número de eventos en un año,  $\gamma$  es la tasa de descuento y  $L$  es la pérdida en un evento. Por otro lado, se conoce que el factor anual de descuento,  $f$ , tiende a  $\gamma$  cuando el número de pagos tiende a infinito. En consecuencia, la prima es:

$$p = fX = \gamma X = v_0 E(L) \quad (5.2.3)$$

el cual es exactamente la expresión usada para calcular las pérdidas anuales esperadas para la estimación del *IDD'*.

El costo del dinero en el tiempo no tiene efecto en la estimación de la prima si el proceso de ocurrencia de la pérdida es Poissoniano. No se puede extrapolar este resultado a otros modelos de ocurrencia, pero se puede decir que dado que la hipótesis de Poisson es suficientemente buena para los propósitos, el costo del dinero es un asunto menor. Notese que la tasa de excedencia usada para la estimación de la pérdida con un periodo de retorno dado, es por definición el número de veces en las cuales tal cantidad ha sido excedida por unidad de tiempo. Dado que esta es una tasa instantánea, el equipo del proyecto considera que es correcto expresar estas cantidades en “valor constante”. Lo que significa que la pérdida para un periodo de retorno esta expresada en valor presente, así que no es necesario descontarla. Pero sabemos que las ciudades no son estáticas. En vista de esto, la estimación de los índices de riesgo tiene que hacerse periódicamente para tener en cuenta los cambios en las variables del riesgo. Es muy beneficioso para un país que el gobierno establezca mecanismos sostenibles para registrar pérdidas y daños futuros con consistencia y credibilidad. Reconocemos que el costo del dinero en el tiempo puede ser relevante en el análisis financiero de esquemas de generación de fondos para enfrentar desastres. El *IDD* da una medida de una cantidad que sería requerida para un gran evento con baja probabilidad de ocurrencia, pero el *IDD'* es proporcional al promedio de la historia completa de pérdidas. Se puede visualizar que no existe un único camino para medir riesgo. Por esta razón hay una necesidad de considerar ambos índices, para dar suficiente información a los tomadores de decisiones.

Otra posibilidad, para explorar en futuros desarrollos del *IDD*, es la relacionada con la evaluación de la “pérdida frecuente probable”, similar a la antes mencionada (Porter *et al.* 2004). Puede ser expresada como la pérdida media asociada con la intensidad del fenómenos amezante que tiene 10% de probabilidad de excedencia en 5 años, el cual corresponde a un periodo de retorno de aproximadamente 50 años (más exactamente, 47.5 años, asumiendo la ocurrencia Poissoniana de eventos). De cualquier modo, es necesario por conveniencia, como se mencionó, establecer un evento con una intensidad para que sea referido como el evento de base económica. La pérdida media dada de este evento puede ser usada en contraste con el enfoque tradicional de la PML. Es otra representación, tal vez más entendible, de los estimadores de pérdidas del EMC mencionados para el *IDD*. De todas formas, hay otros buenos medios para definir índices que apunten a expresar el riesgo.



### 5.2.2 Verificación empírica e indirecta de las pérdidas

Una de las principales críticas del método propuesto de estimación de las pérdidas es que es casi imposible verificarlo con los datos históricos. Una de las razones es que los países han registrado pérdidas para periodos muy cortos de tiempo en comparación con los periodos de retorno de eventos mayores. De la tabla 5.2.2 se puede decir que la probabilidad de tener un evento con un periodo de retorno  $T_R = 100$  años en un periodo de observación  $T_E = 20$  años, es de 18%. Es casi seguro que los eventos de 100 años no hayan ocurrido en los últimos 20 años. En consecuencia, la estimación empírica de una probabilidad es restringida a valores bajos de las pérdidas. La verificación empírica puede también fallar por los cambios en las cantidades expuestas o de las tecnologías de construcción en el tiempo. Por otro lado, es bueno recordar el hecho de que el equipo del proyecto está usando modelos estocásticos (o “catastróficos”) de predicción de pérdidas futuras, en vez de hacer extrapolaciones (empíricas) de eventos pasados, una técnica que también enfrenta dificultades de diferente naturaleza, pero no de fácil solución.

Adicionalmente, puede notarse que en el cálculo del *IDD* y el *IDD'* sólo se tienen en cuenta pérdidas económicas directas. Algunos revisores pares han discutido, con razón, que hay casos en los cuales las pérdidas económicas indirectas pueden ser similares, o aún mayores, que las pérdidas económicas directas. Justamente, los efectos de las pérdidas en infraestructura, edificios o fábricas podrían propagarse por toda la economía, en tal caso las pérdidas finales son mucho mayores que aquellas debidas el impacto directo del desastre. De todas formas, se ha probado que la medición de pérdidas indirectas es extremadamente difícil. Este hecho fue ampliamente discutido durante el desarrollo del proyecto, y se acordó que, aún cuando ellas son una medida incompleta de los efectos de los desastres, las pérdidas directas son buenos indicadores del total de pérdidas. Adicionalmente, una corrección de pérdidas directas fue propuesta para obtener un mejor estimador de los impactos. La ecuación, ahora conocida como la ecuación de Moncho, usada en el proyecto a nivel urbano (Carreño *et al.*, 2005), expresa la relación entre las pérdidas directas y totales:

$$L_T = L + FL = L(1 + F) \quad (5.2.4)$$

donde  $L_T$  representa la pérdida total,  $L$  las pérdidas directas, y  $F$  es un coeficiente (o factor de impacto) que varía con el tipo de amenaza, los problemas socioeconómicos prevalentes, y la resiliencia (el grado de preparación y habilidad para absorber y recuperarse de los efectos indirectos). Sería concebible que  $F$  fuese estimado para diferentes amenazas y regiones, reorganizando los (escasos) datos recolectados de pérdidas durante desastres. En cualquier caso, los índices propuestos son indicadores para representar el perfil de riesgo de los países y los niveles de pérdidas que requieren ser entendidos en el contexto de cada país.

### 5.2.3 Limitaciones del método de estimación de pérdidas

El proceso de evaluación de la pérdida económica debido a los eventos naturales es, en general, muy complejo. En este proceso se usó un método aproximado para estimar las pérdidas en ciudades. Como en todas las aproximaciones hay un compromiso entre la precisión y la simplicidad. En general, entre más preciso sea el método más difícil es su aplicación. En este proyecto se intentó desarrollar un método de estimación que pudiera ser aplicado, con esfuerzos relativamente

pequeños, por los consultores locales o los funcionarios de gobierno. Con estas restricciones en mente se desarrolló el método propuesto. En los párrafos siguientes se discuten sus limitaciones así como algunas de sus fortalezas.

Las ciudades son consideradas puntos en el espacio. En este análisis las ciudades son consideradas objetos sin dimensión en el espacio. En otras palabras, se asume que cuando se presenta un evento este golpea con la misma intensidad la ciudad entera. Además una suposición implícita es que no sólo las intensidades en la ciudad, sino o también las pérdidas, están perfectamente correlacionadas. Hay suposiciones muy conservadoras. Primero, para ciudades del tamaño de Bogotá, México o Santiago, es muy factible que las intensidades durante un evento varíen (tal vez ampliamente) para diferentes puntos en la ciudad,<sup>49</sup> por lo que no todos los edificios son golpeados con la misma intensidad al mismo tiempo. Segundo, aún si las intensidades en todos los puntos fueran las mismas, es extremadamente poco factible que todos los edificios sufran el mismo nivel de daño. Qué tan conservadoras son estas suposiciones no es actualmente conocido, pero puede explorarse mediante simulación o por comparación con resultados de modelos más refinados, los cuales pueden ser realizados para algunas ciudades en la región.

Pérdidas asociadas a un periodo de retorno dado son consideradas (casi) igual a las pérdidas producidas por un evento cuya intensidad tiene un periodo de retorno dado. El método de estimación se basa en la siguiente ecuación:

$$L_R = EV(I_R F_S) K \quad (5.2.5)$$

donde:

- $L_R$  es la pérdida asociada al periodo de retorno seleccionado,  $R$ ;
- $E$  es el valor económico de toda la propiedad expuesta;
- $V(\ )$  es la función de vulnerabilidad, la cual relaciona la intensidad del evento con la fracción del valor que se pierde si un evento de dicha intensidad toma lugar;
- $I_R$  es la intensidad de un evento asociado al periodo de retorno seleccionado;
- $F_S$  es un factor que corrige las intensidades para contar los efectos locales;
- $K$  es un factor que corrige la incertidumbre en la función de vulnerabilidad.

En otras palabras, a excepción del factor  $K$ ,  $L_R$  es la pérdida producida por un evento cuya intensidad  $I_R$  es asociada al periodo de retorno seleccionado. Esto, en general, no es verdad. Desde que las intensidades y las pérdidas no están relacionadas determinísticamente, las pérdidas asociadas a un periodo de retorno dado son producidas por eventos con un todo un rango de intensidades, y no sólo con una intensidad exactamente igual a  $I_R$ . Se intenta corregir esta limitación introduciendo el factor  $K$ . Pero tiene que tenerse en cuenta que esto es sólo una corrección aproximada, la cual puede ser muy imprecisa para ciertas aplicaciones. De todas formas, un cálculo más realista de la pérdida habría convertido en inaplicable el método para la mayoría de grupos locales. Nuevamente, el compromiso entre la simplicidad y la precisión requiere pagar un precio. Es impor-

---

<sup>49</sup> Notese que la variabilidad a la que se hace referencia es la variabilidad de la intensidad para un conjunto dado de condiciones de un sitio. Las diferencias debido a los efectos del sitio pueden, también con algunas aproximaciones, ser tenidas en cuenta.

tante también tener en mente que el gasto público en la respuesta post-desastre puede incluir asistencia humanitaria (provisión de comida, ropa, vivienda temporal, etc.) y ayuda para la restauración de empleos (por ejemplo provisión de semillas e implementos agrícolas; cancelación de grandes préstamos agrícolas, etc.). Sería muy complicado incluir estos aspectos en el cálculo del *IDD* pero es válido resaltar que las estimaciones de gasto requerido post-desastre son sólo una pérdida estimada del gasto actual.

*Amplia generalización de tipos de edificios.* En estos análisis, los edificios se dividie en sólo tres tipos: sector privado, sector público y propiedades de los pobres. Posteriormente, se usó la misma función de vulnerabilidad para todos los edificios que pertenecen al mismo sector. Esto es, obviamente, una caracterización muy amplia de los edificios. Claramente, por ejemplo, no todos los edificios del sector privado son iguales, y las construcciones del sector los estratos pobres incluye, en la mayoría de los casos, varios tipos de edificios. En este caso, de todas formas, esta simplificación no viene de limitaciones del método propuesto, sino de las limitaciones en la disponibilidad de información. De hecho, si se tuviera información sobre el número de edificios que pertenecen a una variedad de tipo estructural habría sido factible construir funciones de vulnerabilidad para cada tipo. ¿Cuántos tipos diferentes de estructuras? Tal vez no son tantos, pueden no ser más que diez. Pero en cualquier caso habría sido mejor que una clasificación amplia como la que fue usada, que como se mencionó se debe a la falta de información detallada.

*Reglas para combinar las pérdidas de ciudades diferentes.* Como se ha recalcado, el método aquí propuesto estima individualmente las pérdidas para cada ciudad y, en el segundo paso, combina estas pérdidas con unas reglas dadas para producir un estimativo nacional de las pérdidas. La necesidad de usar estas reglas viene del hecho que, para un área extensa de un tamaño dado, no es factible que las ciudades sean afectadas en forma simultánea por el mismo evento. El tamaño del área, obviamente, es dependiente de la amenaza. En general, es imposible construir un conjunto simple de reglas de combinación que generen buenas aproximaciones en todos los casos. Los que se ha propuesto se basan en dos suposiciones principales: a) las ciudades (o grupos de ciudades) no son afectadas simultáneamente por el mismo evento; y b) que las curvas de amenaza para todas las ciudades son paralelas en una escala log-log. La condición a) depende del juicio aplicado al grupo de ciudades. Se hizo dicha agrupación de la mejor manera posible, pero la verdad es que no se ejecutaron análisis de sensibilidad para examinar otras posibilidades. La condición b) fue generalmente satisfecha sin embargo, así como con la condición a) no se examinaron las implicaciones de esos casos en los cuales el “paralelismo” de las curvas de amenazas estaba lejos de ser perfecto.

#### **5.2.4 Preocupaciones relacionadas con la estimación de resiliencia económica**

La resiliencia económica o denominador del *IDD* fue calculada haciendo algunos supuestos, que fueron aplicados en varios sentidos a todos los países, pero algunas hipótesis pueden no ser las mejores en todos los casos. Esto significa que para la evolución del *IDD* en el futuro es necesario revisar tanto la información de cada país en cuanto a las cifras de los posibles fondos disponibles para la reconstrucción como los supuestos principales que se hacen para el cálculo de esas cifras. Por ejemplo, de la inspección de los datos sobre los posibles fondos surgieron en inquietudes como las siguientes:

- Parece haber una variación muy amplia en los valores estimados de la ayuda externa que fluiría para la respuesta en caso de desastre. A modo de ilustración, las recepciones de ayuda per cápita implicada con base en el valor de 2000 para un evento de 1 en 500 años, admitiendo que es un cálculo grueso, indican que Guatemala y Argentina esperarían recibir menos de US\$ 16 per cápita en comparación con valores por encima de los US\$ 170 per cápita que tendrían Chile, El Salvador, Jamaica y Trinidad y Tobago. Algunas de estas estimaciones pueden estar sobre optimistas o pesimistas.
- La posibilidad de nuevos impuestos parece extremadamente alta para Costa Rica, El Salvador y Guatemala en relación con el valor total de la resiliencia económica. Usando cifras del Banco Mundial sobre el total de ingresos corrientes (en dólares y excluyendo la ayuda recibida) para Costa Rica y Guatemala, es posible estimar que los nuevos impuestos serían equivalentes al 59% del total de ingresos corrientes para Costa Rica y del 75% para El Salvador (los datos para Guatemala no estaban disponibles). Estos valores parecen muy altos y tal vez políticamente poco plausibles.
- Las cantidades permitidas para la reasignación presupuestal son probablemente también muy altas. Es importante reiterar el costo de oportunidad que se presenta por la reasignación de recursos –esto es: el cambio de destino de recursos de inversiones planeadas, con implicaciones a largo plazo en el crecimiento y desarrollo. Claramente, esto se debe a que no es dinero sin costo.

De esta forma, sería de utilidad incluir en el futuro algunos análisis de sensibilidad, recalculando el *IDD* asumiendo otras hipótesis realistas/pesimistas. Por ejemplo que pasa si las reasignaciones del presupuesto son sólo de la mitad de las estimaciones actuales. Esto significa que el *IDD* sería más grande y entonces peor que las evaluaciones actuales del indicador que en muchos casos se califica por encima de 1 ( $IDD > 1$ ).

Una alta pérdida potencial o un alto puntaje del *IDD* tiene implicaciones relevantes y es importante para los gobiernos entender un poco más lo que significa. Pueden ser implicaciones para el crecimiento del PIB por ejemplo. Más detalles y análisis son requeridos en los futuros diálogos con y entre los países en una nueva fase de este programa. Esta discusión debe también hacer anotar que no hay una relación lineal directa entre la escala de pérdidas físicas y las consecuencias económicas. Por ejemplo, pérdidas de infraestructura pesada (camino, electricidad, etc.) tendrá menor impacto en una isla pequeña especializada en servicios financieros que una dependiente de la agricultura o el turismo. Así, niveles de pérdidas necesitan ser entendidos en el contexto del área afectada.

Finalmente, nuevas evaluaciones pueden considerar otros fondos potenciales para la resiliencia económica, por ejemplo las remesas como ayuda humanitaria. Algunos de los fondos más significativos disponibles para un país después de un desastre mayor vienen de emigrantes que viven fuera del país. El envío de dinero del hogar a la familia, amigos o parientes ha sido un factor importante en muchos desastres. Aún si esto no contribuye directamente a los fondos disponibles para el gasto público, en efecto actúa reduciendo algunas de las demandas que de otra manera tendrían que ser asumidas por el gobierno. Es en efecto un “impuesto” informal para los emigrantes que contribuyen voluntariamente.

## 5.3 Comentarios y críticas para el IDL, IVP y RMI

### 5.3.1 Apreciaciones sobre el IDL

Latinoamérica y el Caribe son, después de todo, altamente urbanizados. Sin embargo, trabajar con DesInventar ha revelado los tipos de evento de tamaño menor y mediano que desequilibran el desarrollo económico y ponen en peligro los medios de sustento en áreas rurales. Un esfuerzo se ha hecho para tener en cuenta estos eventos en el *IDL*. En el caso de este índice se está presentando con un esquema único y novedoso, nunca antes considerado en la construcción de un índice, pero tomado de uno de los principales puntos de discusión de la comunidad de desastres a la fecha. Es decir, ¿cuándo un desastre es un desastre y cuál es el papel de miles de los eventos de pequeña y mediana escala, generalmente no contados, en la ecuación del riesgo y del desastre? El *IDL* es innovador e importante y el esfuerzo para construir un índice que represente esto, es igualmente interesante y relevante. La construcción de índices y análisis basados en eventos de pequeña y mediana escala puede incluso servir para estimular más la preocupación y la recolección de información acerca de dichos eventos, sin embargo una serie de puntos analíticos y metodológicos se pueden señalar en relación con este indicador, lo que puede requerir modificación o extensión del modelo analítico.

DesInventar registra todos los eventos físicos (naturales, socio-naturales y tecnológicos-antropogénicos) para los cuales la información está disponible y a los que pueden asociarse a algunos niveles reportados de daño social y económico y pérdidas. Algunos de estos eventos son de pequeña y mediana escala con impactos espaciales restringidos o muy restringidos, cubriendo partes de municipios, distritos o poblados pequeños por ejemplo. Por otro lado, DesInventar también registra desastres grandes o muy grandes que tienen a veces una cobertura muy amplia. Pero, estos eventos son registrados en las bases de datos de acuerdo con la información disponible municipio por municipio, o distrito por distrito, como eventos múltiples locales. Es decir un evento como el terremoto en el Eje Cafetero de Colombia en 1999 o el Huracán Mitch en Honduras en 1998 han sido registrados en DesInventar con decenas, si no muchos más registros de pérdidas y daños a nivel municipal o distrital. La suma de estos registros captura una visión global del daño y de las pérdidas asociadas con un solo terremoto o huracán, que tiene efectos múltiples en numerosas comunidades y localidades. Parte de la lógica de este tipo de registros es que un evento físico grande genera al final una serie de innumerables pequeños desastres locales, pero, al final, el evento físico es un solo fenómeno a veces con una cobertura espacial muy grande.

El análisis para obtener el *IDL* no separa eventos locales de muy pequeña, pequeña o mediana escala de grandes eventos con múltiples efectos locales. Esto puede ser justificado desde un punto de vista pero no desde otro. Si se asume que todos los desastres son esencialmente desastres locales, de tal manera que los eventos menores con impactos locales restringidos son lo mismo en esencia que eventos grandes con múltiples impactos locales, entonces el índice es correcto en sus supuestos y conclusiones. Sin embargo, al justificar el índice, en el informe se señala que el índice intenta representar los impactos de desastres pequeños y medianos, en oposición a los grandes bien reportados desastres. En consecuencia, al combinar ambos tipos de evento este criterio no parece ser satisfactorio y el índice de hecho representa una medida de los efectos locales, su concentración etc. indiferentemente del tamaño del desastre como tal.

Por lo tanto, para diversificar el índice y llegar a algunos posibles resultados interesantes puede ser relevante, primero, llevar a cabo un análisis para llegar a un indicador donde los desastres grandes son eliminados. Segundo, se podría realizar un análisis donde sólo los eventos grandes son considerados, pero viéndolos como numerosos desastres locales. Y en tercer lugar, se podría hacer un análisis usando todos los eventos, grandes y pequeños, como se ha hecho en el cálculo del indicador existente. En el caso de que los resultados de los tres análisis sean similares, pesaría la hipótesis de que los eventos pequeños tienen al final una distribución de efectos a largo plazo similar a la de los eventos grandes. Esto tiene implicaciones de política importantes. Por otra parte, si los resultados son muy diferentes, el peso se daría a la hipótesis opuesta de que los eventos pequeños tienen un amplio y más variado rango de impacto que los desastres grandes y esto en sí mismo también tiene importantes conclusiones de política. En el caso de que el análisis realizado incorpore todos los eventos, el indicador tal vez habría que denominarlo Índice de Impactos Locales en contraposición a un Índice de Desastres Locales, y la denominación Índice de Desastres Locales habría que reservarla para el resultado de los cálculos realizados cuando la información usada es sólo de los eventos de impacto local restringido de nivel pequeño y mediano.

Uno de los revisores considera que sería de lejos más útil si el *IDL* fuera capaz de mostrar qué amplios cambios en los niveles de pérdida en el tiempo se han debido a las fluctuaciones naturales o tendencias en la frecuencia de la ocurrencia de los eventos naturales peligrosos y a cambios en la vulnerabilidad, tanto para los países como un todo como para los municipios en particular. Desafortunadamente, esto significaría involucrar el rango de la intensidad de los eventos peligrosos que ocurren y obviamente esta es una dificultad mayor dado que es potencialmente incierto el poder resolverla dado que la base de datos de DesInventar no contiene información como esta. Esto también implicaría que sería difícil integrar diferentes tipos de amenazas en un solo *IDL* multi-amenaza. Posiblemente en el futuro, si esto fuera posible, se podrían obtener algunos resultados muy interesantes, identificando áreas que potencialmente enfrentan un aumento rápido de la vulnerabilidad donde se requeriría una acción urgente.

Desde otros puntos de vista, el *IDL* involucra un problema metodológico potencialmente serio en lo referente a que usa datos de *personas afectadas*. En efecto, el equipo del proyecto gastó mucho tiempo discutiendo este asunto. Un aspecto a considerar es que la definición de *afectados* posiblemente varía en forma notable de acuerdo con el juicio subjetivo que realizan los diferentes tipos de personas que llevan a cabo la evaluación. Esto es especialmente propenso a los propios intereses de ciertos agentes que son quienes posiblemente proveen dicha información: por ejemplo, funcionarios del un gobierno local pueden estar interesados en dar cifras más grandes para obtener mayor asistencia. Existe también el fenómeno de la perpetuación de estimativos iniciales de una fuente (por ejemplo: un periodista en la escena, o un organismo de rescate). Una vez que esta cifra ha sido citada en una publicación se repite interminablemente por otros sin mejorar la exactitud. Estos datos en el DesInventar pueden ser recolectados intentando aplicar ciertas reglas o guías, pero con doce países y con la definición de muchos intérpretes a nivel local de las cifras, estas podrían ser inadecuadas. También hay un problema con la estimación de *muertos*, lo cual no es tan simple como parece. Por ejemplo, ¿los datos incluyen aquellos que fueron inicialmente declarados desaparecidos? ¿Después de largo tiempo (¿y quien hace los cálculos?) los desaparecidos son declarados como muertos? y ¿es lo mismo en cada país? ¿Y que pasa con aquellos que sucumbieron a la enfermedad o a lesiones meses después del evento? Ellos debieron ser incluidos como víctimas del desastre, pero esto sería muy difícil. Por supuesto, se puede asumir que hay

una proporción válida y razonablemente consistente entre los muertos iniciales y aquellos que cayeron después bajo la categoría de desaparecido y enfermo. Pero el informe puede variar en forma notable entre localidades, tipos de desastres y, claro, entre países.

En efecto, el *número de afectados*, existe en varias bases de datos. La figura de *afectados* es similar al *número de personas afectadas + el número de víctimas* en DesInventar. Desde el punto de vista del equipo del proyecto el *número de muertos*, constituye un indicador robusto (en otras bases de datos como EmDat, esta figura es similar a *muertos + número de personas desaparecidas*). De cualquier modo, el equipo del proyecto sugiere que los datos para las personas afectadas puedan ser omitidos en el futuro y que se preste más cuidado a la compilación de datos para muertos. Se es consciente de que esto significaría un cambio mayor en este índice y que el número de muertos puede no ser una medida adecuada del impacto de un evento particular y que se necesitaría estar razonablemente seguros de que el número de muertos se correlaciona razonablemente bien con otras medidas que conllevan a la medida del impacto total.

Finalmente, uno de los revisores hizo esta pregunta: ¿El *IDL* realmente nos dice más de lo que sería revelado por una revisión de los datos sin procesar, los cuales inmediatamente revelarían tipos de amenaza que causan las mayores muertes y pérdidas y si los impactos fueron o no relativamente distribuidos en el país? El equipo del proyecto piensa que el *IDL* mide, de hecho, simultáneamente la frecuencia y uniformidad de los efectos de eventos peligrosos pequeños y medianos a nivel local. Es decir, que es una medida de la variabilidad del riesgo en un país o en una región subnacional. Si el “lenguaje” del *IDL* habla o no directamente a los tomadores de decisiones municipales y subnacionales dependerá del grado en que estén familiarizados con el DesInventar. Si el sistema de conteo reside sobre una “caja negra” para ellos, sería luego difícil para estos tomadores de decisiones apropiarse totalmente del método y usarlo apropiadamente. Algunos no saben en qué grado el DesInventar ha sido difundido como una herramienta de los gobiernos locales y subnacionales en contraposición a una herramienta de investigación académica. Puede ser que esta valiosa herramienta necesite ser más “publicitada” en adelante en los círculos gubernamentales

### **5.3.2 Apreciaciones sobre el IVP**

Algunos revisores pares piensan que el *IVP* es un índice potencialmente muy poderoso porque los datos bajo los tres títulos (Exposición y Susceptibilidad; Fragilidad Socio-económica; Resiliencia) incluyen muchos factores que pueden ser considerados “causales” en lo relativo al riesgo. Hay un significativo argumento teórico subyaciendo todo esto, por ejemplo sobre cómo la pobreza juega aquí como un factor causal. Es bien conocido que algunos desastres han afectado el bienestar, por ejemplo cuando altos ingresos han llevado a la construcción de grandes casas que son inseguras ante terremotos. Así que la pobreza no es lo mismo que la vulnerabilidad frente a las amenazas, aunque es generalmente entendida como un ‘factor explicativo’ de importante significado en la mayoría de los casos. El incorporar la pobreza e indicadores de bienestar, factores de gobernabilidad y de género, niveles de desempleo etc. sugiere que el proyecto los acepta como causas que contribuyen al riesgo. Esto hace posible promover el *IVP* como una herramienta poderosa de política para la reducción de la vulnerabilidad. Esto es realmente importante porque sugiere áreas en las cuales los actores pueden hacer intervenciones relevantes. Y es también en estas áreas donde la sociedad civil puede estar involucrada promoviendo y usando el *IVP* en parti-

cular como un medio para reclamar la reducción de la vulnerabilidad desde el enfoque de los derechos humanos.

Compuesto en la mayoría por cuatro grandes y complejas “cajas negras” el lado de la resiliencia del *IVP* es bastante diferente. Conceptualmente no es tan concisa ni clara. Incapaz de ubicar la “resiliencia” en decisiones/acciones más discretas y específicas, el proyecto estableció para esto medidas más difusas y generales. Esto representa en general el estado del arte en el mundo hoy. El entendimiento de la vulnerabilidad y la resiliencia no está, simplemente, lo suficientemente avanzado. De otro lado, algunos pares manifiestan su inquietud de que de alguna manera el proyecto BID-IDEA adopte en forma indiscriminada como medida de la resiliencia cuatro grandes índices preexistentes: del PNUD el índice de desarrollo humano (IDH) y el índice de desarrollo por género (IDG), del Banco Mundial el índice de gobernabilidad, y del Foro Económico Mundial el índice de sostenibilidad ambiental (ESI en inglés). Por lo tanto, varios revisores creen que el *IVP* debe considerarse como una primera sólida aproximación, pero que necesita más trabajo para mejorarlo en el futuro.

En efecto, desde el punto de vista del equipo del proyecto, el *IVP* es útil como una primera aproximación. Para tener una resonancia directamente con sus usuarios potenciales es necesario identificar, en los futuros diálogos entre los países, quien en el gobierno es responsable por la reducción de la vulnerabilidad y de los recursos para trabajar en los diferentes sectores, como los Ministerios de Salud, Bienestar Social, Empleo, Medio Ambiente, Agricultura y otros. Por otra parte, el método adoptado es de bajo costo intencionalmente, dado que algunos índices como los mencionados anteriormente son producidos de manera rutinaria para la mayoría de los países en el mundo. Esto no es un punto trivial para el reto que significa su sostenibilidad. No obstante, al hacer esta adaptación sin duda el proyecto también importa, junto con esos indicadores, todas sus suposiciones y debilidades.

Tal vez es sorprendente ver que los cambios en los *IVPs* son muy pequeños en el periodo de 20 años examinado, pero como es de esperarse hay un poco más de variación entre los  $IVP_{SF}$  y  $IVP_{ES}$  en el tiempo. El hecho de que el *IVP* general para un país en particular no cambie mucho es interesante. Esto ocurre en algunos análisis específicos de países que otros investigadores han realizado, revelando que la naturaleza de la vulnerabilidad puede cambiar significativamente en el tiempo sin crecer o caer necesariamente en términos generales.

También hay dudas de los revisores de algunas variables o subindicadores del el *IVP*. ES6 (importaciones y exportaciones de bienes y servicios como % del PIB), por ejemplo, usada como *proxy* de la exposición. No es clara la correlación en los países entre el comercio como % del PIB y la vulnerabilidad. De esta forma, el ES6 hace una inferencia de que una economía más abierta es más sensible a traumatismos por desastre. En algún grado, esto es verdad pero esto puede ser en parte porque está actuando como *proxy* del tamaño. Economías más pequeñas, especialmente las verdaderamente pequeñas, son comúnmente las más abiertas (básicamente reflejando economías de escala y de esta forma concentración y producción en relativamente pocos bienes/cultivos) lo que implica una alta vulnerabilidad potencial si las actividades en las que se especializan (generalmente la agricultura) son en sí mismas vulnerables. Para países más grandes, la relación entre el nivel de apertura y la vulnerabilidad a las amenazas depende en parte de la composición del comercio, incluyendo cómo se diversifican las exportaciones. En países con po-



cos productos claves de exportación la vulnerabilidad de estos productos necesita ser considerada. Si la mayoría de los productos de exportación son agrícolas entonces las exportaciones pueden caer abruptamente después del desastre (aunque obviamente dependiendo del tipo y área de impacto del desastre en sí mismo). Los productos manufacturados de exportación generalmente se sostienen mucho mejor, especialmente cuando se está buscando un desempeño para todo el año, ignorando interrupciones de corto plazo de las rutas de transporte, etc.

Sería deseable ver algo ligado a la composición de la economía –importancia relativa de la agricultura, industria, etc. Típicamente, países con amplios sectores agrícolas son más sensibles. La tierra arable y cultivos permanentes como porcentaje del área (ES8) ha sido incluida, pero no es lo mismo que buscar la importancia económica del sector agrícola. Habría sido relativamente simple ir a un escenario más adelante y medir la vulnerabilidad macroeconómica, pero como un mínimo absoluto sería sensitivo incluir la agricultura como porcentaje del PIB como una de las variables.

Desde la perspectiva del equipo de trabajo, el *IVP* trae en conjunto una serie de variables relevantes y pertinentes para la medida de la vulnerabilidad y resiliencia, o la falta de ella. Hay, de todas formas, otras que pueden ser igualmente válidas en ciertos casos y circunstancias. Pero esto no es un problema real dado que el método propuesto permitiría una sustitución de ciertas variables por otras. El tipo de adaptación de variables puede ser realizado de acuerdo con el país, el contexto de las amenazas, etc. teniendo en cuenta la naturaleza genérica y específica de muchas variables de vulnerabilidad y resiliencia relacionadas con los diferentes contextos del riesgo.

Finalmente, el tema de la claridad conceptual es importante porque los que hacen las políticas están siendo llamados a hacer muchas cosas. Actualmente, a pesar de las prioridades establecidas en los Informes de la Estrategia de Reducción de la Pobreza del Banco Mundial en un número de países, ellos están siendo llamados a implementar los Objetivos de Desarrollo del Milenio. El peligro de aceptar que la reducción del riesgo es un “componente esencial e integral” del desarrollo es que los tomadores de decisiones pueden pensar que por enfocarse en los ODMs (o en aumento del IDH, IDG, ESI, etc.) ellos reducirían *automáticamente* el riesgo. De todas formas, mucho depende en *cómo* esos objetivos son perseguidos e implementados.

### **5.3.3 Apreciaciones sobre el IGR**

De acuerdo con los revisores pares, el *IGR* es también novedoso y de lejos es el de más amplio alcance en su objeto, hacia lo cual se han hecho otros intentos similares en el pasado. En cierta forma es el indicador más sensitivo e interesante de todos. Este indicador es en efecto el que puede presentar la tasa de cambio más rápida, dadas las mejoras en la voluntad política o en el deterioro de la gobernabilidad. Mientras que el *IDD* y el *IVP* pueden tomar décadas para cambiar, especialmente en zonas subnacionales con largas historias de marginalidad y cargas de pobreza extrema, el *IGR* puede mostrar agudas mejoras anuales o bianuales debido a decisiones políticas e implementaciones correctas. Esto es importante desde el punto de vista de proveer refuerzos positivos a los gobiernos nacionales, así como proporcionar una mejor protección social, mientras que paulatinamente el progreso socioeconómico gradual se va logrando. El *IGR* tiene la ventaja de estar compuesto de medidas que más o menos mapean en forma directa conjuntos específicos de decisiones/acciones de resultados deseables.

Desde la perspectiva de algunos revisores la principal crítica y mejoramiento esperado para el futuro del *IGR* reside en el uso del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). Este método sirve como medio de consolidación de la opinión de expertos en aspectos críticos para los cuales existen muy pocos datos. De todas formas, este método tiene el efecto desafortunado de producir diferentes resultados, dadas las diferentes selecciones de los expertos. En consecuencia, la validez de los resultados del PAJ depende mucho del proceso de selección usado para identificar los “expertos” que proveen los juicios sobre el fenómeno en revisión y la asignación subjetiva de sus pesos. Cuando no existen datos empíricos en lo que respecta a un conjunto de indicadores como el *IGR*, por ejemplo, el PAJ sirve como medio para reunir juicios informados en relación con las situaciones problemáticas. En el sistema de indicadores el PAJ es usado para el *IVP* y el *IGR*; para pesar los conceptos subyacentes del primero y las áreas de desempeño del segundo sobre las cuales puede esperarse razonablemente que administradores experimentados den sus juicios basados en sus observaciones y conocimiento sobre una ciudad, distrito, estado o un país determinado. Pero esos juicios, hechos por personas expertas, pueden de hecho variar significativamente.

Desde esta perspectiva del equipo del proyecto, el PAJ es una metodología útil para la estimación actual de indicadores el riesgo, debido a los pocos medios consistentes de recolección de datos empíricos que existen en todas las jurisdicciones en estudio. Sin embargo, en la medida que las ciudades y gobiernos mejoren su infraestructura de su información, el PAJ puede ser reemplazado efectivamente por métodos más sofisticados de modelación y análisis de indicadores de riesgo de desastre.

#### **5.4 Problemas con la calidad, accesibilidad y consistencia de la información**

La consistencia de los índices depende de la información proporcionada por las instituciones involucradas en el programa y por los consultores locales de cada país. En el proceso de obtención de información del equipo del proyecto se encontró que era una tarea difícil, más de lo que se esperaba. En el caso de la estimación de pérdidas para el *IDD*, el principal problema encontrado fue la falta de información sobre los valores expuestos y su distribución en diferentes categorías consideradas en el proyecto (sector público, privado y estratos pobres). Algunos valores monetarios obtenidos de cada país fueron incongruentes y el equipo del proyecto tuvo que rechazarlos. Otros indicadores monetarios, como el costo de construcción por metro cuadrado ( $\text{USD}/\text{m}^2$ ) exhibió variaciones en el tiempo que estuvieron lejos de lo que se esperaba y difíciles de creer. El costo asociado a la construcción de cada grupo (sector pobre, público y privado) mostraba diferencias exageradas de un país a otro; lo que pudo haber pasado porque los consultores tuvieron que dar sus mejores estimaciones aproximadas, ya que en muy pocos casos la información estaba disponible y consistente, y ningún criterio común inicialmente fue establecido para el proceso de estimación.

Los datos de población de cada país parecen ser consistentes y en la mayoría de los casos fueron obtenidos de fuentes confiables, por lo que se decidió calcular el resto de la información con estos datos. La distribución de valores expuestos de cada ciudad, y su evolución en el tiempo, fue obtenida de una forma consistente con la evolución en el tiempo del tamaño correspondiente a sus economías. En muchos casos, la información recibida de los consultores locales sólo cubría algunas ciudades en cada país (los más importantes en términos de población y valores). Es importante dejar en claro que los resultados obtenidos de esta información fue restringida para esas ciudades y la extrapolación al caso nacional tuvo que ser hecho con precaución. Aunque la in-

formación relacionada con las amenazas naturales requerida fue muy específica, los consultores nacionales tuvieron problemas en recolectándola, y en la mayoría de los casos la información enviada fue limitada a breves descripciones de las amenazas, la forma en que puede afectarse la población y algunas veces a una lista de eventos pasados. Debido a esto, las páginas electrónicas y los buenos juicios fueron requeridos para complementar la información de amenazas para ser capaces de ejecutar las estimaciones de pérdidas para el *IDD*.

El *IDL* esta basado en la base de datos DesInventar, aquí la calidad de las cifras del *IDL* depende de la calidad de la información del DesInventar. Algunos piensan que hay muchos problemas en las bases de datos de desastres debido a los tipos de fuentes y los criterios usados para recolectar la información. Es bueno hacer una crítica de la base de datos DesInventar teniendo en cuenta cubrir: a) si en el tiempo, la base de datos ha reportado o incrementado el porcentaje de eventos que ocurren; b) si el porcentaje de desastres reportado en la base de datos varía o no en forma significativa entre los países y entre los municipios en un país en particular; c) si la exactitud de los reportes se ha mejorado con el tiempo (en términos de muertos, personas afectadas, etc.) y d) cómo reportar cifras exactas que sean creíbles.

Ciertamente, las fuentes usadas por el DesInventar son variadas. En general las fuentes de periódicos han sido usadas, a veces en combinación con datos oficiales de varios gobiernos, y en algunos países las bases de datos han sido construidas usando información oficial reunida a nivel local, provincial y nacional por la defensa civil o cuerpos similares. Las fuentes oficiales usadas no necesariamente implican que son primarias o correctas en términos de la calidad de la información. La información de los periódicos puede presentar problemas pero también lo hacen otras fuentes. En la mayoría de los casos las diversas fuentes, incluidas las fuentes oficiales cuando hay más de una para un desastre dado, reportan diferente información que a menudo contradictoria y que necesita ser analizada y evaluada en cada caso (La Red 2002). Al igual que con la información de otras bases de datos, se necesita ser cauteloso al revisar las tendencias en el tiempo porque la cobertura se ha ido incrementando, aunque de todas formas ha sido muy similar en todos los países desde 1970 y por lo tanto en los periodos considerados en el proyecto (1980-2000). Tal vez hay problemas en la comparación de algunas cifras, es decir, en el número de muertos o personas afectadas entre los países, porque los desastres reportados en la base de datos varían entre los países, particularmente antes de 1980. De cualquier modo, tomando en cuenta las fuentes, los reportes han mejorado con el tiempo de la misma forma en todos los países durante el periodo utilizado en el proyecto.

En resumen, así como cualquier base de datos, la información contenida en el DesInventar tiene problemas en relación con las fuentes de información, particularmente en lo relacionado a la verificación de la información (al menos en términos del orden de magnitud) y con la información de ciertas variables, especialmente las socio-económicas. En este sentido la metodología del DesInventar incluye una categorización de variables, dependiendo del nivel de la certeza razonable concerniente a la información (fecha, geografía, tipo de evento, muertos, personas heridas, casas destruidas y casas afectadas, por ejemplo, que son variables bastante robustas, mientras la información del número de personas afectadas, el número de víctimas o evaluaciones económicas tiende a ser menos robusta). A pesar de esto, el proceso de recolección de la información involucra una revisión detallada de la información e intenta, en la medida de lo posible o que la información existe, corroborar o revisarla contra otras fuentes. El *IDL* fue estimado usando las varia-

bles más robustas de la base de datos con excepción del *IDL* basado en las personas afectadas. Tal vez en desarrollos futuros esta cifra pueda ser cambiada o desechada.

Para suministrar grupos comparables de datos para el *IVP*, los vacíos en series de tiempo se llenaron usando técnicas estadísticas y utilizando sustitutos en algunos casos de información faltante. En futuros análisis es necesario evadir hacer esto si es posible, porque simplemente no hay sustitutos para los buenos datos. Métodos estadísticos pueden ser sofisticados, de hecho, pero no cambian la realidad. Adicionalmente, hay grandes partes de algunos países participantes de las cuales simplemente no hay información. Este problema está relacionado con el grado muy alto de “informalidad” que hay en la región. Los asentamientos urbanos ilegales son sólo una de muchas manifestaciones de informalidad. Mucha de la actividad económica no es “formal” y no es nunca reportada. Modos de vida de pobres y marginados –tanto urbanos como rurales– están generalmente ocultos para los investigadores porque hay componentes que son ilegales o casi ilegales. La informalidad también caracteriza el sector de servicios con conexiones ilegales de electricidad, práctica médica sin licencia, y muchas otras clases de “adaptaciones” de los pobres y marginados por su situación. Algunos elementos de informalidad también han empezado a aparecer en los grupos de “clase media” por el estrés de la crisis económica. La pregunta estratégica entonces es si el programa debería hacer *lobby* sobre los gobiernos y organizaciones internacionales para ampliar la adquisición de información de estas zonas “en blanco” o no, en los futuros desarrollos o fases del proyecto. La información viene con un costo que puede ser un inconveniente para la sostenibilidad del proyecto.

En el caso del *IGR*, es importante indicar que los representantes de la gestión del riesgo establecieron los pesos aplicados a los subindicadores y llevaron a cabo las evaluaciones de desempeño para la mayoría de los países. Estas evaluaciones, en algunos casos, parecen presentar sesgos hacia una sobre estimación o benevolencia en el nivel de desempeño alcanzado cuando se compara con las evaluaciones realizadas por expertos locales externos, que parecen ser más verosímiles y sinceras. Se ha trabajado con las primeras para que se facilite una reflexión al respecto, pero se considera que las evaluaciones externas también son pertinentes y que quizás con el tiempo serían lo más deseable, si se hacen en forma concertada, para no favorecer el *statu quo*.

En conclusión, sin duda, la construcción de los indicadores es metodológicamente compleja y los requerimientos de información son relativamente onerosos en algunos casos, dado el acceso y los problemas identificados. Ciertas variables o tipos de información no están disponibles fácilmente y requieren investigación, opuesto a la ruta de recolección donde dicha información existe como una parte normal de la sistematización de datos a nivel nacional o internacional. Existen dudas sobre la veracidad y exactitud de algunos aspectos de la información, aunque en general el procedimiento usado para “verificar” la información asegura un muy razonable nivel de exactitud y veracidad. Del mismo modo, los procedimientos de ponderación y las ciertas decisiones pueden ser cuestionadas en algunos casos, pero de nuevo en general las decisiones tomadas parecen estar bien justificadas y conducen a adecuados niveles de exactitud. El utilizar la opinión de funcionarios de las instituciones de gestión de riesgos a nivel nacional en los análisis cualitativos está abierto a la revisión, dada la clara parcialización en algunos casos a favor de calificaciones positivas. La alternativa de utilizar científicos, personas independientemente formadas y académicos podría resolver ciertos problemas pero puede crear otros. Por lo tanto, que un enfoque de doble verificación cruzado sea el mejor en donde ambos sectores sean tenidos en cuenta.

## 5.5 Análisis futuros e interpretación de resultados

Los resultados del ejercicio de indicadores, así como están presentados, dan una idea particular de la situación y de los niveles de eficacia y eficiencia de los países analizados, con todas las advertencias que se pueden hacer acerca de la exactitud de los datos. Cuando se trata de convencer a los tomadores de decisiones de las virtudes del sistema de indicadores no se trata sólo de convencerlos del método y de la veracidad de los resultados en una base comparativa o individual, sino también de la pertinencia de los resultados en términos de abrirse o “invitar” a cambios políticos y acciones, como se hace explícito en la discusión de los objetivos del programa. Dado esto, puede ser interesante para los resultados, que en el futuro, sean sometidos al escrutinio de especialistas entrenados en riesgo y desastres en cada país y concretar recomendaciones políticas derivadas de dicha evaluación, para demostrar a los tomadores de decisiones la utilidad real y final del sistema de indicadores. Esto puede ser logrado a través de los centros existentes y de profesionales en el tema.

Hasta ahora el sistema de indicadores ha sido abierto a escrutinio y discusión de asesores internacionales, académicos, profesionales en riesgos y un número limitado de personal técnico y profesional nacional, pero de muy pocos tomadores de decisiones. En el corto plazo sería muy inteligente organizar una serie de diálogos nacionales donde los resultados derivados de los indicadores y sus implicaciones fueran presentados a un número selecto de tomadores de decisiones y planificadores a nivel nacional. Esto permitiría una verificación de su relevancia y pertinencia y ofrecería conclusiones en relación con el trabajo futuro del programa.

Dado este contexto una recomendación puede ser que el proceso de los indicadores sea parte de una investigación más amplia y de una iniciativa académica a nivel universitario o en un centro a nivel universitario. En América Latina existen muy pocos, si acaso hay alguno que realice investigación y enseñanza multidisciplinaria u holística dedicado al análisis del riesgo, los patrones de riesgo y las iniciativas de gestión del riesgo. Esto es fundamental y tal vez podría ser promovido por una iniciativa de múltiples agencias que establezcan un centro regional o una serie de iniciativas nacionales ligadas a centros existentes o, donde sea necesario, crear nuevos centros. Los objetivos de dichos centros serían los de proveer una institución tipo “observatorio” dedicada al análisis y monitoreo, investigación y práctica en la gestión del riesgo. El programa de indicadores sería uno de los componentes de dicho centro, constantemente ofreciendo información y análisis para el personal gubernamental o para investigadores, mientras se conectan centros en otros países, y así se irían garantizando enfoques estandarizados para el análisis (si un centro de investigación fuera asignado para Centroamérica, Sur América y el Caribe, no sería tan difícil lograrlo).

El producto del esfuerzo de este proyecto ha sido la construcción de un perfil comprensivo de indicadores de riesgo de desastre para doce naciones en América Latina y el Caribe. Este perfil es el primer paso para la creación de una “imagen operativa común” de reducción del riesgo de desastre para la región. Es decir una base de conocimiento común a la que se pueda tener acceso, que sea vista y entendida por todos los diferentes tomadores de decisiones responsables de la reducción del riesgo de la región. Cualquier grupo que no sea incluido o que falle en comprender el nivel y frecuencia del riesgo probablemente perdería su compromiso activo en el proceso de reducción del riesgo. Por lo tanto, la construcción de una base de conocimiento común efectiva pa-

ra el sistema de tomadores de decisiones responsables de la reducción del riesgo de los desastres es fundamental para lograr cambios en el práctica.

De acuerdo a los revisores pares, el valor de esta base de conocimiento común para la formulación de políticas públicas y diseño de recursos apropiados de intervención a nivel local, estatal/provincial, nacional e internacional para los tomadores de decisiones, no debe ser subestimado. Las gráficas producidas por esta primera implementación ilustran de manera importante el cambio en el tiempo del riesgo de desastre, de las pérdidas incurridas por cada nación por desastre, y el nivel de las prácticas de gestión de desastres que han sido o no instituidas en cada país. Los indicadores también ilustran la relación de la reducción del riesgo con el desarrollo y cómo cambia la clasificación de las doce naciones en el tiempo, su exposición al riesgo de desastre y sus niveles de pérdidas.

En la opinión de uno de los revisores los indicadores y las variables utilizadas en el proyecto son lo que probablemente podría denominarse representaciones “técnicas” o “académicas”, resultado de un proceso de investigación cuidadoso que va más allá de lo que puede ser considerado factible de repetir regularmente en un proceso convencional de construcción de indicadores. Con el uso del concepto de representaciones “técnicas” este revisor trata de expresar la idea de que estos indicadores probablemente serán de un uso más directo y del interés de personal técnico e investigativo que labora en organizaciones de reducción del riesgo o de investigadores de universidades, que del nivel más alto de los tomadores de decisiones. Esto en términos más prácticos, significa que dicho revisor cree que los indicadores y las variables que los componen pueden ser usados con mayor prestancia por personal técnico y profesional para la identificación de los problemas y de las capacidades, con el fin de ayudar a establecer prioridades para la intervención, dados los recursos actualmente disponibles para el efecto; pero que dichos indicadores no necesariamente pueden servir para persuadir a los tomadores de decisiones, sometidos a la fuerte presión y al cortoplazismo, a aumentar la asignación presupuestal y a estimular trabajo adicional acerca del tema. Así, este revisor concluye que un siguiente paso existe en el proceso de toma de decisiones, y es que los profesionales del riesgo y el personal técnico tome estos indicadores y los conviertan en lo que un especialista ha denominado “indicadores de temor y ego”. Es decir, indicadores que basados en el método y en la información existente de lejos sean más incisivos y concluyentes en términos de las consecuencias económicas, sociales y políticas de no hacer nada en el futuro.

Revisando críticamente y con base en la evidencia de la implementación del proceso en las doce naciones, desde la perspectiva de los revisores pares, el informe comparativo de resultados por país demuestra que los objetivos iniciales del programa se han logrado exitosamente. Los resultados fueron presentados gráficamente, en colores, para que los administradores públicos sin entrenamiento en métodos estadísticos puedan ver fácilmente y entiendan las conclusiones básicas de la revisión; es decir los resultados encontrados acerca del nivel de riesgo que caracteriza las doce naciones participantes. Mientras que hay casos de avance en algunas naciones, de firme evidencia de la inversión y de atención a la reducción de los desastres, también hay ejemplos claros de aumento de la vulnerabilidad en un subconjunto de naciones. Esta herramienta también proporciona evaluaciones comparativas que se ilustran lo que ha faltado en esfuerzos previos de reducción de riesgos. La representación visual de datos complejos es crítica para la comunicación de los resultados de este estudio en forma efectiva a los muy ocupados planificadores de la política. Este es un componente esencial para iniciar un proceso de cambio. Sin embargo es importante tener en

cuenta el conjunto de “pasos siguientes” que se deben dar para mejorar la consistencia y validez de los datos recolectados y el análisis realizado. En el futuro para la sostenibilidad del programa y promocionar su aplicabilidad entre los tomadores de decisiones se requiere, entre otras cosas:

- Diseminar el manual para facilitar el análisis y cálculo de los indicadores
- Transformar los índices en indicadores políticos
- La difusión y aceptación de los indicadores y del método entre los tomadores de decisiones en los países analizados y en otros países
- Un acuerdo acerca de los procedimientos para el futuro análisis y la recolección de datos.

En resumen, los productos finales incluyen una riqueza de datos que, debido a restricciones de tiempo, aún les falta mucho para ser apropiadamente analizados. Asumiendo que hay un acuerdo consensuado de que la metodología básica es sólida y que los datos proporcionados son razonables, hay más comparaciones interesantes que hacer, esperando identificar los países en los cuales el mejoramiento de la gestión del riesgo ha sido esencial y donde ya se hace bien y sus enseñanzas están disponibles. Aunque algunas de estas comparaciones han sido realizadas (en los informes finales y los informes de país) en el futuro una nueva evaluación cualitativa de resultados debe ser llevada a cabo para extraer implicaciones de política más detalladas para cada país. Estas evaluaciones deberían incluir los puntajes desagregados subyacentes y análisis cualitativos del significado de aquellos resultados en el contexto político/económico/social/ambiental predominante. Esta clase de discusión podría ser crítica para extraer implicaciones políticas de los puntajes de los indicadores, no sólo señalando, por ejemplo, que un país en particular necesita estar haciendo más para reducir el riesgo sino sugiriendo cómo puede ser reducida la vulnerabilidad.

Al proyecto le faltaron esfuerzos para vincular los diferentes indicadores (aunque esto se realizó parcialmente en los documentos individuales de los países). En efecto, comparar los puntajes de acuerdo con los diferentes indicadores puede estar lleno de significado. Por ejemplo, algunos países tienen un alto *IDD* pero un bajo *IVP*. Es posible concluir desde esto que esos países están ahora haciendo mucho comparativamente con respecto a otros países para reducir la vulnerabilidad y que tiene pocas opciones en adelante para reducir su *IDD* excepto incrementando su cobertura de seguros (dado que es difícil incrementar los fondos que aparecen de otras fuentes incluidas en el *IDD*). En contraste, otros países tienen un *IVP* relativamente alto pero un muy bajo *IDD*. Se puede concluir que sus gobiernos no necesitan preocuparse mucho sobre su alta vulnerabilidad –a pesar de que el valor del *IVP* se este incrementando– porque estos países pueden tener desastres con unos costos comparativamente manejables. ¿Son estas comparaciones carentes de significado? En dicho análisis se podría concluir, también, que estas apreciaciones podrían no tener sentido, por ejemplo, por que el *IVP* esta basado en una más amplia definición de vulnerabilidad y, de paso, pensar también que esta más amplia vulnerabilidad aún le cuesta al país en términos de desarrollo por hacer, alta pobreza, etc., estableciendo también demandas indirectas adicionales en las finanzas públicas. El esfuerzo para vincular los diferentes indicadores es en efecto una actividad por desarrollar en el futuro en los diálogos con los países. Una nueva fase de este proyecto debe incluir comparaciones explícitas adicionales y dar una guía adicional de cómo interpretar los resultados incluyendo si estas comparaciones son o no significativas y válidas dados los criterios y datos subyacentes de cada indicador.

En los doce países participantes, un esfuerzo se pudo haber realizado para involucrar a la sociedad civil. Hasta ahora el proyecto de indicadores parece haber hecho grandes avances en desarrollar un grupo común de experiencias y un lenguaje común sobre la gestión de riesgos entre los re-

presentates gubernamentales y los académicos. De todas formas, la sociedad civil experimenta los desastres de otra manera y trabaja en lo local en forma diferente. Los grupos de ciudadanos, ONGs, asociaciones de profesores, organizaciones religiosas, activistas de derechos humanos, sindicatos, asociaciones profesionales (ingenieros, empleados del sector salud, arquitectos, reforestadores, etc.) etc. deberían incluirse en el proceso por muchas razones. El sector privado también, del cual aparentemente se obtuvo algunos datos (por ejemplo, la industria aseguradora). Del mismo modo, la industria, la agricultura de gran escala, la infraestructura privatizada; todos tienen un rol importante en la reducción del riesgo.

Un seguimiento provechoso del proyecto BID-IDEA sería encargar material de enseñanza para colegios y escuelas que expliquen los indicadores. A nivel de colegio es posible que el *IDD* pueda dar más dificultad. De todas formas, un material que describa el *IVP*, el *IDL* y el *IGR* puede ser integrado en los estudios geográficos o ambientales, o estudios sociales, en los planes de estudio que incluyen un componente de trabajo activo en el campo local. A nivel universitario, los indicadores pueden ser integrados a muchos programas curriculares: economía, planeación, sociología, ciencia política y administración pública, salud pública, arquitectura, ingeniería, etc. Con mayor alcance un trabajo de promoción entre los representantes de los medios masivos de comunicación ayudaría también hacer que los indicadores fuesen más familiares para el público. Es razonable suponer que de los cuatro, el *IGR* es probablemente el que reuniría mayor atención de los medios y el público. También es uno de los que puede cambiar más dramáticamente en forma anual. Vinculado a las revisiones anuales del *IGR* en los municipios de uno de los países participantes, es posible imaginar una competencia corporativa o de los medios sobre la “ciudad segura” o la “ciudad con el mayor avance en el *IGR*”.

Por ultimo, tal vez la mayor contribución del programa fue iniciar un proceso sistemático de medida y documentación del riesgo de los desastres en las doce naciones involucradas en el proyecto. Una vez iniciado, de esta forma, el programa en si mismo se convierte en un proceso en el cual los participantes aprenden con el compromiso de recolección de información, análisis y la interpretación de los resultados. Algunos métodos adoptados porque no existen otras mediciones, pueden ser ahora reexaminados y rediseñados como acumulaciones de datos que ilustren nuevas posibilidades para refinar las mediciones, o como métodos de recolección de datos que conduzcan a nuevas posibilidades para una más completa y comprensiva documentación del riesgo y de las prácticas de reducción del riesgo. Una fuente posible de mejoramiento de recolección de datos y de análisis, especialmente a nivel subnacional, es el potencial de integración de las tecnologías de información de una forma más sistemática en lo relacionado a las operaciones gubernamentales. En la medida que mejor información es disponible, métodos más sistemáticos y confiables de análisis pueden adoptarse. Hay un consenso entre los revisores pares de que el riesgo es local y que es importante para la efectividad enfrentarlo a nivel local en muchos aspectos. El proyecto produjo aplicaciones interesantes a nivel subnacional y urbano mostrando cómo es posible desarrollar indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos para tomadores de decisiones en dichas escalas. Por ejemplo, las implicaciones financieras para gobiernos locales y comunidades del “déficit de desastre” son de especial importancia. En forma agregada, el desequilibrio entre costos de los eventos peligrosos y los recursos disponibles es también probablemente en dicho nivel tan importante como en el nivel nacional; aquí un *IDD* local equivalente y complementario podría ser muy útil. En otras palabras, es muy importante ampliar y complementar este tipo de aplicaciones en varias ciudades y regiones subnacionales en todos los países.



## 6. REFERENCIAS

- Aghion, P. & P. Howitt (1999). *Endogenous Growth Theory*, MIT Press.
- Arnand , S. & Sen, A. (1997). “Concepts of Human Development Poverty: A Multidimensional Perspective”, In *UNDP Human Development Report 1997 Papers: Poverty and Human Development. HDI-1, HDI-2*, NY.
- Atkinson, A.B. & Stiglitz, J.E (1980). *Lecciones sobre Economía Pública*, publicado en español por el Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid 1988
- Albala-Bertrand, J.M. (1993) “Natural Disaster Situations and Growth: A Macroeconomic Model for Sudden Disasters Impacts”, *World Development* 21(9): 1417-1434.
- \_\_\_\_\_. (2002). “Urban Disasters and Globalization”. *The Future of Disaster Risk: Building Safer Cities*. Conferencia organizada por ProVention Consortium. DMF, Banco Mundial. [http://www.proventionconsortium.org/conferences/washington\\_agenda.htm](http://www.proventionconsortium.org/conferences/washington_agenda.htm)
- Arundel A. & Bordoy C. (2002). Methodological evaluation of DG Research’s composite indicators for the knowledge based economy. Documento presentado por DG RTD en la reunión de consulta de Inter-service en Indicadores Estructurales en Julio 11 de 2002.
- ASTM (1999). Standard Guide for the Estimation of Building Damageability in Earthquakes, E 2026-99.
- Banco Mundial (2002-2003). World Development Indicators 2003. CD-ROM, IBRD, Washington, D.C.
- Barbat, A. (2003a). *Vulnerability and Disaster Risk Indices from Engineering Perspective and Holistic Approach to Consider Hard and Soft Variables at Urban Level*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- \_\_\_\_\_. (2003b). *Detailed application of the holistic approach for seismic risk evaluation on an urban center using relative indices*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Barbat, A.H. & Carreño, M.L (2004a). *Indicadores de riesgo y gestión a nivel subnacional: Aplicación demostrativa en los departamentos de Colombia*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- \_\_\_\_\_. (2004b). *Análisis de riesgo urbano utilizando indicadores: Aplicación demostrativa para la ciudad de Bogotá, Colombia*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Barreto, L.H. (2003). Redistribución: nuevo nombre del desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, *UN Periódico*, 50, septiembre, Bogotá.

- Benson, C. (2003a). *The Economy-wide Impact of Natural Disasters in Developing Countries*. Londres: Universidad de Londres.
- \_\_\_\_\_. (2003b). *Potential approaches to the development of indicators for measuring risk from a macroeconomic perspective*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- \_\_\_\_\_. (2004) "Macroeconomic Concepts of Vulnerability: Dynamics, Complexity and Public Policy", in *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhorst (Ed), Earthscan Publishers, London.
- Briguglio, L. (2003a). *Some Considerations with Regard to the Construction of an Index of Disaster Risk with Special Reference to Islands and Small States*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- \_\_\_\_\_. (2003b). *Methodological and practical considerations for constructing socio-economic indicators to evaluate disaster risk*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Cannon, T. (2003). *Vulnerability Analysis, Livelihoods and Disasters Components and variables of vulnerability: modelling and analysis for disaster risk management*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Cardona, O.D. (2001). "Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos" Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisud/index.html>,
- \_\_\_\_\_. (2003). "The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management", in *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhorst (Ed), Earthscan Publishers, Londres.
- \_\_\_\_\_. (2005). *Indicators of Disaster Risk and Risk Management: Program for Latin America and the Caribbean. Summary Report*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Cardona, O. D. & Barbat, A. H. (2000). *El Riesgo Sísmico y su Prevención*, Cuaderno Técnico 5, Calidad Siderúrgica, Madrid.
- Cardona, O.D., Hurtado J.E. (2000): "Modelación Numérica para la Estimación Holística del Riesgo Sísmico Urbano, Considerando Variables Técnicas, Sociales y Económicas" *Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (MENCIS 2000)*, Oñate, E. et al. (Eds.) CIMNE-UPC, Barcelona.
- Cardona, O.D.; Hurtado, J. E.; Duque, G.; Moreno, A.; Chardon, A.C.; Velásquez, L.S. y Prieto, S.D. (2003a). *La Noción de Riesgo desde la Perspectiva de los Desastres: Marco Conceptual para su Gestión Integral*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>

- \_\_\_\_\_. (2003b). *Indicadores para la Medición del Riesgo: Fundamentos para un Enfoque Metodológico*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- \_\_\_\_\_. (2004a). *Dimensionamiento relativo del riesgo y de la gestión: Metodología utilizando indicadores a nivel nacional*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- \_\_\_\_\_. (2004b). *Resultados de la Aplicación del Sistema de Indicadores en Doce Países de las Américas*. IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management, National University of Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Carreño-Tibaduiza, M.L (2001). *Sistema Experto para la Evaluación del Daño Postsísmico en Edificios*, Tesis de Magister, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes, Bogotá.
- Carreño, M.L, Cardona, O.D. & Barbat, A.H. (2004). *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo*, Monografía CIMNE IS-51, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- \_\_\_\_\_. (2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*, Monografía CIMNE IS-52, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- CEPAL (2003). *Manual para la estimación de los efectos socio-económicos y ambientales de los desastres*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe y el Banco Mundial. Cuatro tomos.
- Cherchye L. & Kuosmanen, T. (2002). *Benchmarking Sustainable Development: A Synthetic Meta-Index Approach*. Universidad Católica de Leuven, Campus Kortrijk y Centro de Estudios Económicos, Universidad de Wageningen, Departamento de Ciencias Sociales, Belgica. .
- Cherchye L., Moesen, W. & Puyenbroeck, T.V. (2003) *Legitimately Diverse, yet Comparable: On Synthesising Social Inclusion Performance in the EU*. Universidad Católica de Leuven, Campus Kortrijk y Centro de Estudios Económicos, Belgica.
- CID (2003). *Bien-estar y Macroeconomía*, Informe de Coyuntura, Centro de Investigaciones para el Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, Contraloría General de la República, Bogotá.
- Clarke, C. & Keipi, K. (2000). *Indicators Program for Disaster Risk Management*, Perfil de Cooperación Técnica, Banco Interamericano de Desarrollo, BID, Agosto 2000, Washington, D.C.
- Comfort, L.K. (1999): *Shared Risk: Complex Systems in Seismic Response*, Pergamon, New York.
- \_\_\_\_\_. (2003). *Measuring Vulnerability to Hazards: Concepts, Methods, and Practice*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Cox D., Fitzpatrick R., Fletcher A., Gore S., Spiegelhalter D. & Jones D. (1992). "Quality-of-life assessment: can we keep it simple?" *J.R. Statist. Soc.* 155 (3): 353-393.

- Davidson, R. (1997). *An Urban Earthquake Disaster Risk Index*, The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Stanford, Informe No. 121, Stanford.
- Davis, I. (2003). *The Effectiveness of Current Tools for the Identification, Measurement, Analysis and Synthesis of Vulnerability and Disaster Risk*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmz.edu.co>
- Detlof von Winterfeld & Ward Edwards (1986) *Decision analysis and Behavioral Research*, Cambridge U. press.
- EIRD/ISDR (2003). A Framework for Understanding, Guiding and Monitoring Disaster Risk Reduction, Borrador de propuesta, Estrategía Internacional para la Reducción de Desastres EIRD/PNUD, Ginebra.
- \_\_\_\_\_. (2003). *A framework to guide and monitor disaster risk reduction*, draft proposal, EIRD/PNUD, <http://www.unisdr.org/dialogue/basicdocument.htm>  
conferencia en línea <http://www.unisdr.org/dialogue/>
- Ermoliev, Y. M., Ermolieva, T., MacDonald, G. & V. Norkin (2000) “Catastrophic Risk Management and Economic Growth”, IIASA, Interim Report IR-00-058.
- Esteva, L. (1970). *Regionalización sísmica de México para fines de ingeniería*, Serie Azul 246, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Foro Económico Mundial (2002) Environmental Sustainability Index, Reunión Anual 2002. [http://www.ciesin\\_org/indicators/ESI/index.html](http://www.ciesin_org/indicators/ESI/index.html)
- Freeman, P.K., Martin, L.A., Mechler, R., & Warner, K. (2002a). “Catastrophes and Development: Integrating Natural Catastrophes into Development Planning”, *Disaster Risk Management Working Paper Series No. 4*. Washington, D.C: Banco Mundial.
- Freeman, P.K., Martin, L.A., Linneroot-Bayer, J., Mechler, R., Pflug G. & Warner, K. (2002b). *Disaster Risk Management: National Systems for the Comprehensive Management of Disaster Financial Strategies for Natural Disaster Reconstruction*, SDD/IRPD, Diálogo Regional de Política, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1992): The Role of Science in Risk Assessment. *Social Theories of Risk*. Ed. S. Krimsky y D. Golding. Westport, Praeger: 59-88.
- Gallup J, Sachs, J. & A. Mellinger (1999). “Geography and Economic Development”, Documento de trabajo, Universidad de Harvard.
- Gallup, J., Gaviria, A. & E. Lora (2003). *América Latina ¿condenada por su geografía?*, BID, Alfaomega Colombiana S.A, Bogotá.
- Hofman, A. (2000) “Standardised capital stock estimates in Latin America: a 1950-94 update”, *Cambridge Journal of Economics*, **24**.

- Holzmann, R. (2001). *Risk and Vulnerability: The Forward Looking Role of Social Protection in a Globalizing World*. SP Documento de discusión No. 0109. Junio. Banco Mundial, Washington, D.C.
- Holzmann, R. & Jorgensen, S. (2000). *Manejo Social del Riesgo: un nuevo marco conceptual para la protección social y más allá*. Documento de trabajo No.0006 sobre protección social. Banco Mundial. Washington, D.C.
- Hyman, B. (1998). *Fundamentals of Engineering Design*, Upper Saddle River, Prentice Hall, New Jersey.
- Jang, J.-S.R., Sun, C.-T. & Mitsutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing, A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall, Nueva Jersey.
- JRC-EC (2002). *State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development*. Applied Statistics Group, Joint Research Centre, European Commission, Institute for Protection and Security of the Citizen Technological and Economic Risk Management, Ispra, Italia.
- \_\_\_\_\_. (2003). *First Workshop on Composite Indicators of Country Performance*. Applied Statistics Group, Joint Research Centre, European Commission, Institute for Protection and Security of the Citizen Technological and Economic Risk Management, Ispra, Italia.
- Kosko, B. (1992). *Neural networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, Nueva Jersey, Prentice Hall.
- La RED (2002). *Análisis comparativo de bases de datos de desastres*. Working Group 3 of Inter-Agency Tasks Force of ISDR on Risk, Vulnerability and Impact Assessment. Ginebra.
- Lavell, A. (2003a). *I. International Agency Concepts and Guidelines for Disaster Risk Management; II. The Transition from Risk Concepts to Risk Indicators*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmz.edu.co>
- Lavell, A. (2003b). *Approaches to the construction of risk indicators at different spatial or territorial scales and the major components of indicator systems- conceptual bases, risk construction processes and practical implications*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmz.edu.co>
- Lucas (1988). "On Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, **22**, Julio.
- Manly B. (1994). *Multivariate Statistical Methods*. A Primer, Chapman & Hall, Reino Unido.
- Masure, P. (2003). *Variables and indicators of vulnerability and disaster risk for land-use and urban or territorial planning*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmz.edu.co>
- McCarthy M. (2001). Comments on "Benchmarking European Labour Market Performance with Efficiency Frontier Techniques", DG ECFIN.

- Mitchell, T (2003). "An operational framework for mainstreaming disaster risk reduction", *Benfield Hazard Research Centre Disaster Studies Working Paper 8*.
- Moldan B. & Billharz S. (1997). Sustainability Indicators. *Scope 58*, Wiley Pub.
- Muldur U. (2001). *Technical Annex on Structural Indicators. Two composite indicators to assess the progress of Member States in their transition towards a knowledge-based economy*. DG RTD.
- Munda, G. (2003). *Methodological Exploration for the Formulation of a Socio-Economic Indicators Model to Evaluate Disaster Risk Management at the National and Sub-National Levels. A Social Multi-Criterion Model*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Munda, G. & Nardo, M. (2003). *On the Methodological Foundations of Composite Indicators Used for Ranking Countries*. Universidad Autonoma de Barcelona, Departamento de Economía e Historia Económica, Barcelona.
- Nilsson R. (2000) "Calculation of Composite leading Indicators: A comparison of two different methods", Documento presentado a la conferencia CIRET, Paris, Octubre 2000.
- OECD (2003). *Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment*, DST/IND (2003)5, Paris.
- Ordaz, M., (2002). "Estado Actual y Futuro de la Normatividad", *Memorias*, VII Seminario Nacional de Ingeniería Sísmica, Cuernavaca.
- Ordaz, M. & Santa-Cruz, S. (2003). *Computation of physical damage to property due to natural hazard events*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Ordaz, M.G. & Yamín, L.E. (2004). *Eventos máximos considerados (EMC) y estimación de pérdidas probables para el cálculo del índice de déficit por desastre (IDD) en doce países de las Américas*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Pasinetti, L.L. (1998), "The myth (or folly) of the 3% deficit/GDP Maastricht parameter", *Cambridge Journal of Economics*, 22, pp. 103-116.
- PNUD (1990, 2001). Human Development Report. <http://www.undp.org>
- PNUD (2004). *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report*, Chapter 2th: International Patterns of Risk, The Disaster Risk Index, DRI, Ginebra. <http://www.undp.org/bcpr/disred/rdr.htm>
- Porter, K.A., Deck, J. & Shaikhutdinov, R. (2004) Simplified Estimation of Economic Seismic Risk for Building, *Earthquake Spectra*, Vol 20, No. 4, Pag 1239-1263, El Cerrito, California.

- Rodríguez, J.A. (2002). "El impuesto a las operaciones financieras y la equidad tributaria", Cuadernos de Economía, No.37, Universidad Nacional de Colombia.
- Romer, P. (1986). "Increasing Returns and Long Run Growth", *Journal of Political Economy*, **94**, Octubre.
- Rosenblueth E. (1976). "Optimum design for infrequent disturbances" *Journal Structural Division, ASCE* 1976;102 (ST9) 1807-25
- \_\_\_\_\_. (1981). "Two point estimates in probabilities". *Applied Mathematical Modeling*, **5**,329-335.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Book Co., N.Y.
- \_\_\_\_\_. (1987). The analytic hierarchy process- what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, **9**, 161-176.
- Saaty, T.L. & Vargas, L.G. (1991). *Prediction, Projection, and Forecasting: Applications of the Analytical Hierarchy Process in Economics, Finance, Politics, Games, and Sports*. Boston: Kluwer Academic Publishers
- Storrie D. & Bjurek H., (1999). "Benchmarking the Basic Performance Indicators Using Efficiency Frontier Techniques", Informe presentado a la Comisión Europea, Empleo y Asuntos Sociales
- \_\_\_\_\_. (2000). Benchmarking European labour market performance with efficiency frontier techniques. *Documento de discusión FS I 00-211*.
- TEARFUND (2003). *Natural Disaster Risk Reduction; The policy and practice of selected institutional donors*, Documento de Investigación. Londres.
- Wall R., Ostertag, K. & Block, N. (1995). Synopsis of selected indicator systems for sustainable development. Report for the research project, 'Further development of indicator systems for reporting on the environment' of the Federal Ministry of the Environment. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Karlsruhe.
- Whitman, R.; Anagnos, T.; Kircher, C.; Lagorio, H.; Lawson, R. & Schneider, P. (1997). "Development of a National Earthquake loss estimation methodology" *Earthquake Spectra* Vol 13 No 4
- Wisner, B. (2003). *Turning knowledge into timely and appropriate action: Reflections on IDB/IDEA program of disaster risk indicators*, BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmz.edu.co>
- Wisner, B., Blaikie, P. Cannon, T. & Davis, I. (2003). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. 2<sup>nd</sup> Edition. Londres: Routledge.