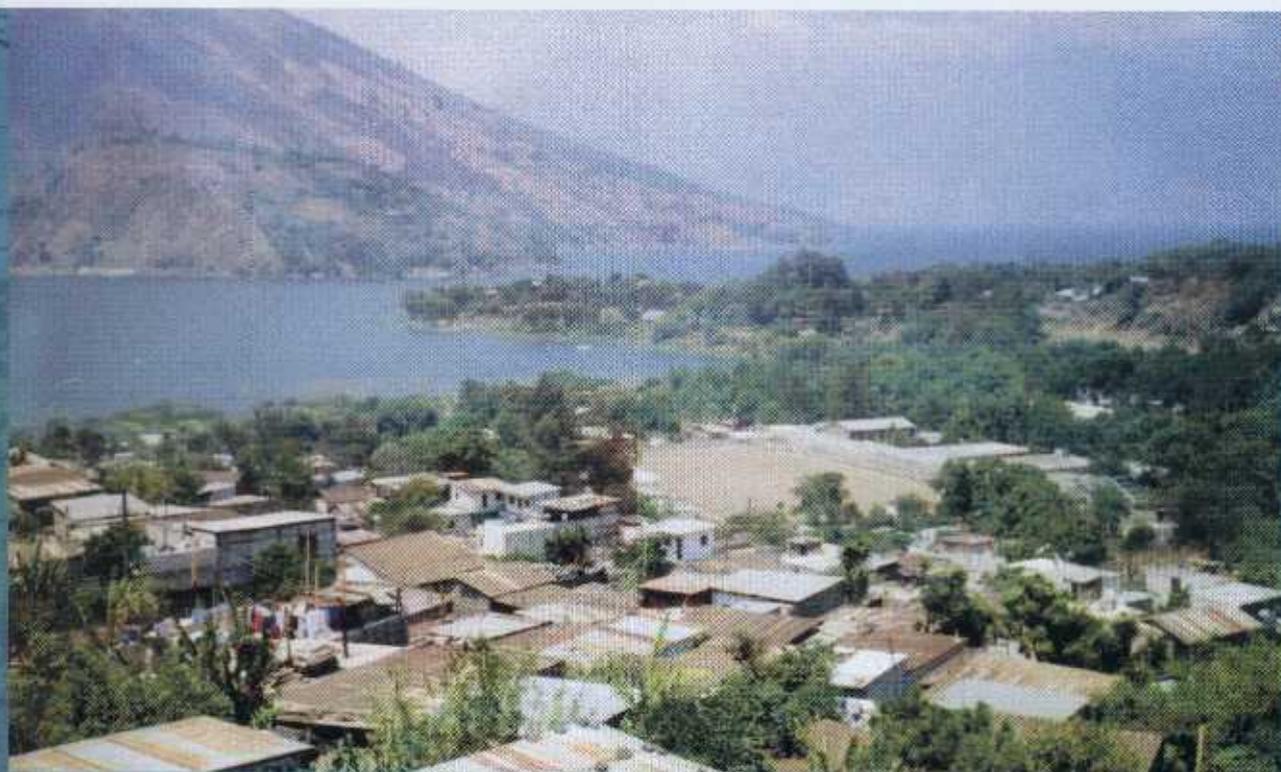


14899

# MANUAL PARA LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS ASOCIADOS A DIVERSAS AMENAZAS



DR. JUAN CARLOS VILLAGRÁN DE LEÓN



**Manual para la estimación cuantitativa  
de riesgos asociados a diversas amenazas**

# **Manual para la estimación cuantitativa de riesgos asociados a diversas amenazas**

© Acción contra el Hambre es una organización de ayuda humanitaria de ámbito internacional, apolítica y aconfesional, que interviene en 40 países de los cinco continentes. Desde 1997 está presente en Centroamérica llevando a cabo proyectos de seguridad alimentaria, agua, saneamiento, nutrición, salud y gestión de riesgos.

Oficinas de Acción contra el Hambre en Guatemala

20 calle A 32-90 zona 7 Bosques de Linda Villa

Ciudad de Guatemala

Tel / Fax: (502) 439 41 17

<http://www.accioncontraelhambre.org>



La Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) fue fundada en 1992 para proporcionar ayuda rápida y eficaz a las víctimas de crisis humanitarias fuera de la Unión Europea. Aunque la mayoría de sus intervenciones implican salvar y preservar la vida durante las catástrofes e inmediatamente después, la preparación ante desastres es una preocupación principal. ECHO estableció su programa de preparación ante desastres (DPECHO) en 1996 para ayudar a las comunidades vulnerables a prepararse contra los riesgos naturales.

ECHO-Oficina de Ayuda Humanitaria

de la Comisión Europea

B-1049 Bruselas, Bélgica

Tel.: (+32 2) 295 44 00 Fax (+32 2) 295 45 72

<http://europa.eu.int/comm/echo>



VILLATEK es una empresa de consultoría que se dedica a promover la gestión para la reducción de riesgos respecto a desastres naturales como eje transversal en el fomento del desarrollo sostenible. En tal sentido, enfoca sus esfuerzos en la identificación de riesgos para concretar medidas que tiendan a reducirlos. Como ejemplo, la empresa ha implementado diversos sistemas de alerta temprana en el área centroamericana. De manera similar, apoya a instituciones públicas, así como a Organizaciones No Gubernamentales en diferentes proyectos asociados con la reducción de desastres en la región.

VILLATEK S.A.

15 Avenida "A" 20-01 zona 13

Ciudad de Guatemala

Tel./Fax: (502) 360-3495

<http://www.villatek.com.gt>



La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados, tiene como propósito, prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres.

CONRED es la entidad técnica científica encargada de coordinar esfuerzos para prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de los desastres. La principal función de CONRED es establecer mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en el ámbito nacional.

Entre los objetivos según la ley de creación de CONRED están:

- Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en todo el territorio nacional;
- Organizar, capacitar y supervisar a nivel nacional, regional, departamental, municipal y local a las comunidades, para establecer una cultura de reducción de desastres, con acciones claras antes, durante y después de su ocurrencia, a través de la implementación de programas de organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios;
- Implementar en las instituciones públicas su organización, políticas y acciones para mejorar la capacidad de su coordinación interinstitucional en las áreas afines a la reducción de desastres de su conocimiento y competencia e instar a las privadas a perseguir idénticos fines;
- Elaborar planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el territorio nacional;
- Elaborar planes y estrategias en forma coordinada con las instituciones responsables para garantizar el restablecimiento y la calidad de los servicios públicos y líneas vitales en casos de desastres;
- Impulsar y coadyuvar al desarrollo de los estudios multidisciplinarios, científicos, técnicos y operativos sobre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la reducción de los efectos de los desastres, con la participación de las universidades, instituciones y personas de reconocido prestigio;
- La Junta Ejecutiva podrá declarar de Alto Riesgo cualquier región o sector del país con base en estudios y evaluación científica y técnica de vulnerabilidad y riesgo para el bienestar de vida individual o colectiva. No podrá desarrollarse ni apoyarse ningún tipo de proyecto público ni privado en el sector, hasta que la declaratoria sea emitida con base en dictámenes técnicos y científicos de que la amenaza u ocurrencia ha desaparecido.



El contenido de la presente publicación es responsabilidad del autor y no compromete a la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) y a CONRED.

# Índice

Presentación	7
Introducción	9
1. Los riesgos y el modelo conceptual propuesto	13
2. Los riesgos y sus componentes	16
2.1 Las amenazas	16
2.2 Indicadores de vulnerabilidad	19
2.3 Deficiencias en las medidas de preparación	22
2.4 Factores que propician la generación de riesgos	22
2.5 Integrando amenazas e indicadores de vulnerabilidad para estimar indicadores de riesgo	24
2.6 Medición del riesgo	24
2.7 Cómo comparar el nivel de riesgo de distintas poblaciones: la normalización del riesgo	28
3. Riesgos asociados con diversas amenazas	31
3.1 Información en torno a vulnerabilidades	31
3.1.1 Indicador de vulnerabilidad estructural	32
3.1.2 Indicador de vulnerabilidad habitacional demográfica	32
3.2 Riesgos asociados con sismos	33
3.2.1 La amenaza sísmica	33
3.2.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados a sismos	36
3.2.3 Indicadores de vulnerabilidad habitacional	39
3.3 Inundaciones	41
3.3.1 La amenaza asociada con inundaciones	42
3.3.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con inundaciones	42
3.4 Sequía	43
3.4.1 La amenaza por sequía	43
3.4.2 La vulnerabilidad asociada con la sequía	44
3.5 Deslizamientos	44
3.5.1 Amenaza asociada a deslizamientos	44
3.5.2 Indicadores de vulnerabilidad asociados a deslizamientos	45
3.6 Caída de ceniza en caso de erupciones	46
3.6.1 Amenaza	46
3.6.2 Indicadores de vulnerabilidad estructural asociados con caída de ceniza en caso de erupciones	47
3.7 Fuertes vientos	48
3.7.1 La amenaza asociada con los fuertes vientos	48
3.7.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con fuertes vientos	48

4. Ejemplos de evaluación de riesgos asociados con diversas amenazas	51
4.1 Sismos en Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula	51
4.1.1 Vulnerabilidad estructural con respecto a sismos	51
4.1.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a sismos	52
4.1.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a sismos	54
4.1.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a sismos	54
4.2 Deslizamientos en Camotán y San Juan Ermita	55
4.2.1 Vulnerabilidad estructural respecto a deslizamientos	55
4.2.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a deslizamientos	56
4.2.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a deslizamientos	58
4.2.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a deslizamientos	58
4.3 Riesgo por sequía	59
4.3.1 Amenaza por sequía	59
4.3.2 Vulnerabilidad social habitacional	59
4.3.3 Cuantificación del riesgo de tipo social	60
4.3.4 Cuantificación del riesgo normalizado de tipo social	60
4.4 Amenaza por fuertes vientos	61
4.4.1 Vulnerabilidad estructural respecto a fuertes vientos	61
4.4.2 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a fuertes vientos	61
4.5 Estimación de riesgos por inundación en Escuintla	62
4.6 Estimación de riesgo por erupción en Sacatepéquez	65
5. Conclusiones	67
Bibliografía	69

# Presentación

El presente documento se enmarca en el proyecto “Gestión Local de Desastres”, que Acción contra el Hambre implementó en Guatemala entre 2003 y 2004, financiado por la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO). Dicho proyecto ha tenido como principales destinatarios los 90,000 habitantes de los municipios de Camotán, San Juan Ermita y Jocotán, integrantes de la llamada región ch’orti’ del oriente guatemalteco, así como sus diferentes instituciones; Municipalidades, Consejos Comunitarios de Desarrollo, centros de salud, servicios de emergencia, escuelas, supervisiones de educación, etcétera.

Con el propósito de compartir la experiencia acumulada en dicho proyecto, se ha elaborado este manual, en el que se presenta una herramienta para conocer mejor los procesos generadores de riesgos. Su lectura será, por tanto, de especial utilidad a gestores y técnicos municipales, así como a todos aquellos profesionales que deben priorizar inversiones, ordenar el territorio o, en suma, planificar actuaciones de desarrollo que permitan reducir vulnerabilidades y mitigar riesgos.

El autor, Juan Carlos Villagrán, doctor en física y profesional de dilatada experiencia en gestión de riesgos, tras un breve repaso del marco conceptual empleado, nos presenta una metodología sencilla para determinar niveles de riesgo en cualquier tipo de asentamiento humano, de acuerdo con el tipo de amenaza a la que éste se expone y a sus propias debilidades en el ámbito estructural, funcional o socioeconómico. Por último, se presentan ejemplos concretos de evaluaciones de riesgo llevadas a cabo para los municipios de Camotán y San Juan Ermita en el departamento de Chiquimula, así como estimaciones de riesgo por inundación en Escuintla y por erupción volcánica en Sacatepéquez.

Ésta es también una buena oportunidad para recordar que aunque las condiciones geológicas y climáticas de Centroamérica predisponen la región a fenómenos naturales extremos, el factor que más contribuye al desencadenamiento de desastres es la alta vulnerabilidad en la que vive la mayoría de la población centroamericana. En el caso de Guatemala, los índices actuales de pobreza total y pobreza extrema en el área urbana son de 28% y 5% respectivamente, y en el área rural la situación se agrava con un 72% de la población en pobreza y un 31% en pobreza extrema.<sup>1</sup> Esta realidad socioeconómica, al igual que se traduce en elevados porcentajes de desnutrición, analfabetismo, mortalidad y morbilidad infantil, también tiene su equivalente en el alto número de damnificados que acompaña a episodios naturales. Será, por tanto, el conjunto de actuaciones que se acometan para disminuir de forma sostenible la pobreza, nuestro mejor aliado para prevenir desastres y reducir así los daños que estos producen.

---

<sup>1</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe de Desarrollo Humano 2000*. Guatemala: PNUD, noviembre de 2002.

# Introducción

Los recientes desastres que han ocurrido en Guatemala y en el resto del mundo han puesto de manifiesto que muchas sociedades están utilizando procesos de desarrollo que subestiman la capacidad destructiva de fenómenos naturales de diversa índole, tales como los terremotos, los huracanes o los deslizamientos. El cuadro 1 muestra datos sobre algunos de los eventos más destructivos de América Latina y sus impactos.<sup>2</sup> Los datos reportados en el mismo son indicativos de que buena parte de la población en estos países no está adecuadamente adaptada y preparada para la presencia de un evento de tal magnitud.



Por ejemplo, en los terremotos de 1917/18 y de 1976 en Guatemala, así como en los de 2001 en El Salvador se constató claramente como colapsaron miles de viviendas de adobe con techo de teja, indicando su vulnerabilidad ante tales sismos. De manera similar, los frecuentes desbordamientos de ríos en las planicies costeras provocan inundaciones en comunidades y zonas agrícolas, forzando la evacuación masiva de familias hacia refugios y provocando pérdidas millonarias en el sector agrícola, algo que es indicativo de que dichas comunidades han sido edificadas en sitios no adecuados dada su propensión a ser inundadas por tales desbordamientos.

**Cuadro 1**  
**Impacto de los desastres naturales**  
**en América Latina y el Caribe**

Año	País	Tipo de evento	Muertes	Daños estimados (US\$ millones) 1972
1972	Nicaragua	Terremoto	6,000	2.968
1976	Guatemala	Terremoto	23,000	2.147
1985	México	Terremoto	8,000	6.216
1998	América Central	Huracán Mitch	9,214	6.008
1998	República Dominicana	Huracán Georges	235	2.193
1999	Colombia	Terremoto	1,185	1.580
1999	Venezuela	Deslizamientos, inundaciones	25,000	3.267
2001	El Salvador	Terremotos	967	1.604

<sup>2</sup> Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). *El desafío de los desastres naturales en América Latina*. Plan de acción del BID, 2000; y Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) *Memoria, lecciones aprendidas de los terremotos de 2001 en El Salvador*. El Salvador: OPS/OMS, 2001.

Estos hechos nos llevan a considerar que el desarrollo cotidiano en múltiples comunidades no ha tomado en cuenta los diversos fenómenos naturales que se manifiestan en Guatemala, así como la escasa memoria colectiva de nuestras sociedades, que no suele extenderse más allá de unas pocas décadas. Un análisis más técnico de los desastres históricos nos permite concluir lo siguiente:



1. En numerosas zonas de Guatemala se manifiestan diversos tipos de fenómenos, cuyas intensidades varían desde leves hasta catastróficas.
2. La población de Guatemala ha basado su desarrollo social en modelos que son vulnerables a tales fenómenos.
3. La población de Guatemala no está adecuadamente preparada para responder ante la ocurrencia de fenómenos de intensidades catastróficas.

Tomando como base estos argumentos, se concluye que los desastres deben ser entendidos como eventos sociales desencadenados por fenómenos naturales, sicionaturales o antrópicos, y se manifiestan mediante la destrucción de infraestructura, el entorpecimiento de procesos de índoles variadas, así como la afectación severa de las líneas vitales, servicios y actividades que realiza la sociedad. Asumiendo que los fenómenos naturales o los antrópicos son los desencadenantes de los desastres, se puede hablar de tres intervalos temporales:



El **antes** del desastre, que abarca todo el periodo de tiempo que antecede al desastre y que culmina cuando se empieza a manifestar el evento natural desencadenante.

El **durante**, que abarca el intervalo de tiempo en el cual transcurre el evento.

El **después**, que abarca el intervalo de tiempo que sucede al evento.

El **durante** es aquel intervalo de tiempo en el cual se presenta el fenómeno desencadenante; el **antes** abarca los momentos, días, meses y años que anteceden al fenómeno, y el **después** representa el intervalo de tiempo que sigue una vez acontecido el evento causante de los daños.

Una vez comprendido este marco temporal de los desastres, es fácil concluir que para que exista un desastre debe haber un fenómeno desencadenante, por ejemplo, una erupción volcánica, pero también viviendas, líneas vitales y procesos que se construyeron antes de la erupción, los cuales son afectados de manera drástica durante el evento. Esta discusión nos lleva a pensar en dos aspectos:

- **¿Cómo se diferencia conceptualmente aquellos casos en los cuales los fenómenos son de pequeña magnitud y causan daños leves o muy leves, de aquellos otros eventos que son de tal magnitud que ocasionan enormes y muy severos daños?**
- **¿Cómo se puede definir un modelo conceptual que ayude a comprender y modelar por qué ocurren los desastres?**

El análisis de la primera pregunta brinda como resultado un modelo conceptual que presenta dos escenarios: el de emergencias y el de desastres. Asociamos un evento de pequeña intensidad con una emergencia, que puede ser atendida con recursos propios sin tener que recurrir a un nivel superior o externo para cubrirla, y asociamos un desastre con aquellos eventos que provocan cuantiosos daños, más allá de los que pueden ser atendidos con los recursos locales, lo que implica la necesidad de solicitar asistencia a un nivel superior o externo para atenderlos.

En este sentido, la diferencia entre una emergencia y un desastre radica en dos factores que están ligados: la magnitud del fenómeno desencadenante y la propensión de la infraestructura, procesos, líneas vitales y actividades a ser afectadas por el fenómeno. Por ejemplo, un sismo puede ser tan leve que casi no se siente o tan sólo hace que se caigan objetos al suelo, lo que se puede resolver sin recurrir a ningún agente externo. En contraste, un terremoto es un sismo de magnitud tan severa que derrumba viviendas, destruye líneas vitales como puentes, carreteras o tuberías de agua, e interrumpe múltiples tipos de procesos y servicios, lo que amerita asistencia externa para resolver estos problemas. ¡Eso es un desastre!

Acá es importante entender y dimensionar claramente la relación que existe entre la magnitud del fenómeno y la fragilidad de viviendas, de la infraestructura, y de los procesos con relación a dichos fenómenos. La figura muestra de manera gráfica estos conceptos.

Aunque este modelo conceptual ayuda a entender y dimensionar el impacto que causa un fenómeno, no explica cuáles son

## ¿Cómo diferenciamos una emergencia de un desastre?



las condiciones que generan un desastre y aquellas otras que conducen solamente hacia una emergencia. Este razonamiento nos lleva a formular una respuesta a la segunda pregunta que se planteó anteriormente, y de esta forma proponer, en la siguiente sección, un modelo conceptual que explique el por qué de los desastres.

# 1. Los riesgos y el modelo conceptual propuesto

Reconociendo que un desastre o una emergencia son desencadenados por un fenómeno natural, socionatural o antrópico, se plantea como premisa la necesidad de comprender el desastre como un evento de carácter social, al poner de manifiesto cómo ese entorno social ha sido afectado drásticamente. Por lo tanto, se puede concluir que para que suceda un desastre se requieren tres factores:

- La presencia de un fenómeno natural o antrópico desencadenante.
- La existencia de infraestructuras, líneas vitales, procesos, servicios, etcétera, construidos o establecidos de cierta manera que los hace muy propensos a ser afectados por el fenómeno desencadenante.
- La incapacidad de la población y sus instituciones a reaccionar de manera eficiente, eficaz y coordinada para responder si se manifiesta el fenómeno.

## Ejemplo: inundaciones en San Sebastián, Retalhuleu

En el año 1997, la ciudad de San Sebastián experimentó inundaciones que provocaron la destrucción de varias viviendas, así como segmentos de la carretera que conduce hacia su centro urbano.

El río Ixpatz, que atraviesa toda la ciudad de norte a sur, se desbordó a causa de fuertes precipitaciones, pero también porque durante varias décadas el cauce fue reducido por la construcción de viviendas en sus riberas y porque la gente lo tomó como basurero para muchos tipos de objetos. El episodio se repitió en el año 2000.



Cuando se combinan estos tres factores se habla entonces de riesgos. De esta manera, los riesgos se conciben como el conjunto de factores que hacen proclive a una sociedad de ser afectada de manera severa por un fenómeno. Conceptualmente se pueden definir los riesgos con base a tres componentes: *amenazas*, *vulnerabilidades* y *deficiencias en las medidas de preparación*. Gráficamente es posible representar el riesgo como el área dentro de un triángulo que tiene como lados las amenazas, las vulnerabilidades y las deficiencias en las medidas de preparación. Si un lado aumenta, entonces aumenta el área y, por lo tanto, el riesgo.

Las amenazas representan la posibilidad de que se manifieste un fenómeno natural, socionatural o antrópico capaz de ocasionar daños severos. En este sentido, las amenazas son factores externos al entorno social.



Las vulnerabilidades representan la propensión del tejido social (infraestructura, líneas vitales, procesos, etcétera) a ser afectados por el fenómeno natural, socionatural o social. La vulnerabilidad se considera como un factor interno o intrínseco del entorno social.

Las deficiencias en las medidas de preparación representan aquellas condicionantes que impiden a la población y a sus instituciones responder eficazmente para minimizar la pérdida de vidas humanas, la destrucción o el deterioro del tejido social, así como la incapacidad de contar con recursos suficientes y en un intervalo de tiempo corto, para reemplazar o reparar aquellos aspectos que han sido dañados por el fenómeno.

Matemáticamente, los riesgos se representan mediante la ecuación:

$$\text{Indicador de riesgo} = \text{amenaza} \times \text{indicador de vulnerabilidad} \times \text{deficiencias en las medidas de preparación}$$

Para completar el modelo conceptual, se debe reconocer que las sociedades son entes dinámicos, que evolucionan en el tiempo y en el espacio. En el contexto de los riesgos esto implica que los mismos se generan o construyen a lo largo del tiempo y que hay factores que propician o permiten que se generen tales riesgos. Por ejemplo, entre estos factores se mencionan el crecimiento poblacional, las migraciones desorganizadas de zonas rurales a zonas urbanas, la pobreza, la falta de experiencia, entre otros. Gráficamente se puede representar a los riesgos y a los factores generadores de riesgos de la siguiente manera:



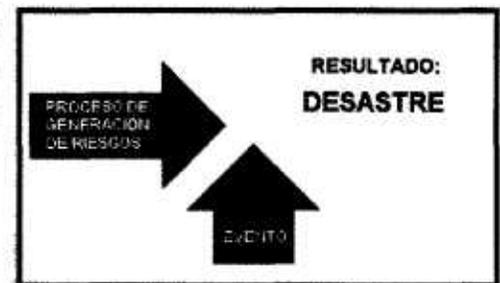
En esta última gráfica, las flechas del círculo representan aquellos factores que propician el aumento de las vulnerabilidades, de las deficiencias en las medidas de preparación, o que incrementen algunos tipos de amenazas como las socionaturales y las antrópicas.

Regresando al caso de las erupciones volcánicas, el modelo integral se concibe de la siguiente manera: los riesgos se generan en la medida en la que un segmento de la población de un país crea comunidades en las faldas del volcán, el cual es activo. Conforme evolucionan las comunidades, aumenta el número de viviendas, el número de personas y, por ende, se requiere cada vez de una mayor cantidad de líneas vitales como carreteras, drenajes, fuentes de agua potable, centros de salud, servicios, etcétera. Entre los factores que generan los riesgos, el principal es la capacidad que tiene la población para asentarse en esta zona de amenaza. De igual manera, la carencia de normas de construcción permiten a la población edificar por su cuenta y de forma no necesariamente adecuada con respecto a la actividad volcánica. A lo largo de muchos años, los riesgos van creciendo y, cuando finalmente el volcán hace erupción, se genera el desastre.

A diferencia de las sociedades norteamericanas o europeas, donde existen estrictas normas sobre dónde y cómo se puede construir, en América Latina prácticamente éstas no existen, lo que se suma a un crecimiento poblacional vertiginoso, dificultando aún más los procesos de ordenamiento territorial. Como resultado, los riesgos crecen drásticamente cada década, y con ellos las posibles pérdidas materiales y humanas, una vez que las amenazas se tornan en eventos reales como los terremotos, el huracán Mitch y los deslizamientos.

En tal sentido, desde la dinámica de procesos se debe concebir que en la actualidad las sociedades en Guatemala y en América Latina están en un proceso permanente de generación de riesgos, que puede culminar en un resultado que llamamos desastre al ser desencadenado por un evento natural o siconatural.

**¿Cómo serían nuestras ciudades si se construyera donde y como se debe?**



*Un claro ejemplo de situaciones generadoras de riesgo son los asentamientos humanos existentes en los barrancos de los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Chinnautla, ya que a la gran precariedad de las viviendas se une la alta pendiente del terreno, haciéndolas muy propensas a deslizamientos, que a su vez pueden desencadenarse por fuertes lluvias o sismos.*



## 2. Los riesgos y sus componentes

Como se indicó en el capítulo anterior, los riesgos se componen de varios factores: las amenazas naturales y socionaturales, las distintas vulnerabilidades, así como las deficiencias en las medidas de preparación para afrontar dichos desastres.<sup>3</sup> Reconociendo éstos como los componentes integrales de los riesgos, se debe proceder de igual manera a identificar y dimensionar aquellos factores que propician la generación de tales riesgos, en particular la pobreza, la falta de experiencia por parte de la población y sus autoridades, las migraciones, las deficiencias o limitaciones institucionales, la falta de normas de ordenamiento territorial, códigos de construcción, de voluntad política, e incluso la cultura social reinante. En las siguientes secciones se presenta información respecto a la descripción conceptual de estos términos.



Varias zonas de la ciudad de Tegucigalpa fueron destruidas totalmente durante el huracán Mitch en 1998. Foto: cortesía de la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO).

### 2.1 Las amenazas

Como se ha indicado, las amenazas representan la posibilidad de que se manifiesten fenómenos naturales capaces de provocar desastres. En tal sentido, la caracterización de amenazas debe indicar la región geográfica donde se pueden manifestar los fenómenos, la magnitud o intensidad esperadas y, de ser posible, información sobre el comportamiento del fenómeno en el tiempo. Para caracterizar la amenaza es necesario conocer a fondo los fenómenos naturales en cuestión. Este conocimiento se integra a partir de estudios técnico-científicos que se desarrollan en centros de investigación de instituciones y de universidades, y mediante el monitoreo constante de los fenómenos en cuestión. De esta manera se elaboran modelos que permiten caracterizar la amenaza, tanto en el ámbito geográfico como en el del tiempo.

Por ejemplo, para realizar un mapa de amenaza para inundaciones es necesario evaluar cómo son las precipitaciones a lo largo de toda la cuenca, cómo es el relieve topográfico, modelar los caudales y la relación de lluvia a caudal, y analizar el comportamiento de infiltración del agua en los suelos de las diferentes zonas de la cuenca. Para esto se hace necesario medir la lluvia en diversos sitios de las cuencas, medir los caudales de los ríos y sus afluentes, realizar estudios

<sup>3</sup> Este modelo para caracterizar el riesgo ha sido planteado por el autor

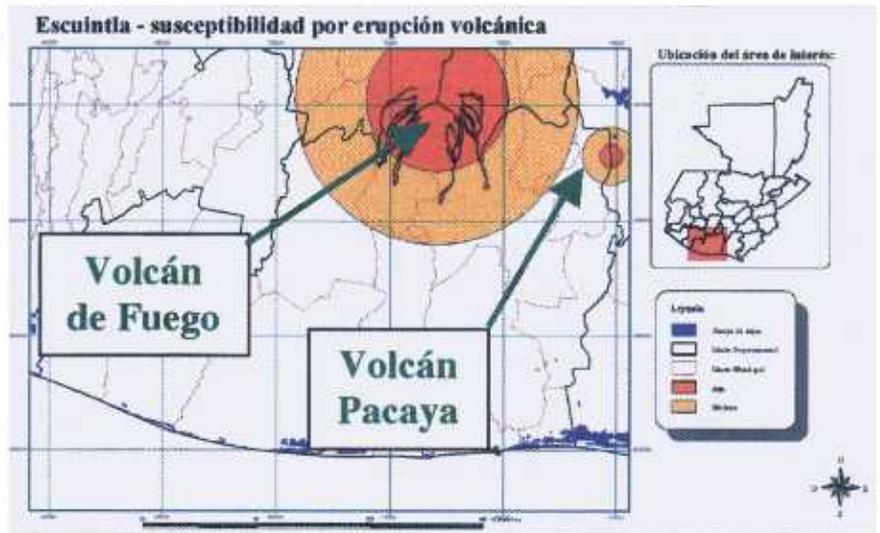
topográficos en las planicies de inundación, análisis hidrogeológicos en diversos sitios de la cuenca, y con todo ello elaborar modelos hidrológicos que permitan indicar que zonas son propensas a inundarse cuando se manifiestan fuertes lluvias en las cuencas. Con esta información se puede entonces elaborar el mapa de amenaza, que no es más que una representación de las zonas inundables según el tipo de eventos que se manifiestan y el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Una de las mejores formas para representar una amenaza es mediante el empleo de mapas. En este sentido se sobrepone a un mapa territorial una capa que contenga la caracterización de la amenaza en cuestión.

El siguiente mapa muestra la susceptibilidad asociada a la caída de ceniza para los volcanes Fuego y Pacaya en el departamento de Escuintla. En algunas circunstancias no se conocen con precisión todos los factores que se requieren para evaluar la amenaza. En estos casos se puede emplear el término "susceptibilidad", que implica el conocimiento de algunos de estos factores.

Para realizar estudios que tengan como meta la elaboración de mapas e informes sobre amenazas se pueden utilizar dos métodos:

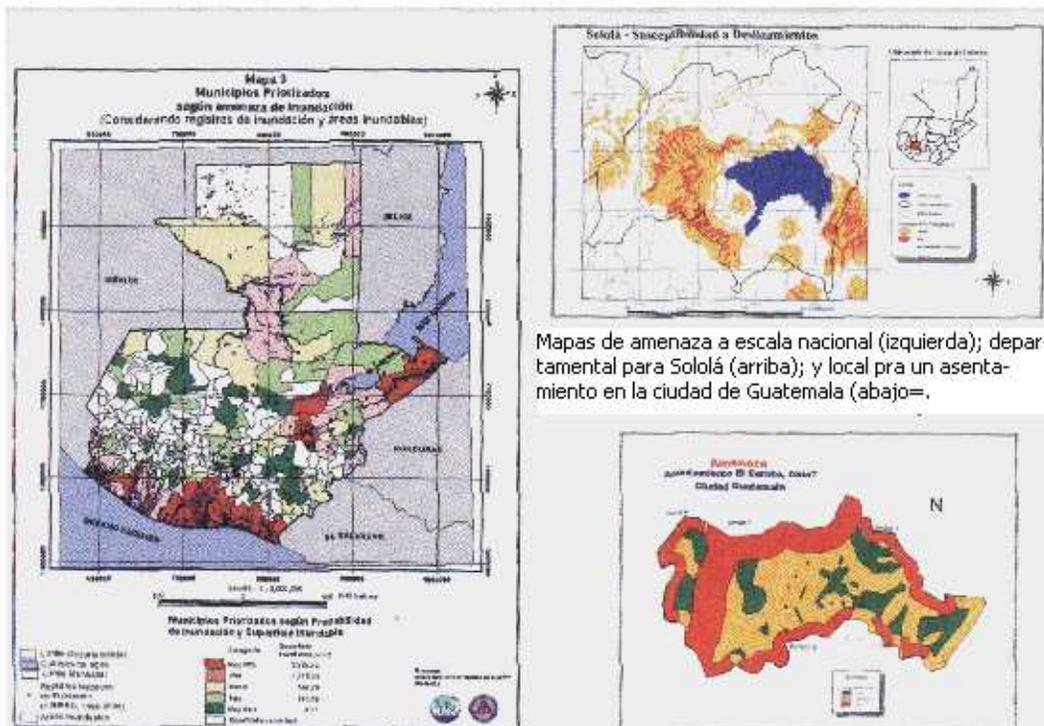
**Escuintla - susceptibilidad por erupción volcánica**



Determinísticos	Probabilísticos
<p>Se basan en modelos técnico-científicos que consideran normalmente un origen para los eventos en cuestión, distancias desde donde se manifiestan dichos eventos hasta donde se desea caracterizar la amenaza, así como factores particulares respecto a la amenaza estudiada. Por ejemplo, para el caso de deslizamientos se puede elaborar un mapa de amenaza combinando factores particulares tales como la geología local, la cobertura boscosa y la inclinación del terreno. En el caso de las inundaciones, la existencia de bordas y la topografía local. Para las erupciones se toma en cuenta la topografía y la orientación general de los vientos. En estos casos, se elaboran modelos matemáticos que consideran los aspectos generales de la dinámica de los fenómenos y los aspectos particulares de la región geográfica para la deducción de modelos de amenaza que se pueden representar mediante un mapa.</p>	<p>Se basan en el estudio estadístico de catálogos de eventos históricos con la meta de generar tablas de eventos con periodos de retorno particulares. Dichos eventos se fundamentan en catálogos que se generan a lo largo de muchos años y sirven de base cuando no se cuenta con estudios detallados ni modelos matemáticos para realizar estudios determinísticos. Por lo general, dichos catálogos se generan mediante la implementación de instrumentación para el monitoreo de fenómenos naturales de diversa índole.</p>

Históricamente, en Guatemala ha sido responsabilidad del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) el monitoreo de los fenómenos naturales mediante las redes de seguimiento que ha desplegado por todo el país. Además, se dispone de trabajos llevados a cabo por entidades estadounidenses de carácter académico e institucional, tales como los mapas de amenaza para los volcanes Agua, Acatenango, Fuego y Pacaya por parte de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), y muy recientemente estudios de amenaza llevados a cabo por parte de varias instituciones encabezadas por el Programa de Emergencias por Desastres del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), para amenazas de tipo hidrometeorológico. En forma similar, sismólogos de varias naciones centroamericanas se han dado a la tarea de homogenizar catálogos sísmicos con miras a la generación de mapas de amenaza para tales fenómenos.

En muchos casos, la escasez de conocimiento en torno a las amenazas se debe a lo complejo de dichos fenómenos, así como a la escasa información con la cual se cuenta para caracterizarlas debidamente en Guatemala. Por ejemplo, se conoce que los deslizamientos pueden ser disparados por lluvias y por terremotos. De igual manera se tiene experiencia de que los deslizamientos se presentan en zonas de alta pendiente y en regiones geográficas con tipos de suelos específicos, sobre todo aquellas zonas deforestadas. Sin embargo, en la actualidad no se tienen datos con relación a la intensidad de lluvia necesaria para que se manifieste un deslizamiento, ni sobre cómo el grado de deforestación puede propiciar mayores deslizamientos y su probable envergadura geográfica. En este caso, como en otros, se debe fomentar una mayor investigación temática para conocer de mejor modo dichas amenazas y para caracterizarlas de forma más precisa, tanto en su contexto geográfico como en su contexto temporal.



Mapas de amenaza a escala nacional (izquierda); departamental para Sololá (arriba); y local para un asentamiento en la ciudad de Guatemala (abajo).

Además, también es necesario reconocer la escala a la cual se realizan los estudios de amenaza. En este sentido, para toda una nación se caracterizan las amenazas a una escala 1:250,000 o mayor, lo que sirve para identificar las amenazas en el contexto de los 22 departamentos del país. Empero, esta escala no es la adecuada para ver las amenazas en un contexto local. En este sentido, cuando se está trabajando a nivel de municipios, se requiere de una escala tipo 1:10,000 o aún más pequeña, que permita identificar las peculiaridades del terreno y de los diversos fenómenos a esta escala. Acá es necesario considerar que no sólo se trata de agrandar un mapa, sino de caracterizar todas las particularidades que se manifiestan a esta escala local. Sin embargo, se debe reconocer que esto es sumamente costoso dada la envergadura del trabajo a realizar. Por ejemplo, en los mapas a escala 1:250,000, las curvas de nivel se trazan solamente cada cien metros de altura, pero en los mapas a escala 1:50,000 las curvas se trazan cada 20 metros. Para determinar efectos de inundaciones, estas escalas no son adecuadas, ya que la precisión respecto a inundaciones debe ser del orden de un metro o incluso menos. Para caracterizar amenazas locales se requiere de mapas a escala 1:2,000 o más pequeñas todavía.

Otro aspecto importante a notar, radica en los factores locales que pueden modificar las amenazas en una región específica. Por ejemplo, los deslizamientos son prácticamente puntuales y cuando se presentan en los mapas a escala 1:50,000, sólo aparecen como puntos. En contraste, a escala 1:5,000 ya puede aparecer el contorno del deslizamiento, así como las características particulares que hacen propensa esa zona a deslizamientos, tales como una deforestación masiva, el nacimiento de agua o una zona de alta pendiente.

Se puede decir que la escala de trabajo está dictada por la precisión con la cual se requiere hacer el estudio y por el tipo de fenómeno en cuestión. Por lo general se cuenta con mapas a escala nacional para múltiples amenazas, pero no se tienen mapas de tales amenazas a nivel local para todos los municipios. De ahí que para caracterizar amenazas locales sean necesarios estudios técnico-científicos.

## 2.2 Indicadores de vulnerabilidad

Como se planteó con anterioridad, las vulnerabilidades reflejan cuán propensos son la infraestructura, los seres humanos y sus pertenencias, los procesos, los servicios, las actividades socio-económicas, la infraestructura social y productiva o el conjunto de las comunidades, a ser afectados por un fenómeno natural. Al igual que en el caso de las amenazas, las vulnerabilidades aún no se han evaluado en forma precisa en las diversas comunidades para su posterior reducción. El concepto de vulnerabilidad asociada con los desastres es tan novedoso que solamente se cuenta con muy pocas metodologías para su determinación y cuantificación. Por tal motivo, en este trabajo se presentan metodologías para la evaluación cuantitativa preliminar de algunos indicadores específicos de vulnerabilidades, usando como fuente de información datos censales generados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).



Cuando se analiza el riesgo en general y con base en sus componentes (amenazas, vulnerabilidades y deficiencias en las medidas de preparación), se concluye que algunas de las vulnerabilidades dependen o están asociadas con amenazas particulares. Por ejemplo, el huracán Mitch hizo notar cuán vulnerables son la agricultura y la ganadería a las inundaciones. En contraste, las mismas actividades agrícolas y ganaderas son poco vulnerables ante los sismos. Como un ejemplo adicional se puede mencionar la vulnerabilidad física-estructural de las viviendas para los casos de inundaciones y erupciones volcánicas. En el caso de inundaciones son los pisos y las paredes las que entran en contacto con el agua, y de ahí que la vulnerabilidad de las edificaciones se asocie con estos componentes de la vivienda. En contraste, durante la erupción, la ceniza que cae se puede depositar en los techos, de tal manera que para las erupciones los parámetros adecuados para la evaluación de la vulnerabilidad se asocien con el tipo de techo, su inclinación y la capacidad de las paredes para resistir el peso adicional de la ceniza depositada en el techo. Estos dos ejemplos demuestran que los diversos fenómenos naturales afectan de distinta manera a la infraestructura, a los seres humanos, sus pertenencias y los procesos que se llevan a cabo.

Según Gustavo Wilches-Chaux,<sup>4</sup> existen múltiples tipos de vulnerabilidades, entre las que se encuentran:

Natural	Está relacionada con la vulnerabilidad de los ecosistemas y se ve afectada por los procesos de desarrollo que están modificando el entorno natural.
Física	Se asocia con la infraestructura física construida por el hombre para diversos fines y su ubicación o localización en zonas de riesgo.
Económica	A nivel individual se le vincula con el desempleo, la inestabilidad laboral, la insuficiencia de ingresos y factores similares. A nivel nacional se refiere a la excesiva dependencia de las economías de factores externos prácticamente incontrolables desde el propio país.
Social	Se relaciona con el nivel de cohesión interna que posee una comunidad, con los liderazgos en las comunidades y la organización social interna de las sociedades.
Política	Está asociada con nivel de autonomía que posee una sociedad para la toma de decisiones que la afectan.
Técnica	Es la relativa a las técnicas constructivas que se usan a nivel de la comunidad y a las técnicas disponibles por una comunidad para su desarrollo.

<sup>4</sup> Wilches Chaux, Gustavo. "La vulnerabilidad global", en A. Maskrey, compilador, *Los desastres no son naturales*. Bogotá: La Red, 1993.

Ideológica	Se puede vincular con ideologías, en particular aquéllas que nos alejan de una mejor interacción con el ambiente que nos rodea.
Cultural	Se relaciona con la identidad cultural de una sociedad.
Educativa	Asociada a los procesos educativos.
Ecológica	Está relacionada con los cambios ecológicos que está propiciando la misma humanidad en sus esfuerzos por desarrollarse.
Institucional	Se le vincula con el conjunto de entidades institucionales que tienen como responsabilidad la reducción y atención de los desastres naturales.

Las vulnerabilidades se construyen a lo largo de muchos años y, en conjunto con las deficiencias en las medidas de preparación y las amenazas, conforman el entorno del riesgo en una sociedad. No obstante, no se conocen metodologías para evaluar cuantitativamente cada una de estas vulnerabilidades. Otros autores, tales como J. L. Gándara *et al.*<sup>5</sup> describen las siguientes vulnerabilidades:

Física	Se basa en el número de fenómenos naturales de tipo geofísico, hidrometeorológico y geodinámico que han ocurrido en un municipio en un periodo de tiempo determinado.
Social	Enfoca los aspectos de densidad de población, servicios en la vivienda, salud, educación e inversión del gobierno central.
Económica	Agrupar los siguientes factores: composición por sectores de la producción, precios de los principales productos, localización geográfica de los sectores productivos y distribución de ingresos por sector productivo.
Ambiental	Enfoca las zonas de vida (escala de Holdrige), capacidad de uso de suelo y cobertura forestal.
Institucional	Se asocia con las instituciones de protección civil y cuerpos de socorro.

Tomando como base la necesidad de contar con indicadores de vulnerabilidad que sean medibles, VILLATEK S. A. ha diseñado una metodología que tiene como meta identificar y cuantificar cuatro vulnerabilidades específicas a nivel familiar:

Estructural	Se basa en los componentes estructurales de las viviendas y los materiales de construcción empleados para la manufactura de dichos componentes.
Funcional	Enfoca los aspectos funcionales de las viviendas, tales como el sistema de agua potable, los drenajes, accesos a la vivienda, iluminación y formas de cocinar alimentos.

<sup>5</sup> Gándara, J. L. *et al.* *Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala*. Guatemala: ASEM/UNICEF/INROM/INEPAR, 2001.

Social	Enfoca los aspectos demográficos de la población que reside en la vivienda, haciendo énfasis en las poblaciones vulnerables (ancianos y niños pequeños).
Económica	Basada en la vulnerabilidad de los diversos tipos de ingresos económicos que posee una familia, notando en particular cómo se ven afectados por las diversas amenazas.

Además, contempla un indicador de vulnerabilidad que asocia con aquellos elementos que son propiamente comunitarios, el cual se describe a continuación:

Comunitarios	Se relaciona con los elementos típicamente comunitarios, tales como los centros de salud, escuelas, salones comunales, accesos a la comunidad, redes de distribución de agua potable y de drenajes, así como el estado general de las calles en la comunidad.
--------------	---

## 2.3 Deficiencias en las medidas de preparación

Como se ha mencionado, existen ciertas condiciones que impiden que una comunidad responda de manera eficiente y efectiva una vez que ocurre un fenómeno de tipo catastrófico. Por lo general se manifiestan en ausencias o deficiencias institucionales, tales como:

- Ausencia de una coordinadora de reducción de desastres o comité de emergencia.
- Ausencia de grupos organizados para la respuesta.
- Ausencia de cuerpos de socorro.
- Ausencia de sistemas de alerta temprana en caso de fenómenos naturales.
- Ausencia de planes de emergencia y sus respectivas simulaciones y simulacros.
- Debilidad institucional de la Coordinadora Nacional de Reducción de Desastres (CONRED).

Aunque las deficiencias en las medidas de preparación son parte integral de los riesgos, muchos autores no las incorporan explícitamente en los procedimientos para evaluar riesgos.

## 2.4 Factores que propician la generación de riesgos

Asimismo, como se mencionó en el capítulo anterior, existen factores que tienden a aumentar los diversos riesgos y vulnerabilidades. Entre estos factores que aumentan los riesgos y las vulnerabilidades están:

Pobreza	En este sentido, la pobreza impide a la población agenciarse de los recursos necesarios para construir viviendas de mejor calidad (menos vulnerables) en zonas de baja amenaza.
Carencia de ordenamiento territorial	La carencia de esquemas o normas de ordenamiento territorial propicia que la población se asiente en zonas de alta amenaza, en sitios tales como las riberas de los ríos o en zonas de alta pendiente con potencial de deslizamiento. Entre los ejemplos más destacados están los asentamientos de los barrancos del distrito metropolitano de Guatemala que abarca varios municipios.

Carencia de códigos de construcción	La carencia de códigos de construcción adaptados a las amenazas, así como su aplicación por parte de las autoridades municipales, es uno de los factores que también genera vulnerabilidades en la medida en la cual se permite construcciones sin ningún tipo de restricciones, así como modificaciones a viviendas que las pueden tornar más vulnerables.
Falta de experiencia en el tema	Otro factor que aumenta los riesgos es la falta de experiencia en el tema de desastres naturales. En este sentido, se ha observado que la población no está consciente de los problemas que pueden ocasionar los eventos naturales, porque no tiene idea de que donde se ha asentado puede ocurrir algún tipo de evento natural.
Migraciones	<p>La migración de población rural hacia los centros urbanos puede ser generadora de riesgos, en la medida en la cual la población que migra está dispuesta a arriesgar el vivir en forma temporal en zonas de alta amenaza bajo la expectativa que pronto su situación mejorará, de tal forma que en un futuro cercano migrarán a zonas de menor amenaza. Sin embargo, el ejemplo de los asentamientos parece contradecir esta conclusión, dado que los asentamientos continúan creciendo en dimensión y población y, en muchos casos, la misma población solicita la legalización de sus parcelas para asentarse en dichos sitios en forma permanente.</p> <p>Uno de los problemas más críticos que genera la sociedad guatemalteca en su búsqueda por mejorar su calidad de vida es el de la migración desde el interior del país hacia zonas o departamentos que ofrecen las mayores oportunidades. Entre los departamentos que están experimentando aumentos en sus poblaciones por efectos migratorios están Guatemala, Sacatepéquez y Petén.</p> <p>Tomando como base que la población que migra desde el interior busca soluciones temporales de vivienda, es típico que se generen asentamientos en zonas de alta amenaza, tales como los barrancos y las riberas de los ríos. Además, como ya ha sido planteado por múltiples autores, las viviendas se construyen con técnicas que inducen vulnerabilidades de varios tipos, lo que culmina en un proceso de generación de riesgos asociado con tales migraciones.</p>
Falta de voluntad política en el tema	Otro factor que aumenta los riesgos es la falta de voluntad política de autoridades a nivel municipal y nacional en torno a la implementación de políticas que tengan como meta la prevención de desastres naturales, aun después de la vivencia de eventos catastróficos como los terremotos y los huracanes. En la medida en que no se cuenta con una voluntad política de largo plazo será muy difícil abordar los temas críticos de ordenamiento territorial y códigos de construcción, así como de retroajuste de estructuras para hacerlas menos vulnerables.
Factores institucionales	Se asocia con los componentes típicamente institucionales a nivel municipal, y en especial en torno a normativas de ordenamiento territorial y códigos de construcción, así como a la falta de voluntad política para impedir que se construyan nuevos riesgos. En particular, la ausencia de normas de ordenamiento territorial aunadas a la falta de voluntad política para impedir que se generen asentamientos en zonas de alta amenaza sin ningún control. Por otra parte, la falta de códigos de construcción que propicia que se construya cualquier tipo de estructura sin normas de ningún tipo, lo que puede redundar en estructuras altamente vulnerables.

Al igual que en el caso de las amenazas, es necesario reconocer que existen distintos niveles de evaluación de las vulnerabilidades. Para el conjunto de una nación las evaluaciones tienen como meta identificar el grado de vulnerabilidad que se manifiesta en los distintos departamentos; a nivel municipal, las evaluaciones deben indicar el grado de vulnerabilidad de los poblados. En el caso de hogares se harían estudios específicos respecto a los diversos componentes de cada vivienda. Esto implica que se debe tener información para realizar dichos estudios. Una fuente de información para realizar éstos se encuentra está contenida en los censos nacionales.

Como un primer acercamiento en lo relacionado con la identificación de indicadores de vulnerabilidades comunitarias se ha propuesto una metodología que integra información proveniente de censos, respecto a las siguientes amenazas:

- Sismos
- Deslizamientos
- Inundaciones
- Sequía
- Fuertes vientos
- Caída de ceniza

## 2.5 Integrando amenazas e indicadores de vulnerabilidad para estimar indicadores de riesgo

Una vez estimadas las amenazas y sus respectivos indicadores de vulnerabilidad, se pueden integrar de forma sencilla con el uso de sistemas de información geográfica. En el caso más simple se integran directamente mediante un simple producto de los factores, lo que se representa así:

$\text{Indicador de riesgo} = \text{amenaza} \times \text{cobertura geográfica de intersección} \times \text{indicador de vulnerabilidad}$
--

El factor de cobertura geográfica representa la proporción de área geográfica de la amenaza que está insertado dentro del polígono asociado con el poblado.

## 2.6 Medición del riesgo

La cuantificación del riesgo es un aspecto importante a considerar, sobre todo tomando en consideración que las amenazas y vulnerabilidades se han determinado mediante tres o más niveles cada una. En el caso de que tanto las amenazas como las vulnerabilidades, se clasifiquen en tres niveles, se puede utilizar la siguiente matriz para dimensionar los rangos de los riesgos. La primera columna a la izquierda representa a las amenazas, que se han clasificado en tres clases: baja, media y alta con sus valores numéricos respectivos. De manera similar, la fila superior representa las vulnerabilidades y sus posibles valores numéricos con base también en las tres clases propuestas. La combinación de amenazas y vulnerabilidades de diversos niveles se logra mediante una multiplicación de los coeficientes numéricos respectivos. La forma de obtener dichos coeficientes se detalla para cada amenaza específica en el capítulo 3.

**Cuadro 2**  
**Matriz de clasificación de riesgos con base**  
**en amenazas y vulnerabilidades**

Amenaza / Vulnerabilidad	Baja = 1	Media = 2	Alta = 3
Baja = 1	1	2	3
Media = 2	2	4	6
Alta = 3	3	6	9

Pongamos un ejemplo: la combinación de una amenaza de clase media (valor numérico 2) con una vulnerabilidad de clase alta (valor numérico 3) brinda como resultado un riesgo clasificado como alto (de magnitud 6, señalado con fondo de color rojo). Como se observa, se han incorporado las clasificaciones del riesgo respectivo mediante una escala de tres colores: verde, amarillo y rojo. La clasificación de riesgos, de manera numérica, asociada con este cuadro es:

Riesgo bajo: valores numéricos 1 y 2, casillas con fondo de color verde.

Riesgo medio: valores numéricos 3 y 4, casillas con fondo de color amarillo.

Riesgo alto: valores numéricos 6 y 9, casillas con fondo de color rojo.

En este sentido, es importante mencionar que puede haber otros criterios para la selección de niveles, pero en la actualidad no se han encontrado razones válidas que justifiquen el uso de un criterio sobre otro. Por ejemplo, se puede emplear el criterio de utilizar solamente dos niveles de riesgo, bajo y alto. En este caso se puede proponer que si el valor está entre 6 y 9 se tiene la condición de alto riesgo y todas las demás combinaciones pueden tomarse como de bajo riesgo. Esto se ilustra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3**  
**Matriz de clasificación de riesgos con base**  
**en amenazas y vulnerabilidades**

Amenaza / Vulnerabilidad	Baja = 1	Media = 2	Alta = 3
Baja = 1	1	2	3
Media = 2	2	4	6
Alta = 3	3	6	9

De nuevo se combinan amenazas (primera columna a la izquierda) con las vulnerabilidades (fila superior), mediante los productos numéricos de las clases. Aunque los valores numéricos son los mismos que en el cuadro anterior, los fondos de colores ahora sólo son verde y rojo, indicando clases de bajo y alto riesgo exclusivamente.

Como en el caso anterior, la selección de rangos se ha efectuado de una manera un tanto arbitraria, porque no se cuenta con criterios que permitan hacer una selección justificada que sea mejor que otras razonables y posibles.

En general, los modelos diseñados por VILLATEK S. A. en la medición de riesgo, se basan en la combinación de valores numéricos enteros. Entre las primeras consecuencias del uso de este tipo de modelo sobresalen dos en particular:

1. Se facilita el cálculo usando hojas electrónicas mediante simples fórmulas y no se tiene que manejar decimales o fracciones.
2. La cuantificación de riesgos tiene una escala arbitraria que se ha adaptado de acuerdo con los daños observados, o bien mediante criterios formulados por expertos.

Sin embargo, un aspecto importante a considerar en torno a las vulnerabilidades es que su magnitud depende de la dimensión social. En el caso de vulnerabilidades asociadas con viviendas en poblados, si todas las viviendas son iguales, sus vulnerabilidades serán iguales. Sin embargo, los poblados casi siempre difieren en tamaño, lo que significa que las vulnerabilidades de los poblados dependerán en cierta manera del número de viviendas que poseen. Estos aspectos deben ser considerados con cuidado durante los análisis cuando se están cuantificando riesgos.

Por ejemplo, al emplear la técnica en diversos poblados y ciudades de la República, en particular en las zonas de la ciudad capital, las magnitudes de las vulnerabilidades son altas dependiendo del número de viviendas en cada poblado o zona urbana. Esta consecuencia es natural dado que se estiman vulnerabilidades de acuerdo con el número de viviendas en los poblados y, cuanto mayor sea este número, mayor será la magnitud de la vulnerabilidad calculada. A continuación se presenta un cuadro comparativo respecto a valores de vulnerabilidades obtenidas para varias cabeceras municipales del país.<sup>6</sup> La forma de obtener los valores numéricos de vulnerabilidad que para cada amenaza y población presentados en esta matriz se explica con detalle en el capítulo 3.

---

<sup>6</sup> Fuente: J.C. Villagrán De León. *Reconocimiento preliminar de riesgos asociados a varias amenazas en poblados de Guatemala*. Guatemala. Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN), 2002.