

SECCIÓN II

Identificación y análisis de riesgos

Página en blanco a propósito

Un incentivo para que las autoridades municipales y nacionales formulen opciones de planificación y herramientas para hacer frente al riesgo es entender cuáles serían las pérdidas y los costos de reconstrucción que resultarían como consecuencia de los desastres. En el capítulo 4, Luis Yamín introduce esta perspectiva del desastre probable. El capítulo presenta una modelación de daños y pérdidas, traduciendo conceptos, a veces difíciles, de probabilidad y de vulnerabilidad a escenarios entendibles, lo que lleva a un análisis de opciones de cómo reducir y manejar estos posibles impactos en la infraestructura pública, en los barrios y en el movimiento económico. Con una discusión del análisis costo-beneficio se dispone de herramientas para evaluar opciones de mitigación y la justificación para planificar los recursos presupuestarios, a fin de reducir los posibles daños y resguardar el desarrollo.

En el capítulo 5, Manolo Barillas ilustra el panorama de las metodologías utilizadas para identificar y hacer entendible el riesgo. Dichos métodos incluyen mapas y la modelación de escenarios para analizar la amenaza natural (erupciones volcánicas, lahares, inundaciones) y la vulnerabilidad del entorno físico, social y ambiental. Estos mapas pueden ser complementados con la memoria colectiva, y así estimar los impactos y pérdidas probables de un determinado territorio municipal. La región cuenta con abundantes muestras de este tipo de análisis, la mayoría desarrollados a raíz de los desastres ya ocurridos, lo que supone un verdadero recurso para las municipalidades como punto de partida para mejorar su situación.

En el capítulo 6, Claudio Osorio estudia el riesgo de la infraestructura clave, como es el caso del sector de agua y saneamiento, examinando los desafíos que implica proteger los servicios existentes y asegurar una apropiada expansión de los mismos. Hace hincapié en la gama de acciones requeridas, que incluyen políticas y reglamentación, así como la adopción de medidas adecuadas de mitigación. La protección del servicio de agua potable contra terremotos, inundaciones y otras amenazas contribuyen al desempeño de los países para alcanzar sus metas de desarrollo del milenio. Este es un objetivo de todos. Arturo Rodríguez expone el caso del Acueducto Orosi en Costa Rica, el cual muestra los pasos para analizar la vulnerabilidad del sistema y para su protección, incluyendo algunas estimaciones de los posibles costos. Una lección aprendida para el sector agua y saneamiento es que la inclusión de las comunidades usuarias en la protección de los servicios resulta crucial.

Finalmente, en el capítulo 7, Martha Liliana Carreño introduce un enfoque innovador para conocer el riesgo en un territorio municipal. La evaluación holística del riesgo integra

las herramientas de la ingeniería y otras ciencias exactas para valorar la vulnerabilidad. En esta tarea se sirve de índices para representar dicha vulnerabilidad a través de factores que reflejan la exposición social, el nivel de marginalidad y segregación social, y las limitaciones de acceso y movilización de recursos relacionados con los asentamientos humanos. De esta manera, es posible expresar la fragilidad social y la falta de resiliencia de las localidades. Las ciudades de Bogotá, Colombia, y Metro-Manila, Filipinas, han aplicado esta metodología para analizar el riesgo, tanto físico, representado por los edificios e infraestructura, como el que podría agravarse como resultado de las condiciones sociales de fragilidad social y escasa resiliencia.

Estas metodologías –que pueden ser aplicadas territorialmente o en un determinado sector o sistema de infraestructura– son claves para indicar el paso siguiente: la mitigación del riesgo. Las municipalidades de Centroamérica cuentan con una variedad de metodologías que pueden serles de utilidad. Hacia el mediano plazo, el objetivo sería que todas las municipalidades dispongan de información general fácilmente accesible, donde se detallen las zonas geográficas y los sectores más vulnerables. En particular, se esperaría que adopten la práctica de recabar y usar sistemáticamente la información sobre riesgo en sus propias estrategias de desarrollo y en sus respectivos planes de inversión.

Modelación del riesgo desde la perspectiva de los desastres

*Luis E. Yamín**

Introducción

Dentro de los principios de la política para el manejo integral de riesgos que deben adoptar las ciudades, se establece la necesidad de incrementar las acciones para la reducción de los riesgos existentes, mediante la intervención de las amenazas y vulnerabilidades físicas y sociales. Dicha intervención corresponde a la implementación de medidas estructurales y no estructurales, tales como la construcción de obras de ingeniería que mitiguen el riesgo o la implantación de programas de educación y capacitación, las cuales tienden a disminuir los impactos socioeconómicos y ambientales y benefician a las comunidades localizadas en la zona propensa.

El primer paso para la gestión de riesgos es identificar y estudiar el riesgo al que se está expuesto, lo cual incluye tanto la descripción de la amenaza como de la vulnerabilidad. La amenaza se representa utilizando parámetros de intensidad del fenómeno que se está analizando, usualmente asociados a una determinada probabilidad de ocurrencia o a un periodo de retorno. Partiendo del estudio de la amenaza relacionada con un tipo de fenómeno, es posible desarrollar mapas con probabilidad de excedencia uniforme para cada ubicación geográfica o mapas para escenarios específicos esperados.

El periodo de retorno hace referencia al tiempo promedio en que ocurrirá un evento con una intensidad determinada o superior. El inverso del periodo de retorno corresponde a la probabilidad de excedencia de dicho evento, que expresado de otra manera corresponde a

* Este capítulo recopila contribuciones de Omar Darío Cardona A., Mario G. Ordaz, Santiago Arámbula, Juan Guillermo Saldarriaga y Miguel Mora, que han aportado al desarrollo de las técnicas descritas y a la realización de este resumen. Igualmente, en el proceso de desarrollo y aplicación de estas técnicas han intervenido personas de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo de Colombia y el Banco Mundial.

la frecuencia anual que se sobrepasan las pérdidas estimadas. Con el estudio de las amenazas y teniendo en cuenta los elementos expuestos se obtienen escenarios de riesgo.

Ante las diversas alternativas existentes de reducción del riesgo, no sólo en términos del tipo de fenómeno asociado, sino del tipo de intervención óptima, es necesario contar con modelos que permitan cuantificar los impactos de diferentes escenarios y establecer las prioridades de acuerdo con las posibilidades sociales y económicas de la región. De esta manera se requiere la estimación de impactos ante situaciones hipotéticas futuras; por ejemplo, en la situación actual de los elementos expuestos o al considerar la aplicación de algunas de las medidas de intervención propuestas. La cuantificación de la reducción del riesgo para cada alternativa de intervención se convierte en un elemento fundamental para una adecuada toma de decisiones por parte de las entidades responsables de la gestión del riesgo (GR).

Por otro lado, la estimación confiable de efectos y consecuencias de diferentes escenarios catastróficos probables conforman la base para una adecuada planeación para la atención de las futuras emergencias o para las actividades posteriores de rehabilitación o reconstrucción. En particular, los modelos de análisis de riesgo deben permitir la estimación de los recursos logísticos (personal, maquinaria, equipos, comunicaciones, etc.) y de los costos directos e indirectos en que podría llegar a incurrir cada una de las entidades relacionadas con las actividades de atención de emergencias.

Finalmente, sólo con modelos conceptuales claros que relacionen las diferentes situaciones de emergencia con parámetros que permitan medir y estimar el impacto real de los desastres, se podrá contar con los insumos para establecer el nivel de desempeño en gestión de riesgos, considerando tanto las actividades orientadas a la reducción del riesgo como las relacionadas con la atención de las emergencias. Esto, con el fin de encaminar las actividades futuras y definir los requerimientos de recursos por zonas, para garantizar así una incidencia real de la GR en el nivel de desarrollo de una zona determinada o de un país en general.

El objetivo principal de este capítulo consiste entonces en presentar algunos desarrollos metodológicos recientes relacionados con la cuantificación de los impactos socioeconómicos de eventos catastróficos, en general, y de las medidas estructurales y no estructurales de mitigación del riesgo, en particular, para fenómenos reconocidos, como sismos, deslizamientos, inundaciones y otros que pueden afectar las zonas urbanas. El propósito de la evaluación de impactos se orienta hacia la prioridad, planeamiento y toma de decisiones en los diferentes temas relacionados con la GR.

La metodología general de evaluación de diferentes escenarios potenciales de efectos permite a las instituciones responsables de la GR, en todos los niveles, tomar decisiones técnicamente fundamentadas respecto a medidas estructurales de mitigación, conocer las necesidades de recursos que demanda cada institución involucrada en la atención de emergencias, así como conocer y apropiarse de los elementos fundamentales de la GR.

Los modelos que se presentan están basados en la evaluación de escenarios específicos de análisis, considerando cierto tipo de eventos detonantes. Dichos eventos pueden

asociarse con un nivel de probabilidad de ocurrencia o con un período de retorno. Aunque el análisis de riesgo se orienta con métodos determinísticos, los fenómenos detonantes (como sismos, régimen de lluvias o crecientes en los ríos o quebradas) tienen asociado un periodo de retorno específico. De esta manera, cada evaluación de impactos está asociada a eventos con determinado periodo de retorno. Sin embargo, dada la alta variabilidad esperada en este tipo de análisis, la toma de decisiones y conclusiones específicas deben estar basadas en el estudio de diferentes escenarios que permitan captar el verdadero alcance de los posibles impactos.

Hasta hace poco y aún en la actualidad en muchos sitios, las medidas estructurales para mitigación del riesgo se conciben una vez se han presentado emergencias (y por tanto afectaciones y pérdidas), es decir son respuestas correctivas a situaciones de hecho. Este tipo de gestión no corresponde a la propuesta por muchos organismos internacionales, cuya orientación, en general, propende a la adopción de planes, programas y medidas anticipadas de prevención.

De acuerdo con lo anterior, la mayoría de las metodologías propuestas en la actualidad y relacionadas con el tema de evaluación del riesgo se orientan hacia la evaluación de los impactos socioeconómicos de eventos ya ocurridos. Entre las metodologías publicadas de mayor difusión están las de Briguglio (2003), CEPAL (1991), Cardona (2001) y Moreno *et al.* (2006).

Por otro lado, sólo recientemente se han realizado estudios más robustos o completos tendientes a estimar impactos socioeconómicos de desastres futuros, incluyendo la contribución de diferentes medidas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo. Por ejemplo, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006a, b y c) utiliza estos enfoques en casos concretos para ciudades de países en desarrollo.

El cuadro 4.1 presenta un esquema donde se relacionan los diferentes frentes de acción o aspectos en que se realizan los análisis y valoraciones del impacto socioeconómico asociado con ciertos fenómenos naturales que pueden generar situaciones de desastre.

Análisis de riesgo prospectivo

Generalidades

Para el análisis prospectivo del impacto socioeconómico de fenómenos peligrosos y, en particular, ante la posible intervención a través de medidas estructurales de mitigación, es necesario considerar variables que deben estimarse mediante información técnico-científica y la observación de diferentes escenarios de consecuencias de eventos catastróficos. El análisis de impactos debe realizarse para la “situación actual” o “situación de referencia”, y para una “situación futura” en la cual se haya adoptado e implementado una determinada acción o medida de mitigación para poder determinar su beneficio.

Cuadro 4.1. Frentes de acción del Estado en relación con impactos socioeconómicos

Frentes de acción del Estado	Actividades	Eventos ya ocurridos	Eventos por ocurrir
Prevención y mitigación	Información Conocimiento Prevención Mitigación Divulgación Campañas de educación Planes de reasentamientos	Conformación de un sistema de información de costos y afectaciones sociales de medidas de prevención y mitigación realizadas en el pasado.	Metodología para la evaluación de impactos socioeconómicos de las obras y medidas de prevención y mitigación para efectos de evaluación de proyectos, prioridad, planeamiento y toma de decisiones.
Atención de emergencias	Seguridad Rescate Atención médica Evacuación Alojamientos temporales Adecuación viviendas Prestación de servicios básicos	Valoración y cuantificación de los costos asociados con la atención de emergencias por parte de todas las entidades de emergencias relacionadas (bomberos, defensa civil, oficina coordinadora, etc.).	Metodología para estimar los costos de situaciones futuras de emergencia para efectos de preparación y presupuesto de la atención.
Situación pos desastre	Evaluación de pérdidas Afectación población Afectación ambiental Planes de rehabilitación Planes de reconstrucción Evaluación de efectos indirectos Evaluación de efectos de largo plazo	Conformación de un sistema de información de costos y afectaciones sociales de los desastres ocurridos en el pasado que sirva de base para la recolección de información sobre eventos futuros.	Metodología para la evaluación de impactos socioeconómicos de escenarios de desastres hipotéticos para efectos de planeación y programación de inversiones.

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006a).

El análisis debe realizarse para diferentes escenarios de fenómenos factibles, como sismos, inundaciones, deslizamientos u otros.

Los principales aspectos que deben considerarse en una eventual evaluación de impactos socioeconómicos de fenómenos peligrosos son los siguientes (véase Cardona *et al.*, 2006):

- Tipo de evento detonante y sus características
- Escenario específico de análisis en términos del tipo de amenaza
- Exposición de población, infraestructura y bienes
- Vulnerabilidad física, social y/o ambiental de elementos expuestos

Estos aspectos permiten, mediante modelos simplificados, calibrados con base en casos ocurridos, la estimación de las consecuencias de dicho evento en términos de daños directos e indirectos a la infraestructura y afectaciones directas e indirectas a la población o al medio

ambiente. Igualmente, el modelo de análisis puede aplicarse a situaciones hipotéticas en que se hayan implementado determinadas medidas de mitigación, con el fin de evaluar su posible efecto sobre el nivel de riesgo.

En el gráfico 4.1 se presenta un esquema ilustrativo del modelo general de evaluación del impacto socioeconómico (Modelo ISE) propuesto para estimar los efectos directos e indirectos de los desastres sobre los elementos expuestos: población, infraestructura construida y medio ambiente.

La metodología utiliza como herramienta tecnológica de soporte un sistema de información geográfica (SIG) que se puede alimentar con bases de datos de georreferenciación para manejo de información con representación espacial.

Procedimiento de análisis

El método propuesto se divide en siete módulos, cada uno encargado de diferentes tareas, así:

- Información técnica básica, donde se incluye información necesaria para la modelación de los fenómenos naturales.
- Cálculo de la amenaza de los fenómenos seleccionados.
- Información de exposición.
- Cálculo y asignación de la vulnerabilidad de los diferentes componentes en función del tipo de amenaza.
- Evaluación del riesgo.
- Obras y medidas de mitigación y su efecto sobre la amenaza o la vulnerabilidad.
- Evaluación del impacto socioeconómico.

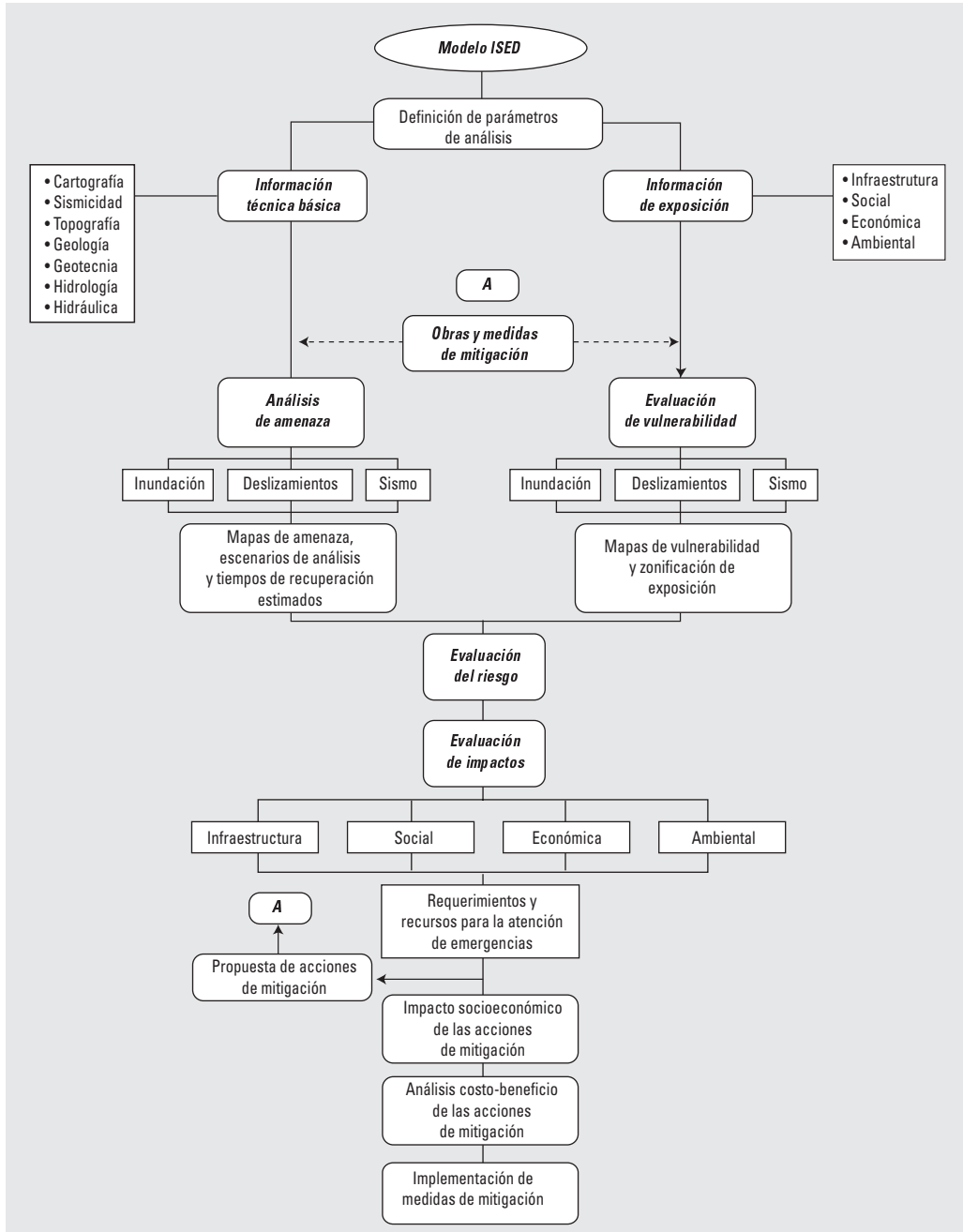
El procedimiento de análisis involucra las actividades que se describen a continuación.

Definición del área de influencia de la amenaza

El área de influencia del peligro corresponde normalmente al área geográfica en la cual pueden llegar a presentarse los efectos o consecuencias de un determinado fenómeno. La delimitación del área de influencia incluye aspectos como la ocurrencia de eventos en el pasado, la delimitación por accidentes geográficos, cotas o límites de determinadas zonas y el concepto del analista, entre otros aspectos. Dependiendo del tipo de amenaza que se esté estudiando se puede requerir el uso de diferentes escalas de análisis.

Para el caso de escenarios sísmicos, la zona de influencia es relativamente extensa y corresponde en general a una región o ciudad. En el caso de inundaciones, la zona de in-

Gráfico 4.1. Modelo ISE



fluencia está relacionada, por lo general, con las zonas bajas dentro de la cuenca que se está analizando. Para fenómenos de inestabilidad, la zona de influencia está relacionada con las zonas de pendientes y con el área de afectación del mecanismo detonante.

El caso de la Quebrada Limas. Esta Quebrada se encuentra ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, al suroriente de la ciudad y nace a 3.250 msnm aproximadamente. Tiene una longitud de 10,5 kilómetros hasta desembocar en el río Tunjuelo. La cuenca de la Quebrada Limas tiene un área aproximada de 1.700 ha; la parte alta de la cuenca tiene adecuada cobertura vegetal y suelos bien drenados que permiten una buena definición del cauce, pero a medida que va descendiendo dentro de la cuenca se presenta una alta intervención antrópica, como resultado de desarrollos urbanísticos que la convierten en un colector abierto de aguas negras, especialmente a partir del punto de confluencia de la Quebrada Quiba. Por otra parte, en las proximidades del cauce existen canteras de explotación de material para construcción, que generan un importante aporte de sedimentos en caso de lluvias de determinada intensidad y potencial de deslizamientos que pueden llegar a obstruir el flujo normal de agua.

Evaluación de recurrencia de eventos

El análisis de riesgos involucra normalmente la evaluación de eventos pasados relacionados con el fenómeno que se está estudiando. Para cada uno de los eventos históricos que logren identificarse, se debe realizar una investigación lo más detallada posible sobre los efectos e impactos que estos han producido. Igualmente, debe establecerse la recurrencia del tipo de eventos investigados, es decir en qué fechas del pasado se han presentado fenómenos similares. Esta investigación genera información histórica bastante imprecisa, siendo la más reciente, usualmente, la más confiable. Sin embargo, esta información es fundamental para el análisis de riesgos. El cuadro 4.2 presenta una guía para la calificación de la recurrencia de eventos en el área de riesgo bajo estudio.

Cuadro 4.2. Determinación de probabilidades e intensidades de eventos peligrosos

Probabilidad	Descripción	Número de eventos reportados (p. e., en un periodo de retorno de 100 años)	Probabilidad (%)	Recurrencia (años)
Frecuente	Probable que ocurra muchas veces durante el periodo de observación	>10	>10	<10
Probable	Varias veces	10	10	10
Ocasional	Algunas veces	5	5	20
Remota	Poco probable	1	1	100
Improbable	Evento extraordinario	< 1	< 1	Más de 100

Fuente: Adaptado de Mechler (2005).

Amenaza y escenarios de análisis

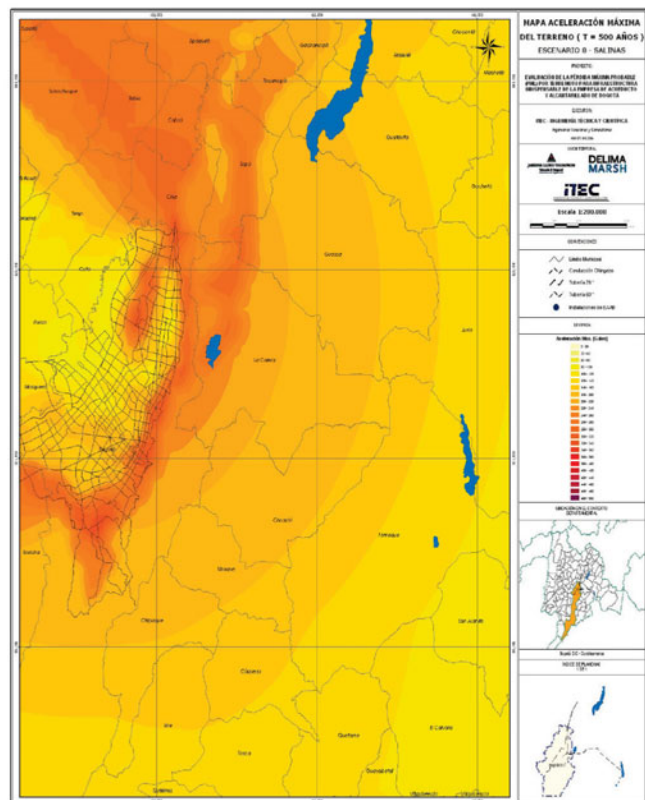
La amenaza asociada a un tipo de fenómeno puede establecerse mediante mapas con probabilidad de excedencia uniforme para cada ubicación geográfica o mediante mapas para escenarios específicos esperados.

La amenaza por inundaciones se evalúa con base en modelos de tránsito de crecientes y avenidas torrenciales a través de las cuencas susceptibles de sufrir inundaciones. Para el efecto se requiere información topográfica, hidrológica, hidráulica, geológica y geotécnica. Una metodología detallada para la evaluación de la amenaza por inundaciones se describe en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c).

La amenaza sísmica involucra el estudio detallado de las diferentes fuentes sismogénicas activas o potencialmente activas en el área de influencia sísmica. También incluye la caracterización de dichas fuentes, utilizando el catálogo de eventos sísmicos y la sismicidad histórica. El análisis probabilista de la amenaza expresa, en términos de diferentes parámetros, como la aceleración, la velocidad o el desplazamiento máximo del terreno (o cualquier otra medida de intensidad sísmica), la posibilidad de que se presente un fenómeno en el futuro. Una metodología detallada para la evaluación de la amenaza sísmica se describe en Yamín y Cardona (1997).

Por su parte, los análisis de amenaza por deslizamientos se adelantan con base en modelos de estabilidad de taludes desde el punto de vista geotécnico, en los cuales se establecen los factores de seguridad para diferentes condiciones hidrometeorológicas y de resistencia del suelo. Para este tipo de análisis normalmente se requiere

Gráfico 4.2. Mapa de amenaza sísmica en alrededores de Bogotá para un sismo originado en la falla La Cajita

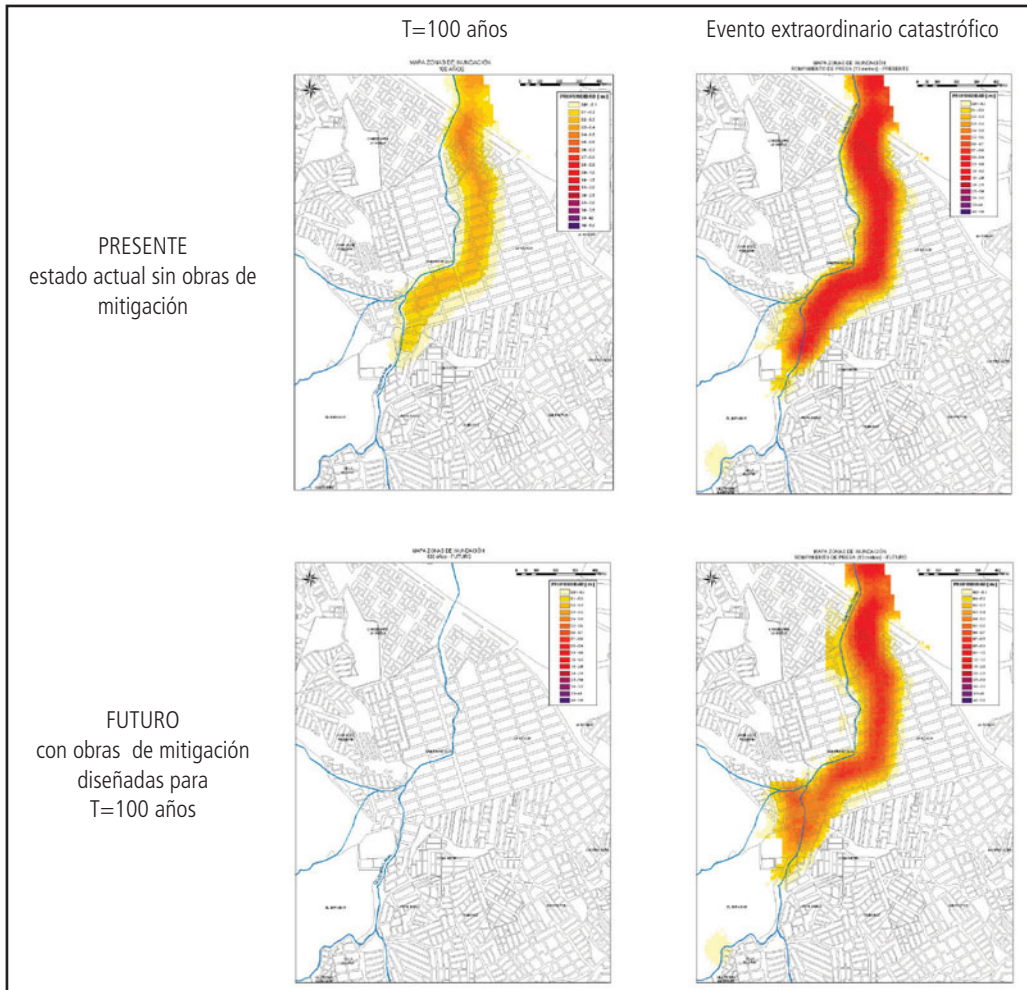


Fuente: Tomado de Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (2005).

información topográfica, geológica, geotécnica e hidrológica. En el análisis se plantean, en general, diferentes hipótesis de eventos detonantes, tales como alto nivel de lluvias, sismos intensos o acciones antrópicas. Una metodología detallada para la evaluación de la amenaza por deslizamientos se describe en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006b).

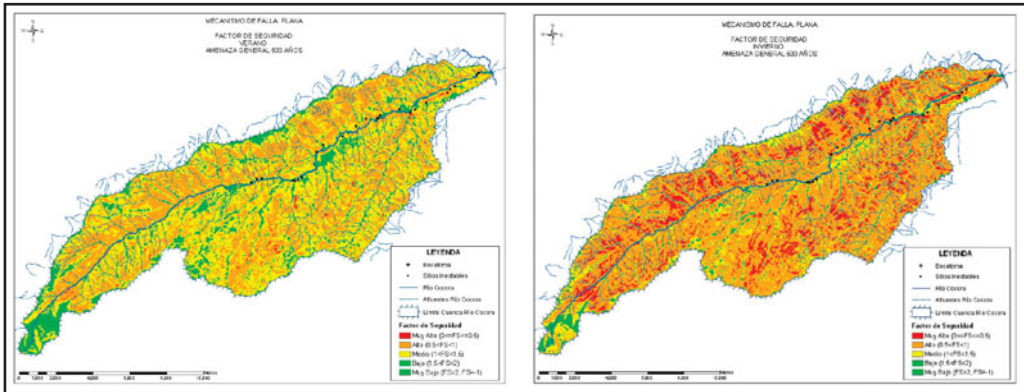
El gráfico 4.2 presenta un mapa característico de amenaza sísmica para una zona de influencia alrededor de Bogotá. El gráfico 4.3 muestra mapas de amenaza para eventos de inundaciones ante diferentes escenarios de análisis en la zona de la Quebrada Limas en Bogotá, ya referenciada. Finalmente, el gráfico 4.4 presenta mapas de amenaza para fenómenos de deslizamientos en una zona determinada del Departamento del Tolima, en Colombia,

Gráfico 4.3. Mapas de amenaza por inundaciones en la Quebrada Limas en Bogotá



Fuente: Tomado de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c). Bogotá.

Gráfico 4.4. Mapas de amenaza por deslizamientos en un sector del Departamento del Tolima, en Colombia



para diferentes condiciones de análisis. Todos los mapas mencionados expresan la amenaza para escenarios específicos de análisis, es decir para un evento específico al cual se asocia un período de retorno determinado.

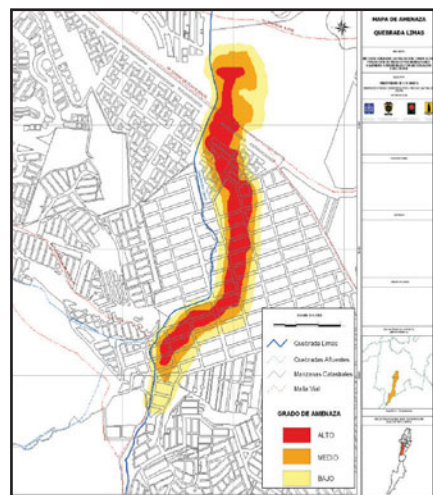
En particular para efectos de elaborar mapas generales de amenaza se establecen zonas de amenaza alta (aquellas susceptibles de sufrir inundaciones con periodos de retorno de 10 años), zonas de amenaza intermedia (aquellas susceptibles de sufrir inundaciones con periodos de retorno de 50 años) y zonas de amenaza baja (aquellas susceptibles de sufrir inundaciones para periodos de retorno de 100 o más años), incluyendo la zona plana dentro de la planicie de inundación.

El gráfico 4.5 presenta un mapa de amenaza por inundaciones para la Quebrada Limas de Bogotá, de acuerdo con el criterio antes mencionado.

Exposición física y socioeconómica

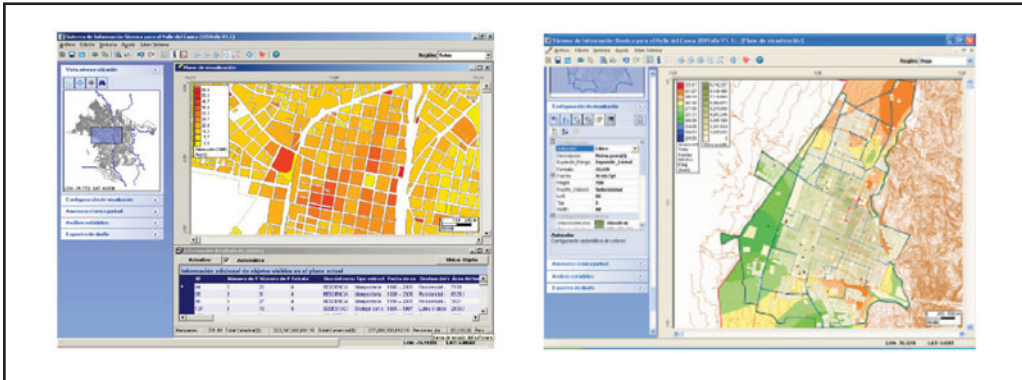
La evaluación del riesgo y de los impactos socioeconómicos requiere un conocimiento detallado de los elementos expuestos (infraestructura y población) dentro del área de influencia de la amenaza, con el propósito de calificar el grado de vulnerabilidad de dichos componentes ante las diferentes situaciones de peligro.

Gráfico 4.5. Mapa de amenaza por inundaciones para la Quebrada Limas de Bogotá



Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c).

Gráfico 4.6. Sistema de información georreferenciado para análisis de exposición



Para el caso de la infraestructura expuesta es necesario hacer un reconocimiento de ciertas propiedades y características representativas, tales como la ubicación exacta, el uso y ocupación, el estado (condición actual), la clasificación socioeconómica, los detalles físicos de las estructuras y de otros componentes no estructurales. También, la capacidad de recuperarse ante las exigencias externas (resiliencia), la descripción de los contenidos afectables y una valoración económica tanto para las construcciones como para dichos contenidos, lo que normalmente se plantea en términos de valores de reposición.

Se conforma así un SIG, el cual va acompañado de una base de datos de los elementos expuestos con sus características particulares. Normalmente deben incluirse edificaciones, obras de infraestructura relevantes, como puentes, túneles, pasos elevados y otros. Igualmente, es necesario introducir los componentes de los sistemas de líneas vitales (energía, acueductos, alcantarillado, gas, comunicaciones), tales como presas, túneles, conducciones, canales, tanques, estaciones y subestaciones, centros de control, antenas, edificaciones administrativas, bodegas y en general todos los componentes que puedan ser afectados por los eventos peligrosos que caracterizan la amenaza que se analiza.

El gráfico 4.6 presenta una ilustración de un SIG adecuado para el análisis de la exposición de la infraestructura para el caso de sismos, inundaciones o deslizamientos. Para efectos de la exposición de la población, a cada uno de los elementos físicos expuestos se le asignan factores de ocupación por parte de las personas, lo que permite obtener una estimación de la población total expuesta. Esto constituye un elemento importante para la consideración de la vulnerabilidad de la población.

El cuadro 4.3 ilustra una caracterización típica de exposición realizada para un análisis de riesgo por sismo y por inundación.

Modelos detallados para realizar estimaciones de algunos de los parámetros anteriores, en los casos en que esta información no esté disponible, se encuentran en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c). El cuadro 4.4 ilustra

Cuadro 4.3. Componentes típicos de la base de datos de vulnerabilidad

Construcciones	Localización	Identificador
		Departamento
		Municipio
		Localidad
		Zona
		Barrio
		Manzana
		Dirección
		Coordenada X
	Coordenada Y	
	Aspectos físicos	Número de pisos
		Tipo de estructura
		Tipo de entrecimso
		Tipo de cubierta
		Material de los muros
		Fecha de construcción
Aspectos socioeconómicos	Estado actual	
	Uso	
	Tipo de piso	
	Estrato	
	Área construida	
Información de contenidos	Valor de reposición	
	Número de ocupantes	
	Susceptibilidad de contenidos	
	Valoración de contenidos	

Cuadro 4.4. Información consolidada de exposición para un sector de Bogotá propenso a inundaciones

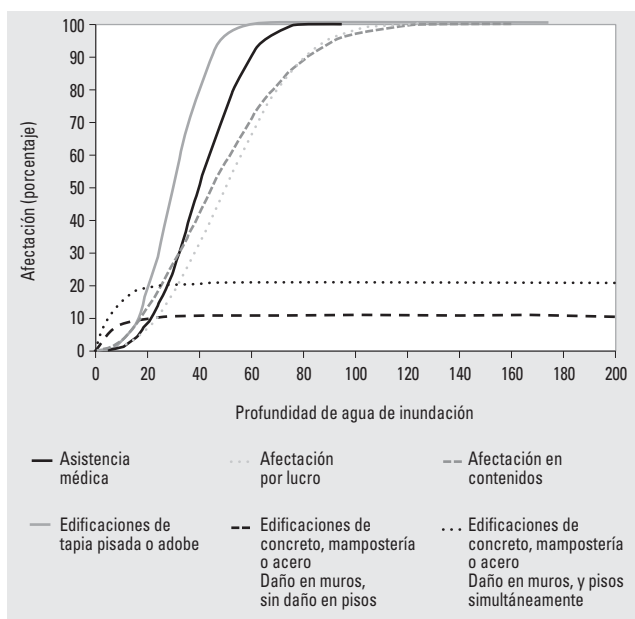
Uso general	Estrato	Número de manzanas	Número de predios	Área construida total (m ²)	Valor catastral (MDP) (en pesos)	Ocupación día (hab.)	Ocupación noche (hab.)
Residencial	1	1.264	17.806	1.353.459	173.282.504.882	19.959	86.247
	2	507	7.739	1.225.794	242.628.389.362	11.719	45.428
	3	125	383	78.165	17.603.459.003	2.440	2.745
	4	3	3	586	182.777.661	49	9
Comercial		168	388	35.068	11.394.519.069	2.966	944
Industrial		9	13	3.538	587.251.212	308	236
Institucional		111	151	60.174	15.494.528.196	5.834	11
Oficinas		11	13	4.839	1.694.921.327	469	111
Sin edificar		746	2.663	0	27.849.004.265	0	0

con un ejemplo la información consolidada de exposición en una zona específica de Bogotá para efectos de evaluación del riesgo por inundaciones.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, entendida como la predisposición de un elemento o componente a sufrir afectación ante una situación de amenaza específica, debe evaluarse y asignarse a cada uno de los componentes expuestos. La calificación se realiza normalmente mediante funciones de vulnerabilidad para cada uno de los componentes y para sus contenidos. El gráfico 4.7 ilustra algunas funciones típicas de vulnerabilidad para el caso de inundaciones.

Gráfico 4.7. Parámetros para cuantificar el riesgo a través del impacto de eventos peligrosos



Evaluación del riesgo

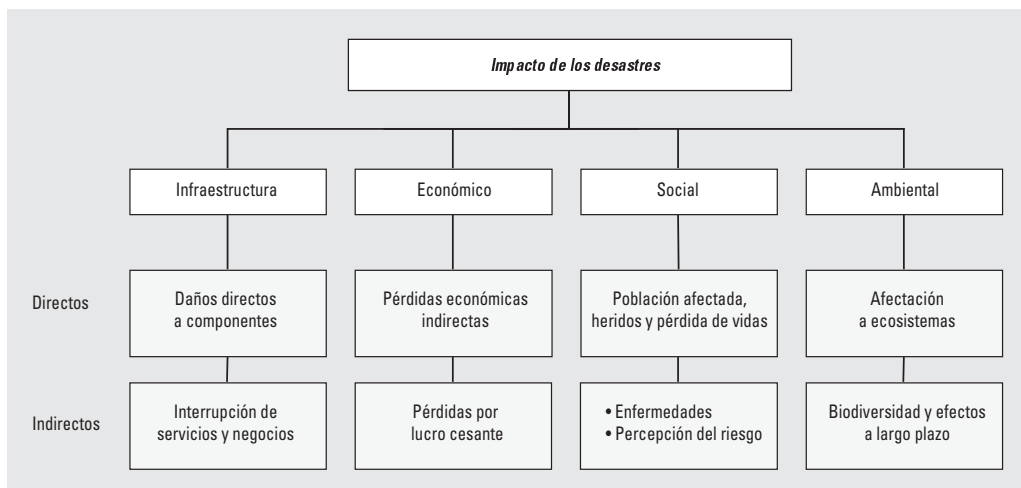
Considerando el riesgo como la probabilidad de ocurrencia de unos determinados efectos o impactos sobre la infraestructura y población expuesta, su evaluación se plantea en términos de diferentes variables, así:

$$R = V(I,t) * Ff * Fr$$

donde R es el parámetro que cuantifica el riesgo; $V(I,t)$ es la función de vulnerabilidad física, cuyo valor depende de la intensidad de la amenaza, I , y de la duración del fenómeno, t ; y los factores Ff y Fr están asociados con el agravamiento de los daños a causa de la fragilidad social y la falta de resiliencia o capacidad de absorción del impacto en la zona evaluada.

El riesgo, R , puede cuantificarse mediante diferentes indicadores. El gráfico 4.8 presenta indicadores típicos de riesgo, expresados a través del impacto de fenómenos peligrosos. Estos se subdividen en cuatro grandes grupos: impacto en la infraestructura, impactos económicos, impactos sociales e impactos ambientales.

Gráfico 4.8. Parámetros para cuantificar el riesgo a través del impacto de eventos peligrosos



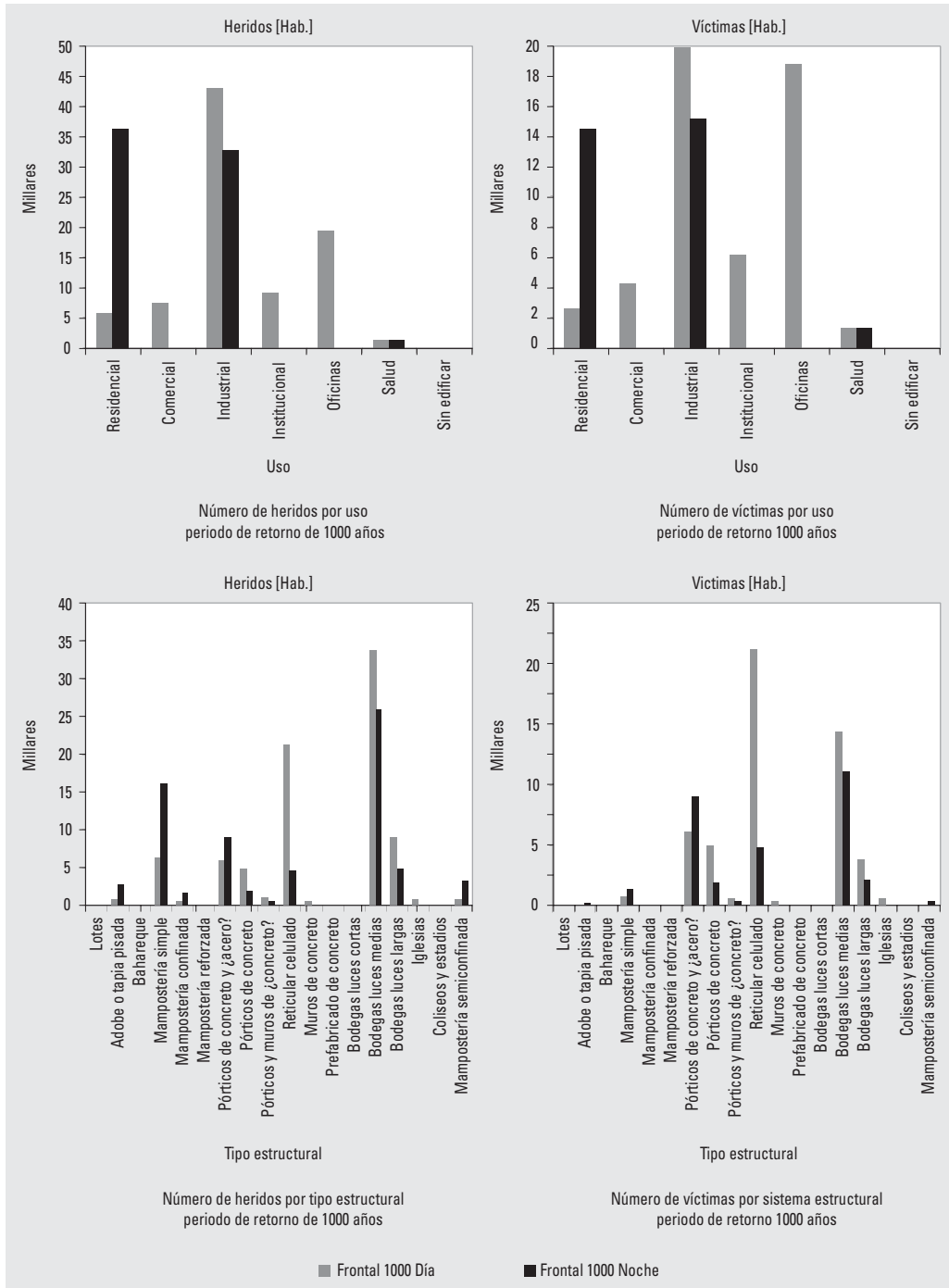
Las afectaciones se clasifican en directas o indirectas. Las afectaciones directas ocurren en el muy corto plazo; las indirectas, por lo general, ocurren como consecuencia de las afectaciones directas y se producen en el mediano o largo plazo.

Las evaluaciones de riesgo deben considerar el alto grado de incertidumbre asociado a los parámetros de amenaza y vulnerabilidad. En particular, la estimación de los diferentes impactos se basa en estadísticas y datos disponibles de eventos pasados. Sin embargo, en muchas situaciones, dichos parámetros reflejan condiciones particulares de vulnerabilidad que probablemente no se repitan en otras circunstancias o poblaciones. Por lo anterior, como parte del análisis, se debe revisar la conveniencia de utilizar determinadas expresiones de vulnerabilidad y riesgo, y la posible extrapolación a condiciones diferentes en otras zonas o regiones. Igualmente, se debe realizar la interpretación de resultados teniendo en cuenta los márgenes de incertidumbre que se manejan en este tipo de evaluaciones.

Resultados típicos

El gráfico 4.9 ilustra evaluaciones típicas de riesgo para escenarios sísmicos en la ciudad de Bogotá. Por su parte, el gráfico 4.10 muestra resultados de modelaciones típicas de riesgo por inundación en el caso de la Quebrada Limas en Bogotá. Se presenta la evaluación de varios parámetros para diferentes períodos de retorno de análisis. Finalmente, el gráfico 4.11 representa la distribución geográfica de los resultados de riesgo.

Gráfico 4.9. Resultados típicos de evaluaciones de riesgo para escenarios sísmicos en Bogotá



Fuente: Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (2005).

Gráfico 4.10. Resultados típicos de evaluaciones de riesgo para escenarios de inundaciones en la Quebrada Limas en Bogotá

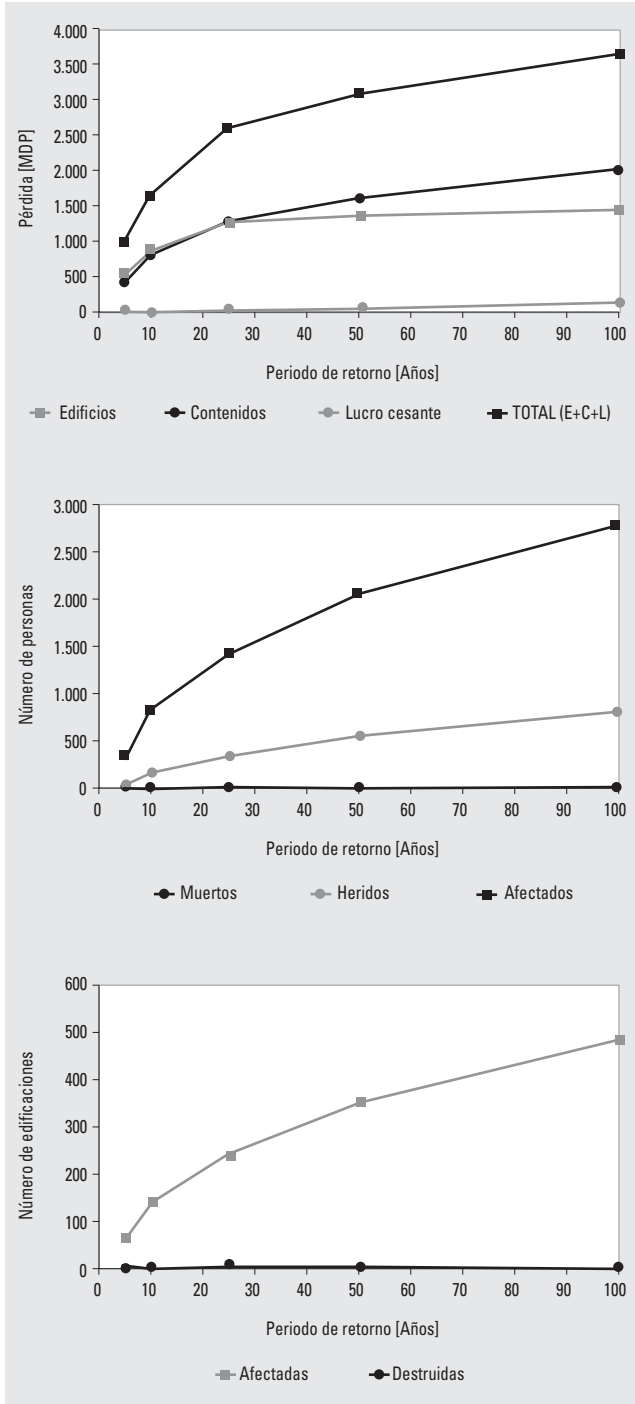
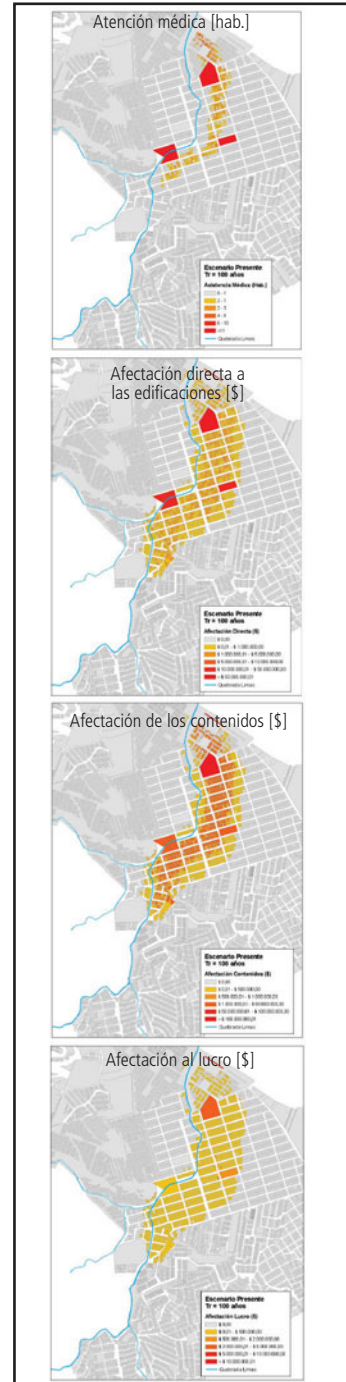


Gráfico 4.11. Resultados típicos de evaluaciones de riesgo para escenarios de inundación en la Quebrada Limas en Bogotá

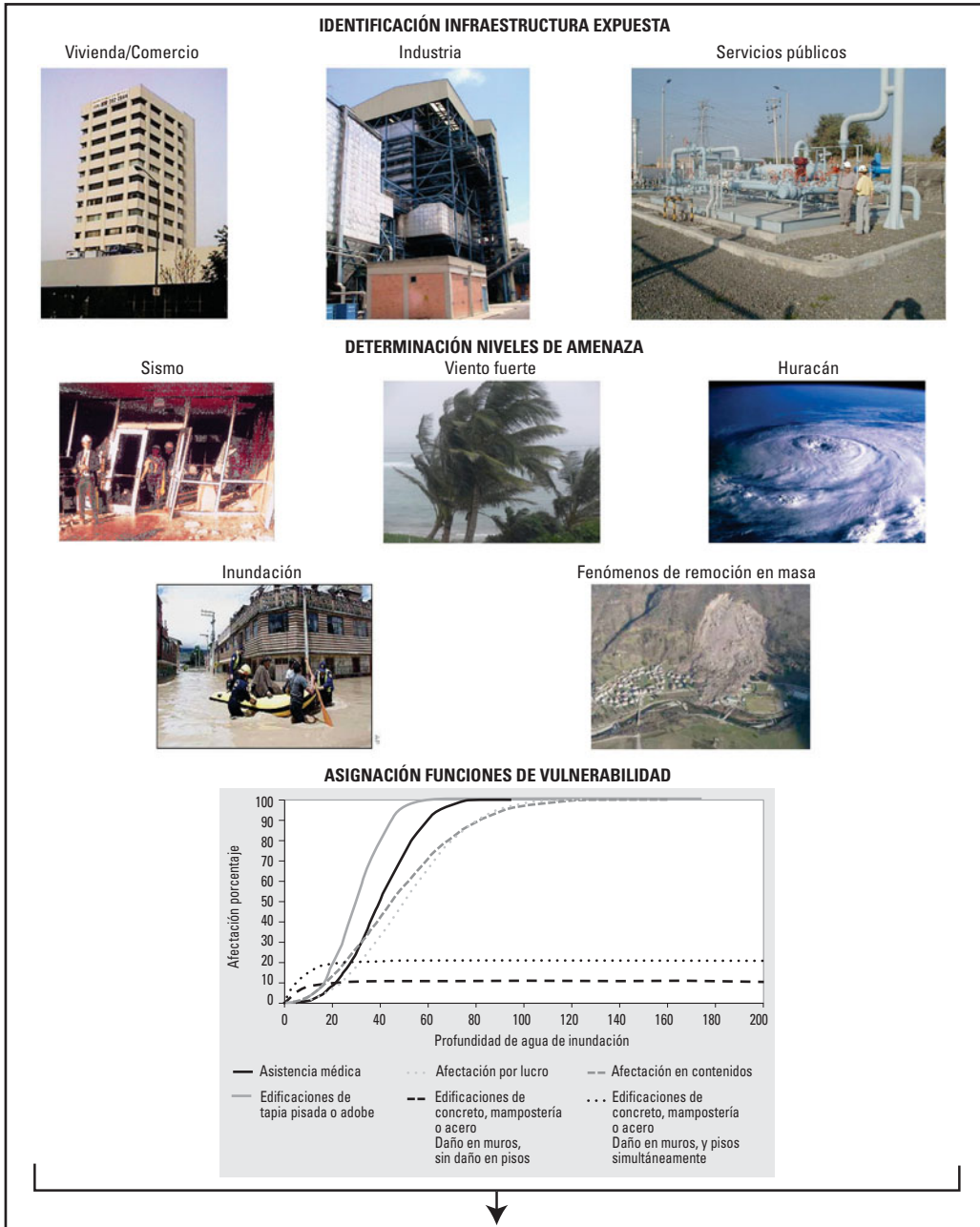


Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c).

Resumen del procedimiento de evaluación

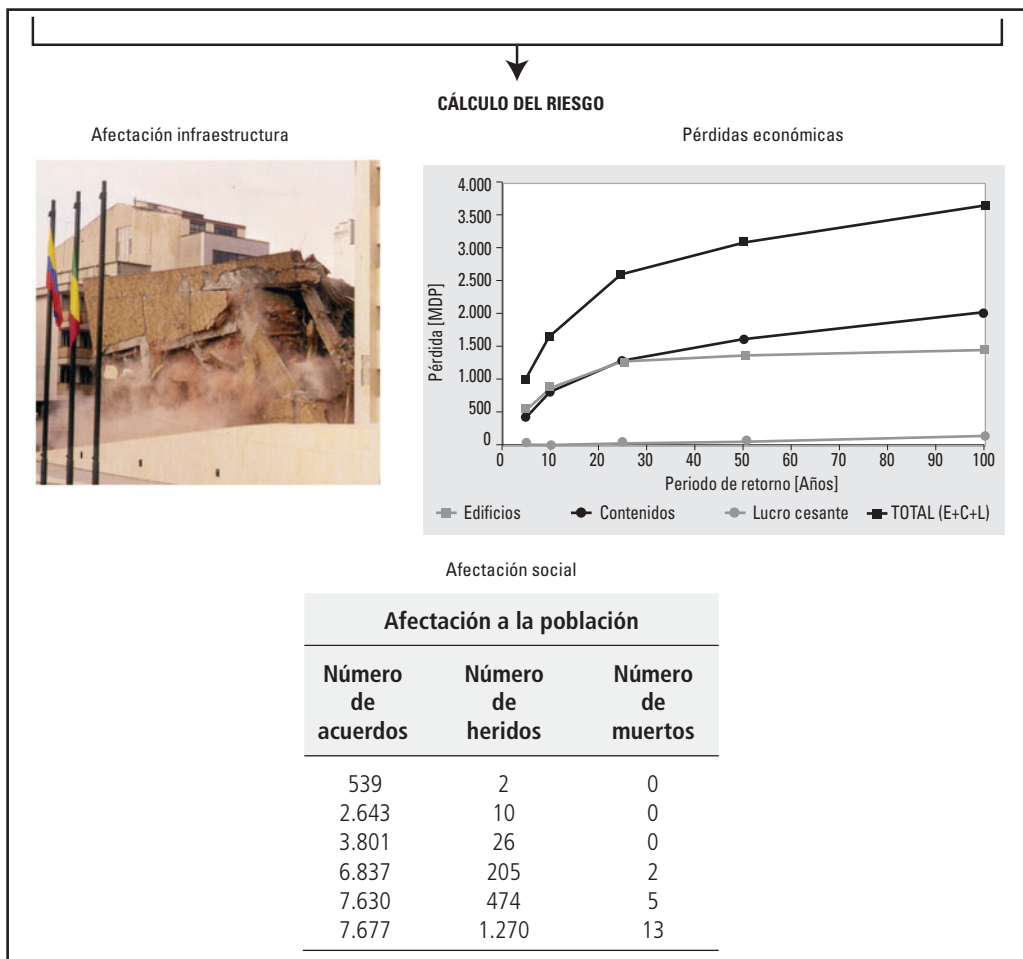
El gráfico 4.12 presenta un resumen esquemático del procedimiento para la evaluación del riesgo en los términos presentados.

Gráfico 4.12. Resumen del procedimiento general para evaluación del riesgo



(continúa en la página siguiente)

Gráfico 4.12. (continuación)



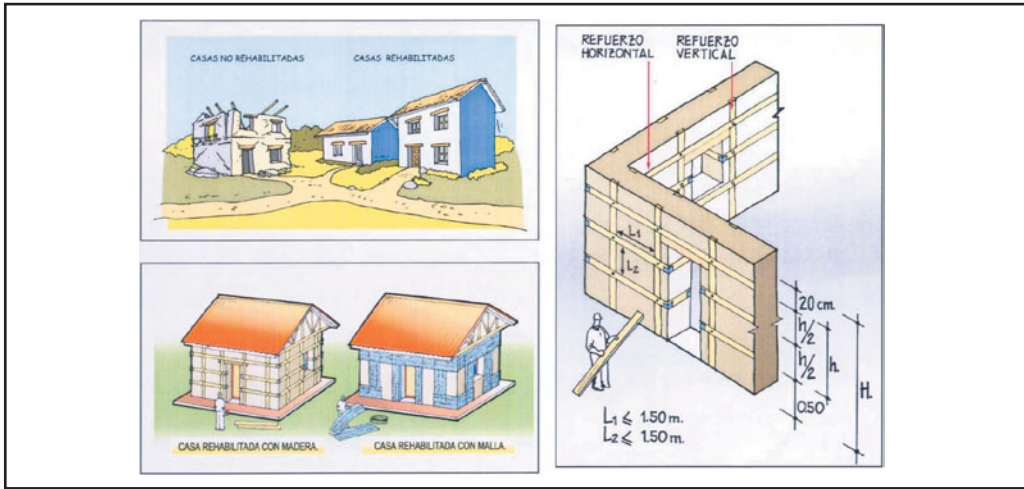
Medidas de prevención y mitigación

Medidas estructurales

Existen diferentes posibilidades de llevar a cabo medidas estructurales para mitigación del riesgo para los diferentes fenómenos analizados. En el caso de la amenaza sísmica son bien conocidas las diferentes alternativas de reforzamiento sísmico de edificaciones existentes (Véanse AIS, 2001 y Universidad de los Andes, 2002). El gráfico 4.13 ilustra algunos casos típicos de refuerzo sísmico de viviendas de uno y dos pisos.

Para el caso de inundaciones, las medidas de mitigación se centran normalmente en obras de control en el cauce de los ríos e incluyen ampliación de cauces, diques longitudinales y transversales, canalizaciones, mejoras o ampliaciones de la red pluvial o de sistemas

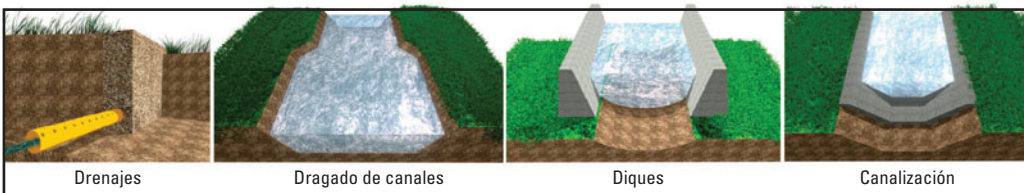
Gráfico 4.13. Casos típicos de refuerzo sísmico de edificaciones



de desagües, embalses de regulación o reservorios para emergencias, entre otras. El gráfico 4.14 presenta esquemas de soluciones típicas adoptadas.

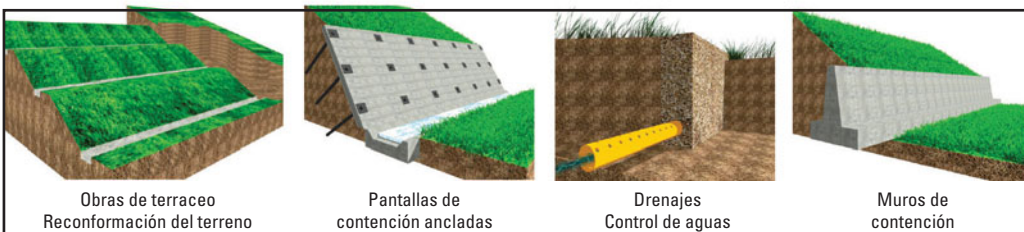
Por otro lado, para el caso de amenaza por deslizamientos, se recurre normalmente a obras tales como estructuras o muros de contención, protección de taludes, obras de control de material caído, remoción o reconfiguración del terreno y control de drenaje o infiltración. El gráfico 4.15 presenta esquemas de soluciones típicas adoptadas.

Gráfico 4.14 Casos típicos de obras de mitigación en el caso de zonas inundables



Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c).

Gráfico 4.15. Casos típicos de obras de mitigación en el caso de zonas inestables



Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006c).

Medidas no estructurales

Para la selección de las medidas óptimas de reducción o mitigación del riesgo es necesario tener en cuenta aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales. La selección última de una alternativa de intervención está supeditada a la disponibilidad de recursos económicos y de su beneficio social y ambiental. En algunos casos, las alternativas estructurales representan altas inversiones para lo cual no se cuenta con los recursos necesarios o son obras que resuelven únicamente problemas puntuales, pero que pueden incluso agravar situaciones de riesgo en otros lugares (caso de las inundaciones). Hay eventos donde claramente las medidas estructurales no son viables técnicamente. En dichas situaciones, es necesario recurrir a medidas de tipo no estructural que pueden ser de bajo costo y alto impacto, como la educación, la información pública y el trabajo con comunidades. Algunas medidas se orientan hacia la reubicación de viviendas o componentes de infraestructura en riesgo, que son alternativas también costosas y muchas veces poco viables. Otras alternativas están basadas en la reglamentación del uso del suelo a través de normativas locales o de planes de ordenamiento territorial que a largo plazo son muy efectivas.

Las acciones de reasentamiento representan la única alternativa viable en ciertos casos de fenómenos de inundación o de remoción en masa cuando existe una población en zonas de alto riesgo no mitigable. El reasentamiento consiste en la relocalización de zonas urbanas desde las áreas de alto riesgo, hasta un lugar más seguro. De esta forma se elimina la exposición del grupo social y de sus propiedades. Su aplicación genera traumatismos en la población e inversiones importantes de capital usualmente estatal. Sin embargo, cuando se realiza de manera apropiada, su efecto produce impactos muy positivos en el desarrollo local en el mediano y largo plazo. En cualquier caso se requieren una serie de medidas complementarias que garanticen el éxito tanto en términos de la población reasentada como en el manejo y el uso de la zona liberada. Una descripción detallada del proceso de reasentamiento se encuentra en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006a), donde se reseñan las actividades típicas de un proceso completo, desde la identificación y evaluación del riesgo hasta la definición, diseño y puesta en marcha del plan de reubicación. Lo ideal es que las acciones de reasentamiento se enmarquen dentro de una política municipal de reasentamiento involuntario, a fin de hacerle frente a estas circunstancias de manera ordenada y congruente con lo que estipulan las directrices internacionales en la materia y que, en muchos casos, promueven la reducción del traumatismo resultante, propiciando medidas compensatorias a la población. La Política de Reasentamiento Involuntario (OP-710) es ilustrada en Banco Interamericano de Desarrollo (1998).

Análisis beneficio-costado de las acciones de mitigación

El impacto socioeconómico de alternativas de mitigación se puede evaluar desde el punto de vista de relaciones beneficio-costado. Esta información resulta estratégica con el fin de realizar una programación futura de inversiones en mitigación de riesgos y con miras a contar con elementos para priorizar dichas inversiones.

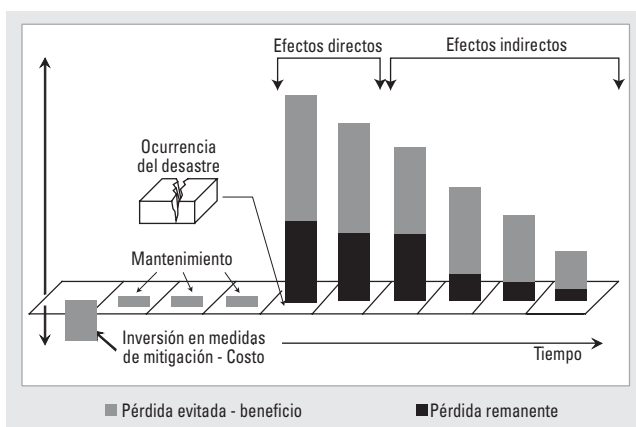
En el análisis de las medidas de mitigación del riesgo, los beneficios dominantes son, por un lado, los ahorros futuros que se puedan lograr en términos de pérdidas directas, pérdidas en los contenidos y pérdidas indirectas esperadas, al igual que la eventual disminución en los efectos sociales que se puedan llegar a producir. Estos beneficios son, en general, difíciles de cuantificar y valorar. Sin embargo, el modelo presentado anteriormente permite la cuantificación de efectos ante diferentes escenarios, tales como el impacto en la “situación actual” o “situación de referencia” de los elementos expuestos, y en el caso de una posible “situación futura” o “situación de análisis” en la cual se haya adoptado e implementado una determinada acción o medida de mitigación o prevención.

Por otro lado se necesita un estimativo más o menos confiable de las inversiones requeridas para cada una de las alternativas de mitigación, incluyendo los costos directos, indirectos, administrativos, financieros y los eventuales costos de mantenimiento en el lapso de tiempo seleccionado para el análisis, normalmente un periodo de varios años.

La información anterior permite plantear relaciones beneficio-costado en términos económicos y sociales. Los beneficios económicos que se generarían en el futuro deben traerse a valor presente para una adecuada comparación económica mediante una tasa de descuento apropiada. Adicionalmente, se plantean una serie de beneficios en términos de afectación a la población (afectados, heridos, muertos) y de impacto a los procesos sociales. Estos beneficios deben servir de base para la toma de decisiones por parte de las entidades interesadas, según el criterio prioritario en cada una de las situaciones.

El gráfico 4.16 presenta el esquema de un análisis típico beneficio-costado, en el cual, para una adecuada comparación, es necesario traer los costos y beneficios futuros generados con la implantación de una medida estructural y cotejarlos con la inversión inicial requerida.

Gráfico 4.16. Análisis de valor presente neto de costos, beneficios e inversión inicial en medidas estructurales de mitigación



El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006a) plantea una manera de adelantar este tipo de análisis, mediante un índice beneficio-costos, $I_{B/C}$, el cual se calcula de la siguiente manera:

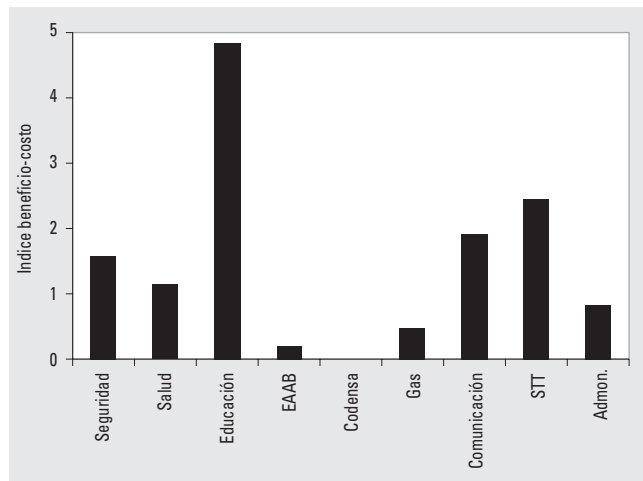
$$I_{B/C} = \frac{\bar{Y}_{Actual} - \bar{Y}_{Rehabilitación}}{\frac{\gamma}{Costo rehabilitación}}$$

Donde \bar{Y} corresponde al valor esperado de pérdidas futuras (pérdidas directas, en los contenidos y pérdidas indirectas o consecuenciales) para la situación actual y para la situación rehabilitada; γ corresponde a la tasa de descuento en el tiempo.

En términos sociales, los beneficios se plantean en función de los efectos directos e indirectos sobre la población. Aunque los costos están relacionados directamente con la inversión en las obras o acciones de mitigación, los beneficios se traducen en reducción de efectos sobre la población, tales como disminución en el número de personas afectadas, en el número de personas que requieren atención médica y en el número esperado de heridos y de víctimas.

El gráfico 4.17 presenta los resultados de un análisis beneficio-costos para la evaluación de alternativas de reforzamiento sísmico en un grupo de edificaciones esenciales o indispensables en la ciudad de Bogotá.

Gráfico 4.17. Relaciones beneficio-costos para alternativas de reforzamiento sísmico en edificaciones indispensables en Bogotá



Fuente: Agencia Colombiana de Cooperación Internacional (2005).

Proyección de recursos para emergencias

Los resultados del análisis de riesgo presentados permiten, en forma complementaria, establecer escenarios para efectos de la atención de las emergencias. Las valoraciones de los daños en los bienes expuestos y los impactos sociales resultantes dejan realizar una estimación gruesa de los recursos necesarios para la atención de la emergencia.

Cuadro 4.5. Escenario presente de inundación Tr = 25 años

Daños materiales		Afectación a la población		Edificaciones	
Edificios [MDP]	\$ 1,276	Afectados	1,436	Afectadas	241
Contenidos [MDP]	\$ 1,283	Heridos	353	Destruídas	0
Lucro cesante [MDP]	\$ 39	Muertos	4		
Total (E+C+L) [MDP]	\$ 2,598				

Cuadro 4.6. Proyección de recursos para escenario de inundación en la Quebrada Limas de Bogotá para Tr = 25 años

Recursos institucionales por nivel de emergencia				
Nivel				
Defensa civil	Departamento Administrativo de Bienestar Social (DABS)	Dirección de Atención y Prevención de Emergencias (DPAE)	Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá (COBB)	Secretaría de Salud
82 voluntarios	35 profesionales técnicos administrativos	15 ingenieros para evaluar y apoyar la atención de emergencia	6 bomberos	1 médico
2 conductores			2 oficiales de servicio	2 paramédicos
2 vehículos	5 conductores	5 conductores	2 maquinistas	2 conductores
Comunicación por radio	5 vehículos	5 vehículos	2 máquinas de bomberos	1 ambulancia básica
	Comunicación por Avantel	Comunicación por radio	Comunicación por radio	1 ambulancia equipada
				Comunicación por radio

El cuadro 4.5 muestra los parámetros descriptivos para un escenario de inundación en la zona de la Quebrada Limas en Bogotá para un período de retorno de 25 años. Con base en dichos parámetros, el cuadro 4.6 presenta una estimación de los recursos necesarios por parte de las diferentes entidades a cargo de la atención de la emergencia (véase Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2006a).

Conclusiones

El enfoque metodológico descrito permite realizar evaluaciones de riesgo ante diferentes escenarios de amenaza y diversas situaciones de vulnerabilidad de los componentes y per-

sonas expuestas. La metodología es aplicable a diferentes tipos de amenazas naturales, tales como eventos sísmicos, inundaciones, deslizamientos y otras.

En particular, para el caso de la amenaza sísmica y de inundación, la metodología establece la interacción entre las variables que permiten elaborar mapas de amenaza para diferentes escenarios de eventos definidos, a los cuales se les asocia un determinado periodo de retorno.

Con el fin de integrar los diferentes mapas de amenaza por inundación para varios periodos de retorno, se propone un mapa que integre los niveles de peligro, teniendo en cuenta grados de amenaza que bien se pueden clasificar en alta, media y baja, principalmente según el tiempo promedio de recurrencia en que en cada zona se pueda presentar un evento, independientemente del impacto que éste pueda llegar a causar.

Por otro lado, este enfoque plantea la caracterización detallada de la vulnerabilidad, mediante un análisis de todos los elementos expuestos y la asignación de funciones de vulnerabilidad específicas para diferentes tipos estructurales y para diferentes parámetros que miden la afectación. Dichas funciones son susceptibles de mejorar en el futuro, considerando que éstas se determinan normalmente de manera aproximada (en forma empírica o analítica) y que requieren investigaciones detalladas con base en la recopilación de datos de eventos reales o mediante modelaciones específicas. Se plantean funciones de vulnerabilidad para cada uno de los tipos de amenaza.

Finalmente, con la ayuda de un SIG, se pueden integrar los modelos de amenaza propuestos y el modelo de vulnerabilidad conformado para obtener parámetros que expresan el riesgo a que está sometida la zona de estudio. El riesgo como tal se puede expresar a través de diferentes variables, como el impacto directo sobre la infraestructura física, el impacto económico, el impacto social y el impacto ambiental.

La información acerca del riesgo que se puede lograr permite llevar a cabo análisis de impacto económico de diferentes medidas de mitigación y, en particular, desarrollar análisis beneficio-costos de las diferentes alternativas de mitigación. Lo anterior facilita contar con información básica para optimizar los recursos disponibles y para priorizar las acciones a realizar, elementos fundamentales para una adecuada gestión del riesgo.

Con base en las estimaciones realizadas con el modelo propuesto y su comparación con las evaluaciones de eventos recientes ocurridos en diferentes circunstancias, se puede concluir que el modelo es lo suficientemente versátil para representar también las situaciones de emergencia que se puedan presentar. En cualquier caso se hacen necesarias calibraciones y estimaciones específicas, con el fin de estimar de manera adecuada las posibles consecuencias futuras de eventos desastrosos asociados a fenómenos sísmicos, inundaciones, deslizamientos y otros que pueden afectar gravemente los asentamientos humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Colombiana de Cooperación Internacional (ACCI) & Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2005. “Estrategia para la transferencia, retención y mitigación del riesgo en edificaciones indispensables y de atención a la comunidad del Distrito Capital”. Bogotá.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). 2001. “Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sísmo resistente de viviendas de mampostería”. Bogotá.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 1998. “Política operativa de reasentamiento involuntario. OP-710”. Disponible en: (<http://manuals.iadb.org/go.cfm?do=Page.View&pid=1184>).
- Briguglio, Lino. 2003. “Methodological and Practical Considerations for Constructing Socio-Economic Indicators to Evaluate Disaster Risk”. Manizales, Banco Interamericano de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia e Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).
- Cardona, Omar. 2001. “El impacto económico de los desastres: esfuerzos de medición existente y una propuesta alternativa. Índice simple de impacto”. Santo Domingo, Ingeniar Ltda.
- Cardona, Omar, Mario Ordaz, Santiago Arámbula, Luis Yamín, Olivier Mahul & Francis Ghesquiere. 2006. “Detailed earthquake loss estimation model for comprehensive risk management”. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology. Geneva, Switzerland, 3–8 September. Paper No. 724.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 1991. “Manual para la estimación de los efectos socioeconómicos de los desastres naturales”. Santiago de Chile.
- Desinventar. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 1993. “Proyecto de Inventario de Desastres en América Latina”.
- Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE). 2005. “Escenarios de riesgo y pérdida por terremoto para Bogotá”. Bogotá.
- Fleming, G. “Flood Risk Management”. 2002. Londres, Thomas Telford Publishing.
- Mechler, Reinhard. 2005. “El análisis costo-beneficio en la gestión del riesgo de desastres naturales en países en desarrollo”. GTZ.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. 2005. “Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal”. Bogotá.
- _____. 2006a. “Determinación del impacto socioeconómico de las acciones de prevención y reducción del riesgo asociado a fenómenos de remoción en masa e inundaciones, aplicación en la ciudad de Bogotá”. Bogotá.

- _____. 2006b. “Estudio para definir la metodología para la zonificación y reducción del riesgo por fenómenos de remoción en masa”. Bogotá.
- _____. 2006c. “Estudio para proponer la metodología para la evaluación, zonificación y reducción de riesgos por inundaciones y avenidas torrenciales y su articulación con los planes de ordenamiento territorial”. Bogotá.
- Moreno, R. *et al.* 2006. “El impacto de los desastres. Análisis desde el sector vivienda”. Bogotá.
- Universidad de los Andes. 2002. “Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada”. Bogotá.
- Yamín, Luis & Omar Darío Cardona. 1997. “Seismic microzonificación and estimation of earthquake loss scenarios: integrated risk mitigation project of Bogotá, Colombia”. *Earthquake Spectra*. 13(4), 795–814.

Metodologías de análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo

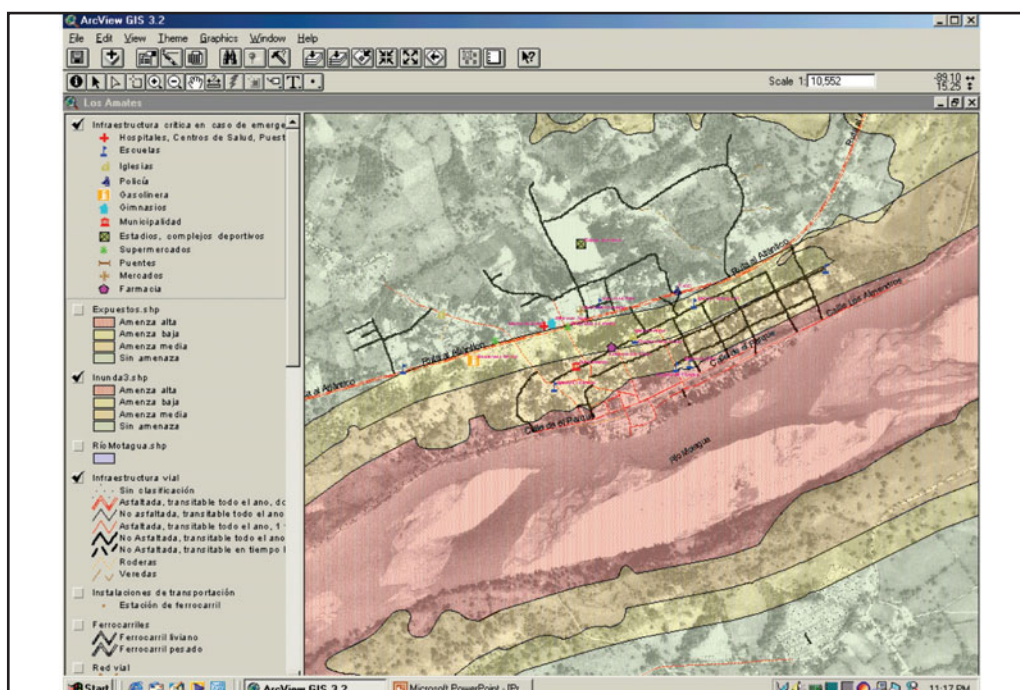
Manolo Barillas Cruz

Delimitación de zonas de inundaciones históricas

Caso: Los Amates, Izabal, Guatemala

Este método es muy sencillo y bastante práctico, ya que únicamente utiliza de entrada los registros históricos de inundaciones específicas (alturas de inundación) y sobre la

Gráfico 5.1. Definición de las zonas de inundación ocurridas durante el Huracán Mitch



Nota: Se muestran diferentes alturas en el río Motagua, en Los Amates, Izabal, Guatemala.

base de esas alturas conocidas se extrapola al resto del área de estudio. Es más bien una cartografía de inundación y no toma en cuenta ningún factor hidrológico ni hidráulico del sistema.

Esta metodología puede ponerse en práctica con la toma de datos georreferenciados en campo (con GPS portátil) y la utilización de una licencia estándar de ArcView 3.X.

Delimitación de zonas afectadas por lahares (modelo Laharz)

Caso: volcán San Salvador, El Salvador

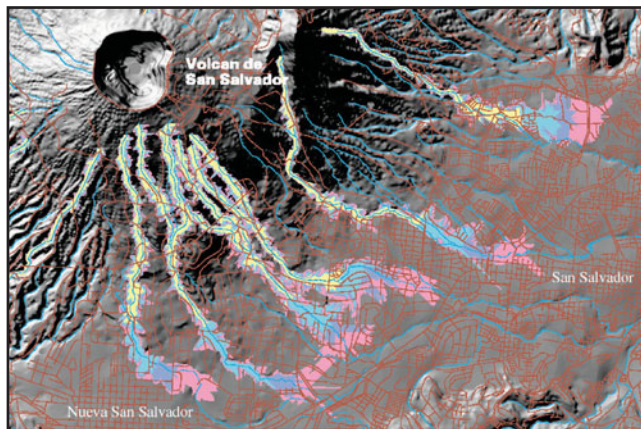
Esta metodología fue desarrollada por Iverson y Schilling en 1998, utilizando más de 25 caracterizaciones de lahares estudiados principalmente en Norteamérica. Con base en estos datos se hizo un análisis estadístico para definir las ecuaciones responsables de la distribución de un lahar a lo largo de una red de drenaje hídrico. Estas ecuaciones se incorporaron a comandos de ArcInfo que se encargan de “modelar” la distribución de un volumen determinado a lo largo de cauces de ríos.

Se hizo una corrida del modelo en el volcán de San Salvador, en El Salvador, utilizando 100 mil, 300 mil, 1 y 3 millones de metros cúbicos de volumen. Se obtuvo un resultado

que aparentemente coincide bastante bien con eventos previamente registrados y, más importante, proyecta las zonas que podrían ser afectadas por eventos futuros.

A pesar de que esta metodología utiliza información técnica más elaborada (precipitaciones máximas) y un programa de cómputo caro y complejo (ArcInfo), es una herramienta muy precisa para delimitar las zonas de afectación de este tipo de fenómeno.

Gráfico 5.2. Zonas afectadas durante la ocurrencia de lahares



Zonas que serían afectadas ante la ocurrencia de lahares de 100 mil m³ (amarillo), 300 mil m³ (celeste), 1 millón de m³ (morado) y 3 millones de m³ (rosado), a lo largo de las principales quebradas del flanco sur-sureste del Volcán San Salvador.

Amenaza de flujos piroclásticos (modelo de cono de energía)

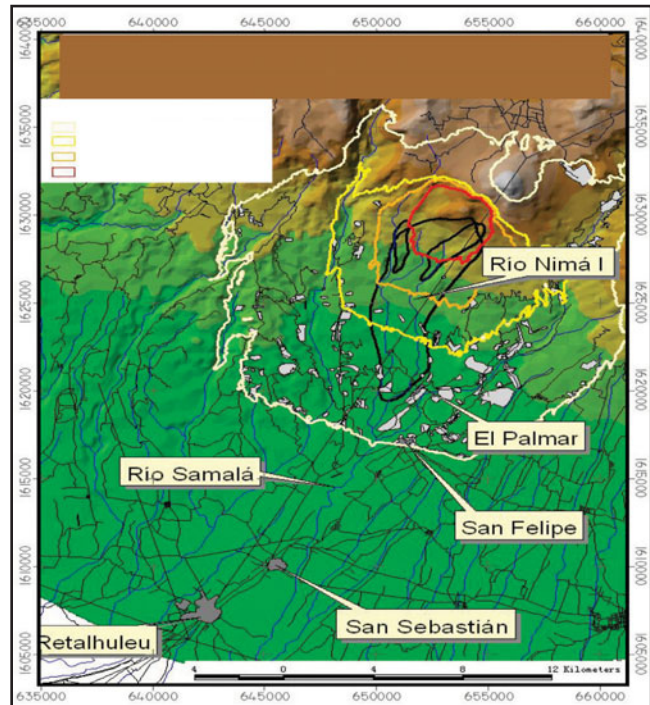
Caso: volcán Santiaguito, Guatemala

Esta metodología está basada en el modelo conceptual de Malin y Sheridan (1982), el cual asume que la formación de flujos piroclásticos a lo largo de los flancos de un volcán está gobernada por la altura máxima alcanzada por la columna eruptiva vertical, la energía potencial y cinética que puede alcanzar y las condiciones de topografía del cono volcánico (representadas por el modelo digital del terreno). Este colapso de columna origina una superficie cónica sobre la cual se distribuyen los depósitos piroclásticos que afectan a toda aquella porción del terreno que se ubique por debajo de esa línea de energía.

Según este análisis se determinó que con las mayores alturas de columna eruptiva pueden verse afectados hasta más de 120 centros poblados alrededor del complejo volcánico, lo cual implicaría más de 40.000 personas.

La desventaja de este método es que se necesita conocer muy bien la historia piroclástica eruptiva del volcán, ya que algunos parámetros del modelo tienen que ser obtenidos con base en mediciones de campo o comparaciones con otros complejos volcánicos similares. La ventaja es que una vez conocidos esos datos, la determinación de las zonas afectadas no requiere programas o rutinas complejas de análisis.

Gráfico 5.3. Amenaza de flujos piroclásticos, volcán Santiaguito, Guatemala



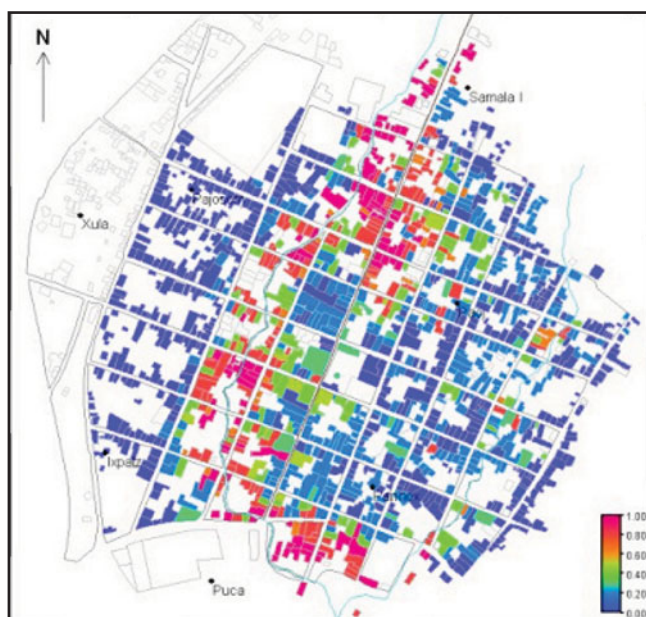
Nota: Se muestran las zonas de afectación por flujos piroclásticos originados por columnas eruptivas de 500–600 m (zonas rojas y anaranjadas), de hasta 1.500 m (zona amarilla) y de hasta 2.500 m (zona blanquecina). Estas estimaciones no se contradicen con las mediciones hechas en eventos históricos (polígonos negros).

Evaluación de vulnerabilidad y riesgo (memoria colectiva)

Caso: poblado de San Sebastián, Retalhuleu, Guatemala

Esta metodología es muy interesante porque combina la tecnología GPS y SIG con la participación activa de la comunidad en estudio. La idea principal es “mapear” los efectos causados por cierto fenómeno histórico reciente en algunos elementos en riesgo.

Gráfico 5.4. Vulnerabilidad de contenidos de viviendas en el poblado de San Sebastián, Retalhuleu



Nota: Las zonas rojas indican las viviendas con el máximo daño (1% o 100%) y las zonas azules indican las viviendas sin daño (0% o 0%). Este mapa puede ser convertido a daños esperados, si se tienen los costos de los contenidos de dichas viviendas.

En el caso del poblado de San Sebastián, los elementos en riesgo seleccionados fueron viviendas y contenido de viviendas. Con los datos obtenidos en algunas de estas viviendas se construyeron curvas de vulnerabilidad que relacionan el daño de las estructuras en función de la altura de la inundación o de la distancia al río. Luego, por medio de un SIG y la base de datos catastral de todas las viviendas del poblado, se generaliza el daño que podrían recibir el resto de ellas. Si se tienen los datos del costo de las viviendas o de los contenidos de las mismas, se puede hacer un cálculo final de daños esperados (riesgo).

Aplicaciones en la región centroamericana

Existen muchos ejemplos exitosos en los cuales se han utilizado los resultados de estas metodologías para la toma de decisiones concretas.

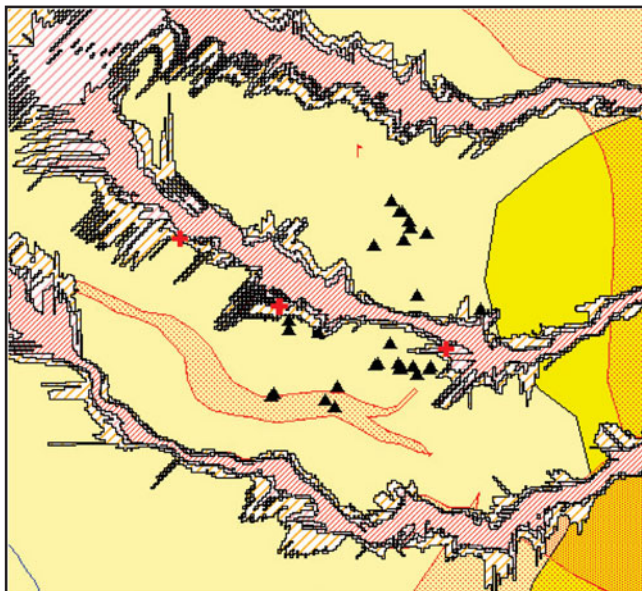
Los resultados del análisis de amenaza por lahares en San Salvador fueron utilizados por los funcionarios del Programa de Reconstrucción pos Terremotos (USAID-2002) para decidir los lugares más seguros para la reconstrucción de viviendas en los alrededores de los cauces potencialmente afectados.

En este caso en particular, los funcionarios de las organizaciones de reconstrucción debían presentar los puntos posibles de reconstrucción georreferenciados ante el Comité de Aprobación, el cual a su vez los ploteaba en un mapa de amenazas predefinido para evaluar preliminarmente el grado de peligrosidad del sitio propuesto. Si las condiciones del mapa (resolución, escala, precisión, etc.) no eran suficientemente aceptables, entonces se programaba una visita específica de campo. En cualquiera de los dos casos, el veredicto final se emitía hasta completar el procedimiento de análisis.

Por otro lado, luego de los últimos grandes desastres ocurridos en Centroamérica (el Huracán Mitch en 1998 y los terremotos en El Salvador en 2001), se elaboraron muchos análisis de amenaza por inundaciones, deslizamientos y lahares.

Estos materiales deberían ser la base de la legislación municipal que regule el uso del suelo y planifique las zonas de desarrollo industrial, comercial, de vivienda, etc. del municipio. Los alcaldes y los concejos municipales son los llamados a tomar la iniciativa para este tipo de esfuerzos que incidirán en la reducción del impacto de los desastres naturales contra la población.

Gráfico 5.5. Zonas que podrían ser afectadas por lahares en el flanco sur-occidental del volcán San Salvador, a la altura de San Juan Opico



Nota: Los triángulos negros indican los puntos que fueron aprobados para reconstrucción, en contraste con los triángulos rojos que fueron rechazados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Iverson, R.M., S.P. Schilling y J.W. Vallance. “Objective delineation of lahar-inundations hazards zones”. *Geological Society of America Bulletin*. 110(8), 972–984.
- Malin, M.C. y M.F. Sheridan. 1982. “Computer-assisted mapping of pyroclastic surges”. *Science*. 217, 637–693.
- World Meteorological Organization, 1999, “Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards”. WMO/TD. 955, 92.

Vulnerabilidad de la infraestructura básica

Claudio Osorio Arzúa y Arturo Rodríguez

SISTEMAS LOCALES DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

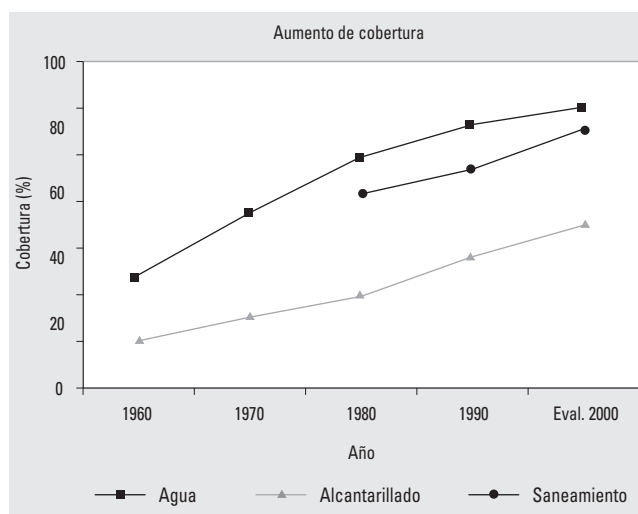
Introducción

Los países de Latinoamérica y el Caribe se encuentran comparativamente mejor que los de otras regiones del mundo en cuanto a la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento. En esta región, para el año 2000 se reportó que el 85% de la población tenía acceso a servicios de agua y un 79% a saneamiento (PAHO/WHO y UNICEF, 2000), lo cual representa un aumento sostenido de la cobertura en las últimas décadas. Los gobiernos nacionales, locales y la cooperación internacional han invertido en el desarrollo de esta infraestructura.

Pese a lo anterior, aún persisten algunos desafíos para el sector, tales como:

- Lograr equidad en la cobertura de estos servicios entre las zonas urbanas y rurales.
- Asegurar la sostenibilidad en el tiempo de la nueva infraestructura, especialmente en zonas rurales, donde es la propia comunidad quien opera y mantiene los sistemas.

Gráfico 6.1. Cobertura de agua, alcantarillado y saneamiento



- Incorporar la gestión integral del agua en las políticas de desarrollo del sector, para tratar las aguas servidas, ya que actualmente sólo el 14% recibe algún tipo de tratamiento.

En la mayoría de países, los gobiernos locales tienen la responsabilidad de velar por el acceso de la población a estos servicios básicos, y en algunas localidades es el propio municipio el que está a cargo de la entrega de los servicios de agua potable y saneamiento, tanto en zonas urbanas como rurales. Pero también existen casos en donde los servicios urbanos de agua potable y saneamiento son prestados por instituciones independientes, ya sean de carácter público o privado. En áreas rurales, las propias comunidades, a través de juntas administradoras con personería jurídica, son las que operan y mantienen estos servicios.

Si bien está establecida la responsabilidad que le compete a las autoridades locales en cuanto a los servicios de agua potable y saneamiento, no siempre están claros los roles que les corresponde desempeñar, ni cómo involucrarse en las situaciones donde los servicios son entregados por terceros. Tener la responsabilidad sobre estos servicios, les permite a las autoridades locales usarlos como herramientas para promover la salud, el desarrollo y realizar un ordenamiento territorial racional.

Por otra parte, los municipios recientemente están siendo los protagonistas y responsables de la gestión del riesgo. Se espera que ésta vaya más allá de la simple identificación de amenazas y zonas de riesgo, de manera que lentamente promueva el fortalecimiento de las capacidades técnicas de los distintos sectores a nivel local. Dichas capacidades deberán

Los servicios de agua y saneamiento no sólo deben ser vistos por las autoridades locales como una herramienta para captar votos durante períodos electorales. Lamentablemente, en dichas coyunturas con frecuencia se prometen o entregan estos servicios a poblaciones ubicadas en zonas de riesgo, con lo cual automáticamente se están "legalizando" los asentamientos humanos localizados en zonas de riesgo. El desafío está en usar estos y otros servicios como herramientas para la planificación urbana y la gestión del riesgo.

formarse desde el interior de cada sector, y las autoridades locales deberán ser facilitadoras y promotoras de dichos procesos, para pasar de una visión holística del problema a la búsqueda de propuestas técnicas.

Mientras se logra un enfoque integral de la gestión del riesgo a nivel local, las autoridades deben reconocer que se pueden conseguir avances sectoriales independientes en las tareas de reducción de la vulnerabilidad de las comunidades y su infraestructura, para obtener la sinergia deseada.

Tomando en cuenta la importancia de la infraestructura de agua potable en la atención y recuperación de las situaciones de desastres, las autoridades locales deberían considerar a este sector en todas sus iniciativas e impulsarlo para que por sí mismo atienda sus necesidades para reducir la vulnerabilidad de su infraestructura, y así asegurar el suministro de

agua a la población, de modo que se tenga el respaldo y la tranquilidad de las autoridades al momento del desastre.

El problema

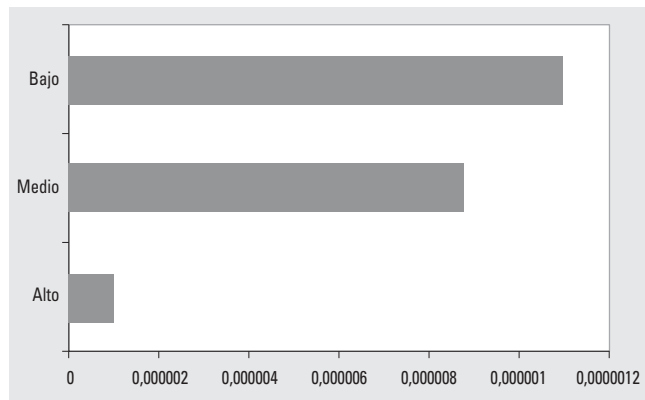
Uno de los retos más grandes para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe es lograr reducir el riesgo de desastres y sus impactos. Los problemas fundamentales que enfrenta el desarrollo en la región son los mismos factores que contribuyen a la vulnerabilidad ante las catástrofes naturales, lo cual queda demostrado con la evidencia de que los países en desarrollo (y por ende con menores niveles de ingreso y bajos índices de desarrollo humano) son los más afectados con la ocurrencia de desastres naturales (véase el gráfico 6.2).

La debilidad de las instituciones nacionales, el acrecentamiento y la agudeza de la pobreza, los cambios ambientales globales, el incremento de la población, el rápido y desorganizado crecimiento urbano, y la deforestación y desertificación han contribuido en los últimos años al aumento de la ocurrencia de desastres naturales y a la gravedad de los mismos (ADRC, 2002).

Impacto de no contar con servicios de agua y saneamiento

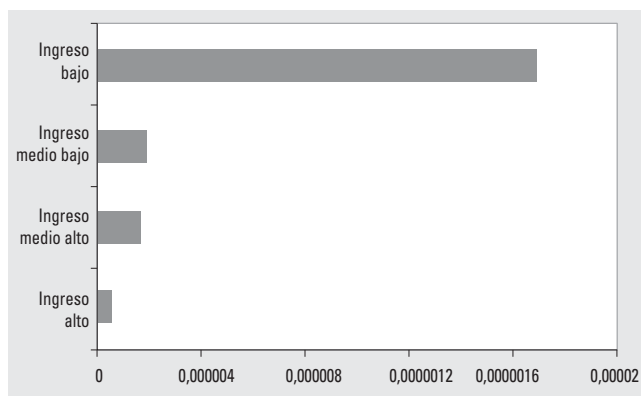
Los sistemas de agua potable y saneamiento, si bien no siempre representan proporcionalmente la infraestructura

Gráfico 6.2. Relación entre número de víctimas fatales y población, según el índice de desarrollo humano (2002)



Fuente: ADRC, Japón, CRED-EMDAT, Universidad Católica de Lovaina, Bruselas, Bélgica y UNDP, 2002.

Gráfico 6.3. Relación entre número de víctimas fatales y población, según el nivel de ingreso (2002)



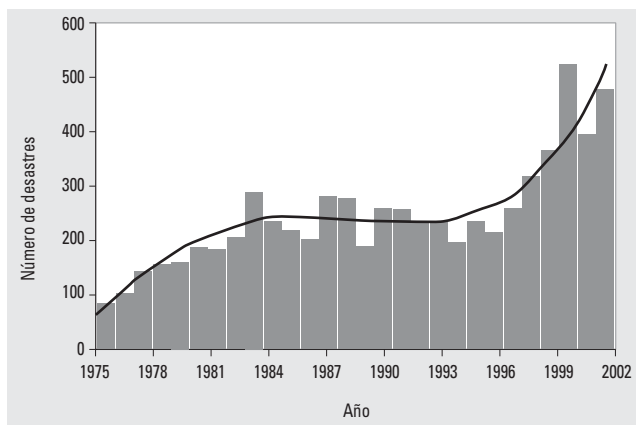
Fuente: ADRC, Japón, CRED-EMDAT, Universidad Católica de Lovaina, Bruselas, Bélgica y UNDP, 2002.

más afectada después de un desastre, siempre resultan dañados. Su daño tiene efectos colaterales de magnitudes catastróficas e insospechadas en la salud de la población, así como un impacto negativo en los procesos productivos y actividades económicas que dependen de la continuidad de estos servicios básicos. El impacto en la infraestructura física de los sistemas y las pérdidas económicas que experimentan las empresas de agua, sólo vienen a empeorar la ya crítica situación financiera de las mismas.

Algunos de los impactos directos debidos al daño o suspensión de los servicios de agua y saneamiento durante situaciones de desastre presentan varias particularidades, que deben ser tenidas en cuenta:

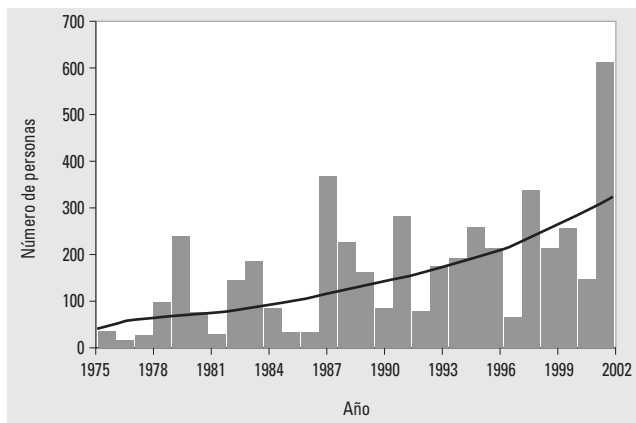
- La disponibilidad de agua potable en cantidades adecuadas es indispensable para la atención misma del desastre, como acciones de limpieza, control de incendios, atención médica, etc.
- La continuidad o retorno a la normalidad de las actividades productivas depende en gran medida del restablecimiento de los servicios e infraestructura básica de las comunidades.
- Los daños en estos sistemas, que se traducen en la suspensión o deterioro de los servicios (calidad, cantidad o continuidad), en general afectan también a comunidades/poblaciones que no fueron directamente impactadas por el desastre, pero

Gráfico 6.4. Tendencia de los desastres ocurridos en el mundo (1975–2002)



Fuente: ADRC, Japón, CRED-EMDAT, Universidad Católica de Lovaina, Bruselas, Bélgica y UNDP, 2002.

Gráfico 6.5. Tendencia del número total de personas afectadas en el mundo (1975–2002)



Fuente: ADRC, Japón, CRED-EMDAT, Universidad Católica de Lovaina, Bruselas, Bélgica y UNDP, 2002.