GEOGRAFÍA

Enfrentando los riesgos socionaturales

José Emilio Baró Suárez
Francisco Monroy Gaytán
Coordinadores



Enfrentando los Riesgos Socionaturales

José Emilio Baró Suárez
Francisco Monroy Gaytán

Coordinadores

AM EDITORES
CLAVE editorial
UPCiBiS UNIVERSITIES MEXICO
RED-RIDERU RED DE RIESGO DE DESASTRES & RESILIENCIA URBANA
RETSyG Red Internacional de Territorios, Sustentabilidad y Gobernanza en México y Polonia
capse Cuerpo académico: procesos socioeconómicos y espaciales

Diseño y producción editorial



CONACYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas
Registro: 2016/17732

Dirección de proyecto: Carlos Herver Díaz, Esther Castillo Aguilar,
José Eduardo Salinas de la Luz

Producción: Laura Mijares Castellá

Arte: Armando Cervantes Moreno,
Laura Isabel Soler Navarro, Vanesa Alejandra Vázquez Fuentes

Preprensa: José Luis de la Rosa Meléndez

Corrección de estilo y formación de interiores: Adriana Cárdenas Ocampo

1a. edición: 2018
© 2018, Fernando de Haro y Omar Fuentes

ENFRENTANDO LOS RIESGOS SOCIONATURALES

© José Emilio Baró Suárez y Francisco Monroy Gaytán (Coordinadores)

© Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli

CLAVE EDITORIAL
Paseo de Tamarindos 400B, Suite 109.
Col. Bosques de las Lomas. C.P. 05120, Ciudad de México
Tel. 52 (55) 5258 0279/80/81, Fax: 52 (55) 5258 2556
ame@ameditores.com www.ameditores.com
ecastillo@ameditores.com

ISBN: 978-607-437-457-5

Esta obra ha sido evaluada por pares académicos ciegos. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, archivada o transmitida en forma alguna o mediante algún sistema, ya sea electrónico, mecánico o de fotorreproducción, sin la previa autorización de los editores.

Impreso en México.

Índice

Introducción 11

Capítulo 1: Marco conceptual para el estudio de los riesgos socionaturales 15
- 1.1 Introducción
- 1.2 Concepto de riesgo
- 1.3 ¿Fenómeno natural igual a amenaza natural?
- 1.4 ¿Qué es un desastre?
- 1.5 ¿Qué es una catástrofe?
- 1.6 ¿Qué es riesgo?
- 1.7 Elementos del riesgo
- 1.8 Diferencia entre análisis y evaluación de riesgos
- 1.9 Tipos de riesgos
- 1.10 Otros conceptos
- 1.11 Bibliografía

Capítulo 2: Marco legal, normativo e institucional de los riesgos socionaturales de México 37
- 2.1 Introducción
- 2.2 Marco Legal
  - 2.2.1 Leyes
  - 2.2.2 Reglamentos
- 2.3 Marco institucional
  - 2.3.1 El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC)
  - 2.3.2 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
  - 2.3.3 Unidades Estatales de Protección Civil
  - 2.3.4 Direcciones Locales de Protección Civil
- 2.4 Conclusiones
- 2.5 Bibliografía

Capítulo 3: Riesgos por inundaciones 71
- 3.1 Introducción
- 3.2 Las inundaciones como riesgo extensivo
- 3.3 Impacto de las inundaciones y su relación con otros fenómenos
- 3.4 Evaluación del riesgo por inundación y construcción de escenarios
- 3.5 Percepción del riesgo de inundación

3.6 Gestión de los escenarios de riesgo por inundación
3.7 Medidas de control y adaptación a las inundaciones
3.8 Sistema de alerta temprana contra inundaciones (SATI)
3.9 Reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia ante inundaciones
3.10 Bibliografía

Capítulo 4: Riesgo por procesos de vertientes y otros movimientos del terreno 121
4.1 Introducción a los procesos de remoción en masa
4.2 Evaluación del peligro por procesos de remoción en masa
4.3 Análisis de la construcción del escenario de riesgo por procesos de vertientes
4.4 Impacto de los procesos de remoción en masa y su relación con otros fenómenos
4.5 Percepción del riesgo por procesos de vertientes
4.6 Gestión de los escenarios de riesgos por procesos de vertientes
4.7 Medidas de adaptación a procesos de remoción en masa
4.8 Otros movimientos del terreno
4.9 Bibliografía

153
Capítulo 5: Susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en México: una alerta a la vulnerabilidad construida
5.1 Introducción
5.2 Sierra Norte de Puebla: un polo nacional de los procesos de remoción en masa
5.3 Enfoque metodológico: susceptibilidad litológica del substrato e inclinación de las laderas
5.4 Panorama regional de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa
5.5 Consideraciones finales
5.6 Bibliografía

Capítulo 6: Determinación o zonificación del peligro Sísmico 171
6.1 Introducción
6.1.1 Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad
6.1.2 Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad Sísmica
6.2 Introducción a la Sismología
6.2.1 Generalidades de la sismología
6.2.2 Tipos de temblores
6.2.3 Conceptos elementales sobre temblores
6.2.4 Temblores y Tectónica de Placas

6.3 Peligro y Riesgo Sísmico
6.3.1 Principales factores implícitos en el peligro sísmico
6.3.2 Análisis y estimación del peligro sísmico
6.3.2.1 Modelos de la Sismicidad Local
6.3.2.2 Atenuación de las ondas sísmicas
6.3.2.3 Efectos de la geología local
6.3.3 Cálculo de peligro sísmico
6.4 Vulnerabilidad sísmica
6.5 Riesgo Sísmico
6.6 Estudios sobre Riesgo Sísmico
6.7 Mitigación del Riesgo Sísmico
6.8 Bibliografía

Capítulo 7. Reducción del Riesgo Volcánico 211
7.1 Introducción
7.2 Introducción a la actividad volcánica
7.3. Los peligros volcánicos y su evaluación
7.4 Caracterización de los escenarios de riesgo volcánico
7.5 Comunicación y percepción del riesgo volcánico. Sistemas de alerta a amenazas volcánicas
7.6 La construcción social del riesgo volcánico como base para la reducción del riesgo de desastre
7.7 Medidas de adaptación ante el riesgo volcánico
7.8 Gestión de los escenarios de riesgo volcánico
7.9 Disminución de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia ante el riesgo volcánico
7.10 Evolución de la gestión integral del riesgo volcánico en México: Logros y necesidades
7.11 Bibliografía

Capítulo 8. La relación entre el relieve y la gestión del riesgo 233
8. 1 Introducción
8.2 Objetivo y metodología
8.3 Desarrollo
8.4 Riesgo: conceptos básicos
8.5 Gestión del riesgo: presente y prospección
8.6 Discusión y conclusiones
8.7 Bibliografía

Capítulo 9. Cartografía del riesgo: Tecnologías de Información Geográfica aplicado al análisis de riesgos 261
9.1 Introducción
9.2 Tecnologías de la Información Geográfica

9.3 Sistemas de Información Geográfica
9.4 Tecnologías de la Información Geográfica en la evaluación de riesgos
9.5 Datos e información geoespacial para la Evaluación de los Riesgos Socionaturales
9.6 Conceptos básicos de análisis espacial en la Evaluación de Riesgos Socionaturales
9.7 Procesos y métodos de análisis aplicados a la Evaluación de Riesgos Socionaturales
9.8 Percepción Remota: insumos, métodos y técnicas fundamentales para la Evaluación de Riesgos
9.9 Procesamiento de Imágenes satelitales
9.10 El uso de telemetría satelital en México
9.11 Bibliografía

Capítulo 10. Gestión Social de Riesgos: construyendo escenarios de futuro 283
10.1 La Gestión del riesgo
10.2 Percepción del riesgo, cálculo, aceptabilidad y pérdida
10.3 El Riesgo aceptable
10.4 La comunicación del riesgo
10.5 Escenarios de riesgo
10.6 Los retos de futuro
10.7 Bibliografía

Capítulo 11. Ecuación General de Riesgo (EGR): principios generales 313
11.1 Introducción
11.2 Bases teóricas
11.3 Reconocimiento "humano" de los desastres
11.4 Propuesta conceptual para el estudio del riesgo
11.5 Conclusiones
11.6 Bibliografía

Capítulo 12. Territorio y análisis geoespacial desde la perspectiva de la geografía y su implementación en el estudio del riesgo socionatural 339
12.1 Introducción
12.2 El concepto de territorio
12.3 La postura geográfica del concepto territorio
12.4. Los marcos metodológicos de la disciplina geográfica y su pertinencia en la temática de riesgos
12.5 Las ciencias de la información como herramienta del análisis geoespacial

12.5.1 Geografía automatizada
12.5.2 La ciencia de la información geográfica
12.5.3. La incorporación del análisis social en la ciencia de la información geográfica
12.6. Las ciencias de la información geográfica en el estudio de los riesgos
12.6.1 Factor de amenaza
12.6.2 Los elementos expuestos
12.6.3 La evaluación de la vulnerabilidad
12.7 Evaluación del riesgo
12.8 Conclusiones
12.9 Bibliografía

Capítulo 13. Reflexiones sobre el estado actual de la Gestión Integral de los Riesgos Socionaturales en México 377
13. 1 Introducción
13.2 Reflexiones sobre el estado actual de la Gestión Integra de Riesgos Socionaturales en México
13.3 Bibliografía

Lista de autores 381

Introducción

El presente libro ha sido un trabajo realizado por varios investigadores de varias instituciones de investigación sobre los Riesgo Socionaturales, entre éstas se encuentran: La Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), el Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Departamento de Ingeniería Civil y Topografía de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, el Instituto Tecnológico de Tijuana del Tecnológico Nacional de México y el Departamento de Geografía, Universidad del Valle, Cali, Colombia. También es el resultado del proyecto de investigación sin financiamiento con el título "Propuesta metodológica para el estudio de los riesgos socionaturales en los ambientales comunitarios" con clave de registro 2017/4414SF, ante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

El objetivo del libro es comprender la magnitud de los riesgos socionaturales en México y Latinoamérica, para comprender el peligro que existe por algún tipo de desastre, ya sea inundaciones, sismos, remoción en masa, entre otros, además conocer qué medidas preventivas, correctivas y de contingencias existen para estar atentos ante alguna señal que la naturaleza esté enviando y así evitar alguna catástrofe. El libro se enfoca en los aspectos básicos de análisis de los peligros, escenarios de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia, importantes para la gestión prospectiva o preventiva.

La presente obra está recomendada fundamentalmente hacia los técnicos locales de Protección Civil, los cuales son los que se desempeñan operativamente

y necesitan nutrirse de los conocimientos de avanzada que se presentan en este libro. También se recomienda para las licenciaturas en geología ambiental y recursos hídricos, geografía, geoinformática, planeación territorial, ciencias de la tierra y público en general.

Cabe hacer una aclaración, como argumentan Gilberto Romero y Andrew Maskrey en su artículo "Como entender los desastres naturales" en la obra *Los desastres no son naturales,* una de las deformaciones más comunes es suponer que el desastre producido se debe a fuerzas sobrenaturales y que actúan contra los humanos. En este caso, los hechos se le presentan al hombre como provocados por fuerzas extrañas, incontrolables. Esta visión fatalista inhibe la acción y conduce a la resignación y al conformismo. Además, se concibe como un castigo divino la lluvia, la sequía, el maremoto, el terremoto, entre otros. Esta idea es común entre la población rural.

Asimismo, Romero y Maskrey afirman que también forma parte de esta deformación conceptual el superponer dos términos muy diferentes: «fenómeno natural» y «desastre natural», que son utilizados como sinónimos, por lo tanto, debe quedar claro que no son iguales, ni siquiera el primero supone el segundo. Entonces el enfoque conceptual adecuado sobre el tema es el estudio de desastres que tiene la finalidad de concientizar a la población sobre su situación de vulnerabilidad y otorgarle los conocimientos indispensables para alcanzar condiciones de seguridad.[1]

En el presente libro partimos de la concepción de «riesgos» de Andrew Marskrey como se plantea en el libro *Los desastres no son naturales*. El concepto de riesgo socionatural surge de una evolución de paradigmas relacionados con el estudio de los desastres asociados a los fenómenos naturales. El riesgo socionatural se plantea, a partir de la relación entre la sociedad y el medio natural, como posible generadora de situaciones de riesgo de desastre.[2]

Virginia García afirma que, en lo que se refiere a la construcción social del riesgo, se ha propuesto la idea de que este debe ser concebido desde una perspectiva socionatural, postura que destaca la interacción creciente de las actividades humanas y del tipo de construcción socioeconómica, como condicionantes en la génesis y/o magnificación de las amenazas o fenómenos naturales peligrosos.

1.Tomado de Romero, Gilberto y Maskrey, Andrew (1993), "Como entender los desastres naturales", *Los desastres no son naturales*, Andrew Maskrey (compilador). Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), p. 6 y 10.

2.Campos Vargas, Milagros, Toscana Aparicio, Alejandra y Campos Alanís, Juan (2015), "Riesgos socionaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial", *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía,* Volumen 24, Número 2, pp. 69-53. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/51661/50207. Consultado el 23 de marzo de 2018.

Esta noción de los riesgos, como socionaturales, es un tema que se analiza en relación con la generación y recreación de condiciones de vulnerabilidad y de desigualdad social y económicas, en las que la producción de nuevas amenazas y peligros se asocian directamente a una acumulativa construcción material del riesgo de desastre.[3]

Los escenarios de riesgos socionaturales se construyen como consecuencia de las distorsiones (corrupción, especulación en el uso del suelo, falta de gestión en las cuencas hidrológicas, ecosistemas y ordenamientos territoriales), en la proyección territorial de las políticas públicas relacionadas con el desarrollo de un territorio.

El contenido del libro consta de trece capítulos. El primero se denomina "Marco conceptual para el estudio de los riesgos socionaturales" trata sobre la base conceptual de los riesgos socionaturales, para tener una mejor comprensión sobre sus definiciones y cómo operan dentro de la relación con la naturaleza. El segundo capítulo "Marco legal, normativo e institucional de los riesgos socionaturales de México" menciona los lineamientos legales más importantes que tienen que ver con los escenarios de los riesgos socionaturales, con la finalidad de prevenir, mitigar o enfrentar los desastres.

El capítulo tercero se denomina "Riesgos por inundaciones", éste habla sobre los eventos que exceden los niveles normales de precipitación, ocasionando que alcance la superficie usualmente libre de agua, invadiendo zonas agrícolas o urbanas. El capítulo cuarto "Riesgo por procesos de vertientes y otros movimientos del terreno" trata sobre los procesos de remoción en masa en zonas montañosas por movimientos gravitacionales ocasionados por las actividades humanas y sus asentamientos, constituyendo uno de los peligros naturales más frecuentes en estas regiones. El capítulo quinto muy relacionado al anterior se llama "Susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en México: una alerta a la vulnerabilidad construida", en éste se comenta que la recurrencia de eventos extraordinarios de precipitación en temporada de lluvias crea las condiciones idóneas para generar procesos de remoción en masa, siendo noticias frecuentes en la prensa internacional.

El sexto capítulo se nombra "Determinación o zonificación del peligro sísmico" aquí se mencionan los daños producidos por un sismo o temblor que afectan a las construcciones y tienen consecuencias económicas, sociales y ambientales, lo que representa un peligro ya que no es posible predecirlos.

El séptimo trata sobre la "reducción del riesgo volcánico" refiriéndose a las erupciones volcánicas catastróficas. El octavo "La relación entre el relieve

3. García, Virginia. 2005. «El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos». *Desacatos* 19: pp. 24-11. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13901902.

y la gestión del riesgo" presenta un análisis sobre las decisiones que toman las autoridades en diferentes partes del mundo y en México, estas acciones y propuestas están encaminadas a resolver el riesgo, pero son obras atenuantes que carecen de una perspectiva holística del espacio geográfico, por tanto están condenadas al fracaso. El capítulo noveno "Cartografía del riesgo: tecnologías de la información geográfica aplicadas al análisis de riesgos" muestra las aplicaciones y el desarrollo de las tecnologías de la información geográfica o geotecnologías. Estas herramientas han tomado importancia en el análisis y la evaluación de los peligros naturales y su aplicación en la gestión de los escenarios de riesgo, lo que permite integrar información del medio físico y social, con sus amenazas, para proporcionar respuestas de carácter multifactorial e integral en los estudios de riesgos.

El capítulo diez la "Gestión social de riesgos: construyendo escenarios de futuro" plantea que existen grandes retos sobre el tema de riesgos, sobre todo en su gestión. De tal forma que la concepción, predicción, evaluación y zonificación o la teoría y análisis del riesgo, adquiere un verdadero sentido al orientarse al servicio de la gestión del riesgo. El capítulo once llamado el "Ecuación General de Riesgo (EGR): principios generales" expone nuevas perspectivas sociales, naturales, económicas y políticas, para el estudio del riesgo. Por lo tanto, presenta una propuesta conceptual e integral que contiene la perspectiva holística y permite, a partir de una ecuación, el análisis del riesgo y sus variables.

El capítulo doce se denomina "Territorio y análisis geoespacial desde la perspectiva de la geografía y su implementación en el estudio del riesgo socionatural", éste desarrolla una propuesta de análisis del riesgo socionatural, apoyada por los métodos y técnicas de las ciencias de la información geográfica.

Finalmente, el capítulo trece nombrado "Reflexiones sobre el estado actual de la gestión íntegral de los riesgos socionaturales de México" presenta las reflexiones del estado actual de la gestión integral de los riesgos, con el fin de conocer cuáles son los puntos de vista, perspectivas, alcances y aportaciones en el bienestar social de la población, y sobre todo en la prevención de riesgos, desastres y catástrofes.

Nuestro agradecimiento al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), por el apoyo prestado para la divulgación y presentación de los contenidos de algunos de los capítulos presentados en este libro.

Dr. José Emilio Baró Suárez
Profesor-investigador de la Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Capítulo I. Marco conceptual para el estudio de los riesgos socionaturales

José Emilio Baró Suárez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Srahyrlandy Rocío Díaz Sánchez
Facultad de Química,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Juan Carlos Garatachia Ramírez
Facultad de Geografía, Universidad del Estado de México (UAEMex)

"No se puede alcanzar un desarrollo sostenible
si no se reduce el riesgode desastres"

(GAR, 2015: vi)

1.1. Introducción

Los riesgos socionaturales han estado presentes a través de la historia como una manifestación de la relación del hombre con la naturaleza materializándose en desastres que generan pérdidas de vidas humanas, económicas, de infraestructura, así como alteración del equilibrio ambiental.

Actualmente los riesgos a los que se expone la población van en aumento debido a factores como su crecimiento acelerado, que conlleva a la ocupación de espacios poco aptos para uso residencial como alto nivel freático, inestabilidad de suelos, inclinación del terreno, erosión, entre otros. Asimismo, el hombre a

través del desarrollo de actividades económicas ha causado un desequilibrio en la naturaleza, facilitando las condiciones que dan lugar a situaciones de vulnerabilidad y exposición.

El concepto de riesgo natural ha sido abordado desde diferentes perspectivas económicas, sociales, físicas, políticas, entre otras; sin embargo, actualmente los riesgos se denominan socionaturales, definiéndose como una construcción social donde la actividad humana realizada en el medio que habita y las presiones que ejerce, dan origen a factores generadores de riesgo.

Los riesgos no son daños acontecidos, ni equivalen a destrucción, aunque sí amenazan con la destrucción (Henao, 2014), considerando el impacto que los riesgos pueden generar en la sociedad, es de gran importancia tener una claridad conceptual con respecto a los términos y elementos que lo componen, con el fin de entender cómo se comportan, y de esta manera prevenir su impacto en determinada sociedad. En este capítulo se abordan las nociones básicas en torno a esta temática, así como su incidencia y relación en la generación de riesgos.

1.2 El concepto de riesgo

Para comprender el concepto de riesgo es indispensable establecer diferencias entre términos que comúnmente se llegan a usar como sinónimos sin serlo, o aun peor sin preceder un término al otro. Un ejemplo de ello es la confusión entre riesgo y desastre, catástrofe y desastre, los cuales hacen alusión a situaciones muy diferentes, o el uso de la palabra fenómeno natural como amenaza.

A continuación, se sintetizan las definiciones de los conceptos básicos para comprender el significado de riesgo y poder llegar a una concepción correcta del término que, aunque los involucra, no son equivalentes.

1.3 ¿Fenómeno natural igual a amenaza natural?

Un fenómeno natural dista mucho de ser igual a una amenaza, el fenómeno natural en sí no constituye una amenaza, es su generador, una manifestación de la naturaleza. Según Romero y Maskrey (1993) "se refiere a cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno". Por su parte, la amenaza es la probabilidad de que se presente el fenómeno en un espacio habitado, constituyéndose en un factor de riesgo, el cual abordaremos más adelante. Es importante aclarar que los términos no son iguales.

La naturaleza es un ente vivo y dinámico, que está en constante cambio, producto de su propio funcionamiento, donde los seres humanos conviven co-

tidianamente con ella, transformándola y adaptándose a ella; en el primer caso de los fenómenos naturales están los eventos de respuesta de la naturaleza a las alteraciones hechas por el hombre; en el segundo caso, los eventos son aleatorios y no determinados por el hombre. En este sentido no significan necesariamente eventos desastrosos, ya que no siempre causan daño en la sociedad.

1.4 ¿Qué es un desastre?

La conjugación de factores físicos y sociales, como la ocupación de zonas no aptas debido a las condiciones físicas del terreno, y la vulnerabilidad de la población expuesta a afrontar dichos eventos dan lugar a la ocurrencia de eventos llamados desastres donde se producen daños físicos como la destrucción de infraestructura, viviendas, daños ambientales, pérdidas económicas y lo más substancial, pérdidas de vidas humanas. Desde un enfoque sistémico y de acuerdo con Wilches-Chaux (Maskrey, 1993: 15) un desastre es una crisis en el sistema dada por alteraciones en las direcciones de los procesos y la poca capacidad para absorber y adaptarse a los cambios. Se produce cuando se afecta su estructura, acarreando pérdidas materiales y de vidas humanas.

Para Cardona (2003), las pérdidas de los desastres se clasifican en directas e indirectas. Las directas "están relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, en daños en la infraestructura de servicios públicos, en las edificaciones, el espacio urbano, la industria, el comercio y el deterioro del medio ambiente, es decir, la alteración física del hábitat". Mientras que las pérdidas indirectas, se pueden subdividir en sociales y económicas, entre las sociales se presentan: "interrupción del transporte, de los servicios públicos, de los medios de información y la desfavorable imagen que puede tomar una región con respecto a otra; y en efectos económicos, la alteración del comercio y la industria como consecuencia de la baja en la producción, la desmotivación de la inversión y la generación de gastos de rehabilitación y reconstrucción". (Vilches y Reyes, 2011).

1.5 ¿Qué es una catástrofe?

El término catástrofe significa un desastre en grandes magnitudes, superando el umbral del impacto ocasionado por un desastre, es un evento dramático con consecuencias de gran alcance en diferentes ámbitos.

Olcina (2006), hace un esfuerzo por diferenciar catástrofe de desastre, aunque ambos son una materialización del riesgo, catástrofe se define como "el efecto perturbador que provoca sobre un territorio un episodio natural extraordinario y que a menudo supone la pérdida de vidas humanas".

En palabras de Ibor (2004) una catástrofe es consecuencia de un acontecimiento extraordinario que destruye bienes materiales, siega vidas humanas o produce lesiones físicas y sufrimiento, pero sobre todo que desborda la capacidad de adaptación del grupo social. Los desastres tienen un trasfondo político y también consecuencias políticas; conmueven los cimientos de un grupo social y plantean preguntas sobre la seguridad, el significado de la acción social y el sentido de la existencia.

1.6 ¿Qué es riesgo?

La noción de riesgo puede ser entendida desde diferentes campos de análisis, según éstos el término riesgo puede presentar variaciones, es decir, adquirir diferentes significados. Generalmente implica una condición latente asociada con algún grado de incertidumbre dentro de las probabilidades que representa (Cardona, 1996).

Las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres – UNISDR (2013) plantea que, al hacer referencia al riesgo de desastre, se puede decir que es una función de la amenaza (un ciclón, un terremoto, una inundación, o un incendio, por ejemplo), la exposición de la población y sus bienes, y de la situación de vulnerabilidad a la que se expone la población y sus activos. Conformamos así la ecuación del riesgo donde:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} * \text{vulnerabilidad} * \text{exposición}}{\text{Resiliencia}}$$

Lavell (2003) propone entender el riesgo como la probabilidad de daños y pérdidas futuras asociadas con el impacto de un evento físico externo sobre una sociedad vulnerable, donde la magnitud y extensión de éstos son tales que exceden la capacidad de la sociedad afectada para recibir el impacto, sus efectos y recuperarse autónomamente de ellos.

El riesgo traduce la expresión territorial de actuaciones humanas poco acordes con la dinámica del medio físico donde tienen lugar. "Desde un punto de vista geográfico, riesgo es la situación concreta en el tiempo de un determinado grupo humano frente a las condiciones de su medio, en cuanto este grupo es capaz de aprovecharlas para su supervivencia, o incapaz de dominarlas a partir de determinados umbrales de variación de estas condiciones" (Tornel, 1984).

En síntesis, los procesos sociales (aumento de densidad de población, expansión no planificada de la urbanización, actuaciones sobre el medio físico realizadas sin ninguna clase de conciencia frente a las consecuencias, etc.) son

factores que tienden a aumentar el riesgo. Adicionalmente se encuentra la indiferencia, la falta de conocimiento y de acciones concretas contra el riesgo que muestran, no solo los habitantes de una sociedad, sino también y de manera más preocupante, la mayor parte de las administraciones de muchos lugares del planeta. Es claro que cada sociedad genera adaptaciones diferentes ante el riesgo, dependiendo de aspectos como su mentalidad, su capacidad económica o su motivación.

Los riesgos son proyecciones territoriales de las distorsiones (corrupción, especulación, falta de cumplimiento en la normatividad y la ley, ausencia de gestión territorial) en materia de políticas públicas relacionadas con la planeación ambiental territorial, usos del suelo, ordenamientos territoriales, Atlas de Riesgo, cuencas hidrológicas y Áreas Naturales Protegidas.

1.7 Elementos del riesgo

El riesgo se compone de cuatro elementos básicos: amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia, cada uno de ellos aporta en su generación y agrupa factores físicos y sociales.

Señala Wilches-Chaux (Maskrey, 1993: 17) que "existen múltiples definiciones de desastre, riesgo, amenaza y vulnerabilidad, determinadas (y validadas) por el interés particular y la formación profesional de quienes las han formulado, muchas de ellas contradictorias entre sí". De aquí la importancia de establecer sus diferencias a partir de una adecuada definición.

- **Amenaza**

Generalmente la amenaza se entiende como la probabilidad de ocurrencia de un evento físico potencialmente perjudicial en un tiempo y espacio determinado. Según Lavell (1997), las amenazas pueden ser concebidas como eventos físicos latentes, o sea probabilidades de ocurrencia de eventos físicos dañinos en el futuro, y pueden clasificarse genéricamente de acuerdo con su origen, como "naturales", "socionaturales", o "antropogénicos", cada una de ellas hace alusión a diferentes connotaciones y características.

Las amenazas naturales, son básicamente fenómenos de diversos tipos (atmosféricos, geológicos, hidrológicos, etc.) que, por su ubicación, severidad y frecuencia, están en capacidad de afectar o impactar al ser humano.

En el caso de las amenazas antropogénicas, son una construcción totalmente humana y el papel que la naturaleza juega en la construcción del riesgo se debe a sus características particulares y la forma en que potencia la amenaza como tal. Las amenazas socionaturales son un híbrido de relaciones y procesos naturales con los antropogénicos y no pueden existir sin el concurso de ambos tipos de factores. Son aquellas que se manifiestan en la naturaleza, pero cuyas causas directas o indirectas están ligadas a las actividades humanas.

• Vulnerabilidad

Hace referencia al nivel de exposición que presenta determinado grupo humano frente a las amenazas en su medio. Es la debilidad de una comunidad para resistir los efectos de una amenaza y para recuperarse después de ésta.

Una población es vulnerable cuando se interrelacionan factores de tipo cultural (forma de reaccionar frente al riesgo), ideológico (imagen o concepción del mundo, en especial frente a los desastres), educativo (la forma en que una comunidad se informa y se prepara frente al riesgo), político (existencia o no de regulaciones legales encaminadas a mitigar los efectos del riesgo), técnico (presencia y estado de diseños y estructuras adecuadas para afrontar situaciones de riesgo), entre otros.

La ausencia o presencia de dichos factores actúan como detonantes o moderadores del nivel de exposición de la población, aumentando o disminuyendo su vulnerabilidad. Debido a la multiplicidad de factores que caracterizan a las comunidades, la vulnerabilidad constituye una variable singular y única; pero en todo caso son los mismos pueblos quienes la crean ya sea "por necesidad extrema o por desconocimiento" (Becerra y Cortés, 2006).

• Exposición

Se refiere a la población, las propiedades, medios de vida, sistemas y otros elementos presentes en las zonas que pueden verse afectados por amenazas (Turnbull et al, 2013). En algunos casos no se considera parte del riesgo ya que se aborda como parte de la vulnerabilidad, sin embargo, hace referencia específica a la localización de los asentamientos humanos con respecto a una amenaza, considerando su cercanía y tiempo de exposición. Olcina (2006: 65) define exposición como el «conjunto de bienes a preservar que pueden ser dañados por la acción de un peligro. Puede ser humana, económica, estructural o ecológica».

• Resiliencia

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura - FAO define la resiliencia como "la capacidad de las personas, comunidades o sistemas que hacen frente a catástrofes o crisis para preservarse de los daños y recuperarse rápidamente".

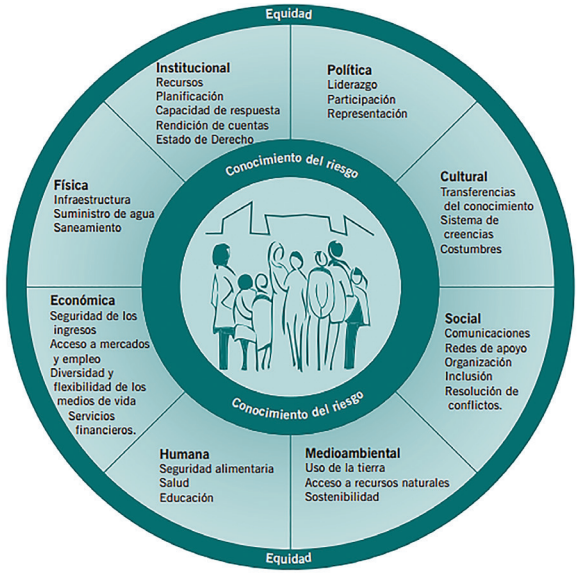
En este sentido las acciones dirigidas a mejorar las condiciones de vida de las poblaciones tanto en la infraestructura de las viviendas que habita, como en los medios de producción sustentables e instituciones comprometidas con políticas de reducción del riesgo, son indispensables para disminuir la vulnerabilidad y, por tanto, para aumentar la resiliencia frente a los desastres. Una población con buenas prácticas en el medio que habita será una población con capacidad para recuperarse frente a un evento catastrófico. Actualmente

la UNISDR tiene como propósito que "la resiliencia y la reducción del riesgo de desastres deben formar parte del diseño y estrategias urbanas para lograr un desarrollo sostenible" (UNISDR, 2013), de tal manera que, se considere la resiliencia como un aspecto fundamental dentro de la estrategia del desarrollo sostenible. La firma en 2005 del Marco de Acción de Hyogo (HFA), durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, significó un avance para invertir en la construcción de ciudades más resilientes, donde 168 gobiernos y diferentes actores se comprometieron a adoptar planes con 10 años de duración, cuyo objetivo principal es garantizar la inversión en medidas de reducción del riesgo.

La iniciativa desarrollada por las Naciones Unidas en esta temática ha implicado un mayor desarrollo de normativas y leyes de sistemas de alertas tempranas y actividades de preparación para responder antes desastres.

La resiliencia implica mejorar la calidad de vida de la población, a través del fortalecimiento de diferentes factores. Según Turnbull et al. (2013) existen 8 factores que inciden en la resiliencia articulados al conocimiento del riesgo y equidad, donde el eje central es la población (ver figura 1.1).

Figura 1.1 Factores que influyen en la resiliencia



Fuente: Turnbull et al., 2013.

1.8 Diferencia entre análisis y evaluación de riesgo

La estimación del riesgo se basa en la secuencia de etapas lógicas agrupadas en análisis y evaluación de riesgo. El análisis hace referencia al estudio de la amenaza, vulnerabilidad y exposición con respecto a su magnitud, niveles de intensidad, distribución y localización en un espacio determinado, debe ser integral, procurando el entendimiento de todos los actores mediante la aplicación de procesos de participación que involucren la sociedad, ya que es ella la que convive con el riesgo. Una evaluación de riesgo consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles. Evaluar el riesgo es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias potenciales en términos sociales, económicos y ambientales de un determinado evento.

Actualmente se hace uso de geotecnologías, como los sistemas de información geográfica (SIG) para la representación espacial de los fenómenos y generar mapas de riesgo con sus niveles, este tipo de estudios permite realizar aproximaciones de la realidad de un territorio con el fin de dirigir medidas de mitigación y prevención que disminuyan el riesgo. Sin embargo, en la etapa de análisis no se alcanzan a realizar estimaciones de pérdidas, esto se calcula en la etapa de evaluación del riesgo.

Existen cinco aspectos claves a considerar en el momento de realizar una evaluación, empezando con la definición de la escala del espacio, la revisión de la información disponible para realizar el reconocimiento del peligro, vulnerabilidad y exposición, así como las resoluciones adoptadas según los resultados con el fin de determinar las medidas a adoptar (Cardona, 1993), ver figura 1.2.

Figura 1.2 Aspectos para realizar evaluación de riesgos



Fuente: Vilches y Reyes, 2011 de acuerdo con Cardona 1993.

Es importante considerar que en el análisis se llega a un entendimiento del comportamiento del fenómeno y los niveles de riesgo, mientras que la evaluación tiene un mayor alcance al determinar las pérdidas económicas que se pueden producir en un escenario de riesgo, elemento fundamental para la planeación y ordenamiento territorial.

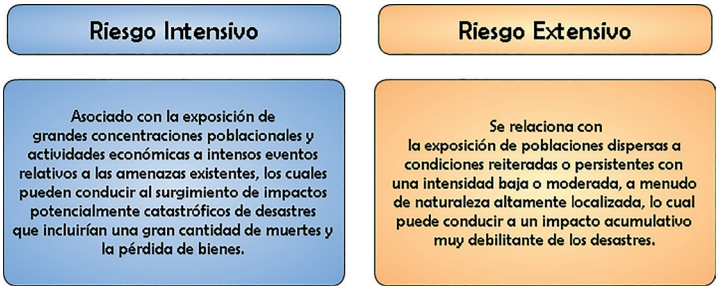
La evaluación constituye una guía en la dirección de presupuestos destinados a la reducción del riesgo ya que las medidas implementadas no pueden superar las pérdidas, estableciendo una relación costo-beneficio, que justifique la inversión, en la medida en que no sólo se reduce la posibilidad de que un evento catastrófico cause daños irreparables en la sociedad, sino que también se previene el gasto público en umbrales de daños que pueden resultar más costosos que la implementación de medidas estructurales y de prevención.

La evaluación de riesgo constituye un punto de partida importante en la focalización de recursos destinados a la ayuda de damnificados, en la etapa de reconstrucción, rehabilitación, para establecer previamente pólizas de seguros, reaseguros, micro seguros y otros mecanismos de financiamientos para desastres y catástrofes.

1.9 Tipos de riesgos

Existen diversas clasificaciones de riesgos, algunos toman en cuenta el tipo de fenómeno y sus características, por otra parte, se presentan tipologías según el origen del fenómeno dividiéndolos en: atmosféricos, hidrológicos, geofísicos, biológicos, entre otros. Sin embargo, es fundamental considerar que en estos casos se realiza una clasificación a priori del fenómeno, mas no del riesgo."Un aspecto importante en relación con la tipología, es el nivel de severidad" (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002). En este sentido se adopta la clasificación de riesgos extensivos e intensivos propuesta por la Oficina de las Naciones Unidas para la Prevención y Reducción de Desastres- UNISDR (ver figura 1.3).

Figura 1.3 Definiciones de tipos de riesgos



Fuente: Elaboración propia, modificado de UNISDR, 2009.

En cuanto a los ejemplos de riegos extensivos sobresalen las inundaciones y los movimientos gravitacionales, en los de riesgos intensivos se encuentran aquellos que son generados por fenómenos como los sismos y el vulcanismo.

1.10 Otros conceptos

Este apartado menciona varios conceptos sobre los riesgos socionaturales. Estos términos aparecen por orden de importancia.

• Riesgo: "daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 6).

• Evaluación del riesgo ambiental: "proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman" (H. Congreso de la Unión, 2015: 4).

• Análisis de riesgo: "es un método ordenado y sistemático para identificar y evaluar los daños que pudieran resultar de los riesgos y peligros naturales y antropogénicos, así como la vulnerabilidad de construcciones, edificaciones, infraestructura o asentamientos humanos, dentro del predio en estudio, en el entorno próximo y en su cuenca" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 16).

• Resiliencia: "es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 6). Resiliencia también "se refiere a la capacidad de un individuo, familia, grupo de población o sistema de anticipar, absorber y recuperarse de las amenazas y/o los efectos del cambio climático y otros peligros y tensiones sin comprometer (y posiblemente mejorar) sus perspectivas a largo plazo. La resiliencia no es un estado final fijo, sino un conjunto de condiciones y procesos dinámicos (Turnbull et al., 2013:9). Por ejemplo, el Programa Regional de Resiliencia Comunitaria de World Vision International permitió a los hogares y las comunidades diversificar sus fuentes de ingresos, aumentar el rendimiento de las cosechas, gestionar los recursos naturales de manera sostenible y proteger sus medios de vida contra los efectos adversos o choques, como medidas de reducción del riesgo de desastres a largo plazo" (Turnbull et al., 2013:9).

• Riesgo Inminente: "riesgo que, según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 6).

• Vulnerabilidad: "susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 7).

• Vulnerabilidad estructural: "el término estructural, o componentes estructurales, se refiere a aquellas partes de un edificio que lo mantienen en pie. Esto incluye cimientos, columnas, muros portantes, vigas y diafragmas (incluyendo los pisos y techos diseñados para transmitir fuerzas horizontales, como las de los sismos, a través de las vigas y columnas hacia los cimientos)" (OMS, 2000: 20).

• Vulnerabilidad física: "está directamente relacionada con la capacidad que tiene la estructura para soportar las solicitaciones a las que se ve sometida en el momento de un sismo, es decir, la forma con la cual responde ante los desplazamientos y los esfuerzos producidos por las fuerzas inerciales durante toda la vida útil de la edificación" (Chavarría y Gómez, 2001).

• Vulnerabilidad socioeconómica: "está fundada por determinados procesos económicos, sociales y políticos que afectan la capacidad de una población para absorber y recuperarse del impacto de un evento asociado a una amenaza" (Amaya y Cabrera, 2012: 3).

• Vulnerabilidad institucional: "se relaciona con los problemas estructurales que las autoridades políticas no pueden mitigar o resolver. Uno de estos problemas es el centralismo del Estado. Las grandes decisiones políticas, legislativas, económicas, educativas, de salud y de justicia dependen de un pequeño grupo de políticos; pero, sobre todo, se siguen tomando desde la capital de nuestro país. Si a ello sumamos las decisiones sobre las actividades de las grandes empresas productivas, de las empresas bancarias y financieras, o de las empresas de comercialización y servicios, que también son tomadas en la capital, notaremos que el problema es muy grave" (Cerrón-Palomino, 2009).

• Zona de desastre: "espacio territorial determinado en el tiempo por la declaración formal de la autoridad competente, en virtud del desajuste que sufre en su estructura social, impidiendo el cumplimiento normal de las actividades de la comunidad. Puede involucrar el ejercicio de recursos públicos a través del Fondo de Desastres" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 7).

• Zona de riesgo: "espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 7).

• Zona de riesgo grave: "asentamiento humano que se encuentra dentro de una zona de grave riesgo, originado por un posible fenómeno perturbador" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 7).

• Medidas estructurales: "el objetivo de las estructurales es evitar o reducir los daños provocados por una inundación, mediante la construcción de obras que pueden ser planeadas y diseñadas cuidadosamente (usualmente a cargo de dependencias gubernamentales, ya que se requiere de fuertes inversiones para su realización y conservación). Por ejemplo, para proteger una zona urbana donde cruza un río se puede proponer como medidas estructurales la retención, almacenamiento y derivación del agua, hacer modificaciones al cauce (canalizarlo o entubarlo), construir bordos o muros de encauzamiento y modificar puentes y alcantarillas" (Salas, 2014: 18).

• Medidas no estructurales: "Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación". Por ejemplo: "los códigos de construcción, legislación sobre el ordenamiento territorial y su cumplimiento, investigaciones y evaluaciones, recursos informativos y programas de concientización pública" (ONU, 2009: 20-21).

• Las políticas públicas para la prevención de desastres: "deben entenderse como un pacto social, centrado en la cultura ciudadana preventiva y el desarrollo institucional. De esta manera, pueden ser la base de la concientización y el compromiso de los niveles decisorios públicos y privados, y también de la movilización de las comunidades y las personas. Sobre esta base, la visión preventiva de desastres deberá estar presente en:

  - El conocimiento de los habitantes y comunidades sobre sus riesgos y la manera de prevenirlos y mitigarlos.
  - Todos los planes, programas y proyectos de desarrollo, para hacer explícito los riesgos de desastre que implican las acciones previstas y la manera de mitigarlos.
  - En los planes de ordenamiento territorial, como criterio principal para la determinación de los usos del suelo y de la distribución de la población y las actividades económicas y sociales.
  - "En el actuar de las entidades nacionales, sectoriales y territoriales, tan-

to públicas como privadas, mediante la definición de las responsabilidades específicas de cada una para la reducción de riesgos y la atención de emergencias".
o En los presupuestos nacionales y locales, públicos y privados, mediante la inclusión de rubros permanentes para la prevención y atención de desastres.
o "La existencia de una organización especializada en promover y coordinar la prevención y atención de desastres, con participación de toda la sociedad" (Vargas, 2002: 28).

• Simulación de escenarios de riesgo: "son ejercicios de simulación que representan una oportunidad para involucrar a la población y poner a prueba el plan de comunicación y emergencia. En una emergencia, el público es la principal preocupación, luego de otros aspectos como la búsqueda de refugio, compensación, aseguramiento, impactos psicológicos y ambientales, así como devaluación de la propiedad" (Ortega, 2009: 142).

• Pronóstico de riesgo o amenaza: "es evaluar y pronosticar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador y el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede realizarse a corto plazo, basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios; a mediano plazo, basado en la información probabilística de parámetros indicadores, y a largo plazo, en la determinación del evento máximo probable en un periodo de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área potencialmente afectable" (Cardona, 1993: 53).

"Este tipo de evaluación es realizada por instituciones técnicas y científicas relacionadas con campos afines a la geología, la hidrometeorología y los procesos tecnológicos, los cuales de acuerdo con estudios que varían desde estimaciones generales hasta análisis detallados, plasman en mapas de diferentes escalas la cuantificación de la amenaza y llevan a cabo una "zonificación" en la cual, mediante un proceso de determinación de la misma en varios sitios, delimitan áreas homogéneas o zonas de amenaza constante. A este tipo de cartografía se le conoce como mapas de amenaza, los cuales son un insumo de fundamental importancia para la planificación física y territorial. Por otra parte, cuando los pronósticos pueden realizarse en el corto plazo, es común darle a este proceso el nombre de – predicción –. Esta técnica, mediante la cual se pretende determinar con certidumbre cuándo, dónde y de qué magnitud será un evento, es fundamental para el desarrollo de sistemas de alerta, cuyo objetivo es informar anticipadamente a la población amenazada acerca de la ocurrencia o inminente ocurrencia de un fenómeno peligroso. Su aplicación permite, en general, caracterizar un evento como previsible o imprevisible a nivel del estado del conocimiento" (Cardona, 1993: 53).

• Percepción social del riesgo: "la percepción del riesgo de los individuos o la sociedad se ha manifestado de forma distinta a lo largo de la historia. La primera etapa es religiosa: los males, naturales o artificiales, suceden porque así lo desean los dioses que se adoren. En el siglo XVIII, el filósofo francés Jean-Jacques Rousseau, meditando sobre las consecuencias del terremoto de Lisboa, que produjo más de cien mil víctimas, concluyó que los responsables eran los gestores de la ciudad que habían permitido la construcción de viviendas de hasta cinco pisos de altura en una zona conocida por su sismicidad, se inauguró así la etapa filosófica. El auge de la aviación y de la electrónica durante la segunda gran guerra llevó a la creación, sobre todo en Inglaterra, hacia 1940, de organismos dedicados al estudio de los accidentes de aviación y al análisis de la fiabilidad de los sistemas de control. Se inauguró así la etapa tecnológica, sin participación social. Como se ha dicho, en 1975 se introduce la metodología probabilista para la cuantificación del riesgo, iniciando la etapa científica, que no convence a la sociedad, a pesar de los esfuerzos realizados por los gestores de la industria y de la administración. Hacia 1995, los gestores observan que el riesgo percibido por la sociedad prevalece sobre el riesgo calculado por los expertos y se inicia una apertura hacia la información y participación del público en los procesos de decisión" (UCPC, 2010). "Se habla de la etapa ética, porque tal proceso depende del mantenimiento de un dialogo racional entre todas las partes, basado en el comportamiento ético. Se reconoce que la percepción del riesgo de cualquier actividad ha de ser una función creciente del beneficio obtenido, aunque modificado por muchos otros parámetros propios de la persona o del ambiente en que vive" (UCPC, 2010).

• Aceptación social del riesgo: "el individuo o el conjunto de individuos están dispuestos a aceptar por el beneficio que pretenden o esperan obtener de la actividad en cuestión; entendiendo por beneficio, tanto la satisfacción personal, como la económica o de otro tipo. Si el beneficio esperado es nulo, el riesgo aceptado también lo será e irá creciendo a medida que lo hace el beneficio hasta un punto en el que el riesgo no resulta aceptable, por grande que sea el beneficio. Los matemáticos llaman a estas relaciones funciones sigmoides porque recuerdan a una S acostada. La dificultad para encontrar lugares donde se almacenen, temporal o de forma definitiva, los residuos radiactivos, se basa precisamente en que de ellos no cabe obtener beneficio alguno, salvo las compensaciones económicas, aún no establecidas por los legisladores" (UCPC, 2010).

"En el caso de la energía nuclear, el riesgo aceptado por la sociedad es muy pequeño, porque los beneficios sociales de la electricidad, en general, y de la electricidad de origen nuclear, en particular, quedan ocultos y porque se percibe que los económicos pertenecen sólo a la compañía eléctrica. Por ello, la información que se suministre a la sociedad debe incluir no sólo los riesgos propios de la actividad sino también sus beneficios de todo tipo. La sociedad se

ha hecho tan dependiente de la energía eléctrica que comprenderá fácilmente los perjuicios derivados de la interrupción o baja calidad del suministro, del coste de la electricidad y la influencia de las distintas fuentes de energía eléctrica sobre el medio ambiente" (UCPC, 2010).

• Peligro: "probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 5).

• Fenómeno natural perturbador: "agente perturbador producido por la naturaleza" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 3).

• Fenómeno geológico: "agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 3).

• Fenómeno hidrometeorológico: "agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 3).

• Cambio climático: "cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos comparables" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 2).

• Desastre: "resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y/o extremos, concatenados o no, de origen natural, de la actividad humana o aquellos provenientes del espacio exterior, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 2).

• Instrumentos financieros de gestión de riesgos: "son aquellos programas y mecanismos de financiamiento y cofinanciamiento con el que cuenta el gobierno federal para apoyar a las instancias públicas federales y entidades federativas, en la ejecución de proyectos y acciones derivadas de la gestión integral de riesgos, para la prevención y atención de situaciones de emergencia y/o desastre de origen natural" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 4).

• Instrumentos de administración y transferencia de riesgos: "son aquellos programas o mecanismos financieros que permiten a las entidades públicas de los diversos órdenes de gobierno, compartir o cubrir sus riesgos catastróficos, transfiriendo el costo total o parcial a instituciones financieras nacionales o internacionales" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 4).

• Mitigación: "es toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 4).

• Prevención: "conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 5).

• Previsión: "tomar conciencia de los riesgos que pueden presentarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 5).

• Reconstrucción: "la acción transitoria orientada a alcanzar el entorno de normalidad social y económica que prevalecía entre la población antes de sufrir los efectos producidos por un agente perturbador en un determinado espacio o jurisdicción. Este proceso debe buscar en la medida de lo posible la reducción de los riesgos existentes, asegurando la no generación de nuevos riesgos y mejorando para ello las condiciones preexistentes" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 5).

• Recuperación: "proceso que inicia durante la emergencia, consistente en acciones encaminadas al retorno a la normalidad de la comunidad afectada" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 5).

• Seguro: "instrumento de administración y transferencia de riesgos" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 6).

• Reducción de riesgos: "intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones de preparación y mitigación, el impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementa-

ción de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 6).

• Gestión integral de riesgos: "el conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerando su origen multifactorial y en proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción" (H. Congreso de la Unión, 2014b 4).

• Sistemas de alerta temprana: "el conjunto de elementos para la provisión de información oportuna y eficaz, que permiten a individuos expuestos a una amenaza tomar acciones para evitar o reducir su riesgo, así como prepararse para una respuesta efectiva. Los Sistemas de Alerta Temprana incluyen conocimiento y mapeo de amenazas monitoreo y pronóstico de eventos inminentes proceso y difusión de Alertas comprensibles a las autoridades y población así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales Alertas, y fracción" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 1).

• Sistemas de monitoreo: "el conjunto de elementos que permiten detectar, medir, procesar, pronosticar y estudiar el comportamiento de los agentes perturbadores, con la finalidad de evaluar peligros y riesgos" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 1).

• Adaptación: "medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, efectos, proyectados o reales, que pueden moderar el daño, o bien, aprovechar sus aspectos beneficiosos" (H. Congreso de la Unión, 2016: 2).

• Atlas de riesgo: "documento dinámico cuyas evaluaciones de riesgo en asentamientos humanos, regiones o zonas geográficas vulnerables, consideran los actuales y futuros escenarios climáticos" (H. Congreso de la Unión, 2016: 2).

• Factores subyacentes del riesgo: son aquellas variables socioeconómicas, ambientales, políticas, legales, normativas e institucionales, que se constituyen como formadoras y catalizadoras del escenario de riesgo, tales como:

1. El desarrollo económico globalizado e inequitativo
2. La pobreza y la marginación
3. El desarrollo urbano mal planificado y gestionado (segregación urbana)
4. Ausencia de ordenamientos territoriales y donde existen no se encuentra gestionado
5. La degradación ambiental
6. La violación de la ley y la normatividad en materia de asentamientos humanos y usos del suelo
7. La corrupción
8. La especulación en materia de desarrollo inmobiliario
9. La ausencia de una cultura de seguimiento y monitoreo de las dinámicas de los peligros y riesgos
10. La no existencia de una cultura de seguros
11. La inexistencia de coordinaciones integrales locales entre protección civil, obras públicas, medio ambiente, ordenamiento territorial e impacto ambiental y planificación territorial urbana
12. La falta de preparación, capacitación y superación de los elementos de protección civil fundamentalmente en los ámbitos locales
13. La no-idoneidad en los cargos tanto operativos como de dirección de protección civil
14. La carencia de gestión de los Atlas de Riesgo, los ordenamientos territoriales, los Planes Municipales de Desarrollo Urbano y las Áreas Naturales Protegidas, entre otros factores

• La gobernanza: "es el ejercicio de la autoridad política, económica y administrativa en la gestión de los asuntos de un país en todos los niveles. Comprende los mecanismos, procesos e instituciones a través de los cuales ciudadanos y grupos sociales articulan sus intereses, median sus diferencias y ejercen sus derechos y obligaciones legales. La gobernanza incluye al Estado, pero lo trasciende, abarcando a todos los sectores de la sociedad, incluidos el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil, desde el nivel doméstico y local hasta el provincial, nacional e internacional" (Turnbull et al., 2013: 119-120).

La buena gobernanza con respecto al aumento de la resiliencia a los desastres y el cambio climático se da cuando gobiernos capaces, responsables, transparentes, inclusivos para prepararse y responder ante desastres y adaptarse a los cambios en el clima. Se ve afectada (en forma positiva o negativa) por un número de factores, entre ellos los mecanismos de gobernanza informales tales como estructuras de poder, normas religiosas e ideologías políticas, que también pueden ser poderosos factores de riesgo y receptivos, trabajan junto con la sociedad civil, el sector privado y las poblaciones en riesgo a fin de crear un entorno propicio para mejorar la capacidad de la sociedad" (Turnbull et al., 2013: 119-120).

1. 11 Bibliografía

Amaya, P. y Cabrera M., Oscar O. (2012): "Vulnerabilidad Socioeconómica ante el Cambio Climático en El Salvador" Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

Cerrón-Palomino, Rodolfo (2009), "La vulnerabilidad institucional como causa de conflictos sociales", Entrevista por *.edu*, de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Becerra Pineda, Paola y Cortés Ortiz, María (2006). *Geografía de los Riesgos: Una propuesta pedagógica para el municipio de Yumb*o. Trabajo de Grado (Licenciatura en Ciencias Sociales). Santiago de Cali: Universidad del Valle. Facultad de Humanidades.

H. Congreso de la Unión (2014a), *Reglamento de la Ley General de Protección Civil,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 13-05-2014.

H. Congreso de la Unión (2014b), Ley General de Protección Civil, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 03-06-2014.

H. Congreso de la Unión (2015), *Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 22-05-2015.

H. Congreso de la Unión (2016), Ley General de Cambio Climático, DOF 01-06-2016, , Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Diario Oficial de la Federación (DOF) 01-06-2016.

Cardona, O. (1993), Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo", Red de Estudios Sociales en prevención de desastres en América Latina. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm. Consultado el 06 de diciembre de 2008,

Chavarría Lanzas, Daniel Andrés y Gómez Pizano, Daniel (2001), Estudio piloto de vulnerabilidad sísmica en viviendas de 1 y 2 pisos del barrio cuarto de legua en el cono Cañaveralejo, Santiago de Cali, Colombia: Escuela de Ingeniería Civil y Geomática. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle.

Lavell, Allan (2003). Gestión local del riesgo, nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Guatemala: CEPREDENAC-PNUD Disponible en: http://www.desenredando.org/. Consultado el 19 de nov de 2016.

_____ (1997), Viviendo en riesgo: Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. S.l.: LA RED, 1997. p. 197-223

_____ (2003), Riesgos y Desastres en Centroamérica: Incidencia, consecuencias y aspectos de la intervención social. En: PNUD. Segundo informe sobre Desarrollo Humano en Centroamérica y Panamá. Capítulo sobre desafíos de la gestión ambiental. [En línea] Costa Rica, 2003. Versión PDF. Disponible en: <http://estadonacion.or.cr/images/stories/informes/ponencias_ca/Aspectos_ambientales/Ponencias/INFORME2003/allan_lavell.pdf>, Consultado el 30 de octubre de 2016.

Maskrey, Andrew (compilador) (1993). Los desastres no son naturales. Colombia: Tercer Mundo.

Martínez Reyes, Carolina; Rojas Vilches, Octavio (2011), "Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales". Revista Universitaria de Geografía, pp. 83-116.

Olcina, J. I. (2006), Maestría en ordenación y desarrollo territorial: riesgos naturales y tecnológicos y ordenación del territorio [versión electrónica]. Alicante: Universidad de Alicante.

Ortega Montoya, Claudia Yazmín (2009), Diagnóstico de peligro por almacenamiento de materiales peligrosos en la zona industrial oriente de la ciudad de San Luis Potosí, SLP (tesis de maestría), Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Facultades de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

ONU y UNISDR (2009), Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (por sus siglas en inglés UNISDR) Suiza.

Organización Mundial de la Salud (OMS) 2000, "Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud" Serie Mitigación de Desastres, Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre. Washington, D.C: Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

Pilar A. Henao S. (2014) "El riesgo: realidad virtual. Deslizamientos activados por amenaza volcánica del volcán Cerro Machín", Revista Entorno Geográfico Nº 10. Noviembre 2014, Universidad del Valle. Cali, Colombia, pp. 152-177.

Rojas Vilches Octavio y Martínez Reyes Carolina (2011), "Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales". Revista Universitaria de Geografía, pp. 83-116.

Salas Salinas, Marco Antonio (2014), "Obras de protección contra inundaciones" Cuadernos de investigación, México: Dirección de Investigación, Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos. Sistema Nacional de Protección Civil Centro Nacional de Prevención de Desastres. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Turnbull, Marilise; Sterrett, Charlotte L. y Hilleboe, Amy (2013), Hacia la Resiliencia. Una Guía para la Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático, Catholic Relief Services – United States Conference of Catholic Bishops.

Universidad Católica Pontificia de Chile (UCPC) (2010), "Percepción Social del Riesgo", Magister Ingeniería de la Energía (MIE). Disponible en: http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/nuclear/nuclear_archivos/Page475.htm. Consultado el 7 de noviembre de 2016.

Vargas, Jorge Enrique (2002), Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socionaturales, Santiago de Chile: División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, CEPAL, ONU.

Capítulo 2. Marco legal, normativo e institucional de los riesgos socionaturales en México

José Emilio Baró Suárez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Armando Arriaga Rivera
Facultad de Humanidades,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Rosa Estela Hernández Valdés
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

2.1 Introducción

El objetivo del marco legal y normativo es reconocer la importancia de sus lineamientos, ya que los escenarios de riesgos socionaturales son el resultado de conflictos distributivos por el uso, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, y además por el desconocimiento e ignorancia de los marcos legales y normativos establecidos. Detrás de cada violación de estos estatutos se encuentran construcciones de vulnerabilidades y a su vez los escenarios de riesgos. Por lo tanto, el conocimiento de las leyes y de las normas contribuye de manera sustancial a la prevención y reducción de los conflictos e impactos socioeconómicos de los riesgos desastres y catástrofes. Por esta razón,

lo que debe de prevalecer antes de cualquier análisis y evaluación de riesgos es el conocimiento detallado de las disposiciones legales y normativas, además de las instituciones que rigen las políticas públicas encaminadas a la Protección Civil. En este capítulo se indican de manera textual alguna de las leyes y reglamentos básicos que rigen la República Mexicana y el Estado de México en materia de riesgos.

2.2 Marco Legal

El marco legal se refiere a las leyes y reglamentos que inciden directamente en la temática de los riesgos desde varios puntos de vista, dentro de cada una de las leyes y normas presentadas en este documento se tomaron en cuenta los artículos 1 y 2 o los necesarios para mencionar de manera textual en que se enfocan cada una de estas disposiciones legales, su cobertura y alcance.

2.2.1 Leyes

En este apartado trata sobre las leyes que inciden en los riesgos socionaturales en México. Para ello las leyes se definen como "precepto dictado por la autoridad competente, en que se manda o prohíbe algo en consonancia con la justicia y para el bien de los gobernados" (RAE, 2017).

La *Ley General de Protección Civil* de fecha 3 de junio de 2014 trata en el "artículo 1º. La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil. Los sectores privado y social participarán en la consecución de los objetivos de esta Ley, en los términos y condiciones que la misma establece. De este articulo hasta el "artículo 4º. Las políticas públicas en materia de protección civil se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo y al Programa Nacional de Protección Civil, identificando para ello las siguientes prioridades" (H. Congreso de la Unión, 2014c: 1 y 7):

"I. La identificación y análisis de riesgos como sustento para la implementación de medidas de prevención y mitigación; II. Promoción de una cultura de responsabilidad social dirigida a la protección civil con énfasis en la prevención y autoprotección respecto de los riesgos y peligros que representan los agentes perturbadores y su vulnerabilidad; III. Obligación del Estado en sus tres órdenes de gobierno, para reducir los riesgos sobre los agentes afectables y llevar a cabo las acciones necesarias para la identificación y el reconocimiento de la vulnerabilidad de las zonas bajo su jurisdicción; IV. El fomento de la participación social para crear comunidades resilientes, y por ello capaces de

resistir los efectos negativos de los desastres, mediante una acción solidaria, y recuperar en el menor tiempo posible sus actividades productivas, económicas y sociales; V. Incorporación de la gestión integral del riesgo, como aspecto fundamental en la planeación y programación del desarrollo y ordenamiento del país para revertir el proceso de generación de riesgos; VI. El establecimiento de un sistema de certificación de competencias, que garantice un perfil adecuado en el personal responsable de la protección civil en los tres órdenes de gobierno; y VII. El conocimiento y la adaptación al cambio climático, y en general a las consecuencias y efectos del calentamiento global provocados por el ser humano y la aplicación de las tecnologías" (H. Congreso de la Unión, 2014c: 1 y 7-8).

Ley de Aguas Nacionales de fecha 24 de marzo de 2016. Esta Ley como lo marca el "artículo 1: es reglamentaria del artículo 27 de la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. En el artículo 2. Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala" (H. Congreso de la Unión, 2016b: 1).

La Ley de Planeación de fecha 6 de mayo de 2015 a partir de su artículo 1º marca que: "las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer" (H. Congreso de la Unión, 2015c: 1):
"I. Las normas y principios básicos conforme a los cuales se llevará a cabo la Planeación Nacional del Desarrollo y encauzará, en función de ésta, las actividades de la administración Pública Federal; II. Las bases de integración y funcionamiento del Sistema Nacional de Planeación Democrática; III. Las bases para que el Ejecutivo Federal coordine sus actividades de planeación con las entidades federativas, conforme a la legislación aplicable; IV. Las bases para promover y garantizar la participación democrática de los diversos grupos sociales, así como de los pueblos y comunidades indígenas, a través de sus representantes y autoridades, en la elaboración del Plan y los programas a que se refiere esta Ley; y V. Las bases para que las acciones de los particulares contribuyan a alcanzar los objetivos y prioridades del plan y los programas" (H. Congreso de la Unión, 2015c: 1).

En su artículo 2º se refiere que: "la planeación deberá llevarse a cabo como un medio para el eficaz desempeño de la responsabilidad del Estado sobre el

desarrollo integral y sustentable del país y deberá tender a la consecución de los fines y objetivos políticos, sociales, culturales y económicos contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Para ello, estará basada en los siguientes principios" (H. Congreso de la Unión, 2015c: 1):

"I. El fortalecimiento de la soberanía, la independencia y autodeterminación nacionales, en lo político, lo económico y lo cultural; II. La preservación y el perfeccionamiento del régimen democrático, republicano, federal y representativo que la Constitución establece; y la consolidación de la democracia como sistema de vida, fundado en el constante mejoramiento económico, social y cultural del pueblo, impulsando su participación activa en la planeación y ejecución de las actividades del gobierno; III. La igualdad de derechos entre mujeres y hombres, la atención de las necesidades básicas de la población y la mejoría, en todos los aspectos de la calidad de la vida, para lograr una sociedad más igualitaria, garantizando un ambiente adecuado para el desarrollo de la población; IV. El respeto irrestricto de las garantías individuales, y de las libertades y derechos sociales, políticos y culturales; V. El fortalecimiento del pacto federal y del Municipio libre, para lograr un desarrollo equilibrado del país, promoviendo la descentralización de la vida nacional; VI. El equilibrio de los factores de la producción, que proteja y promueva el empleo; en un marco de estabilidad económica y social; VII. La perspectiva de género, para garantizar la igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres, y promover el adelanto de las mujeres mediante el acceso equitativo a los bienes, recursos y beneficios del desarrollo; y VIII. La factibilidad cultural de las políticas públicas nacionales" (H. Congreso de la Unión, 2015c: 1-2).

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización de fecha 14 de julio de 2014 se refiere en el "artículo 1º. La presente Ley regirá en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social. Su aplicación y vigilancia corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la administración pública federal que tengan competencia en las materias reguladas en este ordenamiento. Siempre que en esta Ley se haga mención de la Secretaría, se entenderá hecha a la Secretaría de Economía. Y en el artículo 2º. Esta Ley tiene por objeto" (H. Congreso de la Unión, 2014d: 1):

"I. En materia de Metrología: a) Establecer el Sistema General de Unidades de Medida; b) Precisar los conceptos sobre metrología; c) Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida; d) Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados; e) Instituir el Sistema Nacional de Calibración; f) Crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de

alto nivel técnico en la materia; g) Regular, en lo general, las demás materias relativas a la metrología.

II. En materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación: a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; b) Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal; c) Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal; d) Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; e) Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de administración pública federal; f) Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración; g) En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia" (H. Congreso de la Unión, 2014d: 1-2).

La Ley General de Asentamientos Humanos de fecha 24 de enero de 2014. En el artículo 1º establece que: "las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 1):

"I. Establecer la concurrencia de la Federación de las entidades federativas y de los municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional; II. Fijar las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; III. Definir los principios para determinar las provisiones, reservas, usos y destinos de áreas y predios que regulen la propiedad en los centros de población; IV. Determinar las bases para la participación social en materia de asentamientos humanos" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 1).

En el "artículo 2º. Para los efectos de esta Ley, se entenderá por" (H. Congreso de la Unión, 2014e: 1-2):

"I. Administración Pública Federal: las dependencias y entidades a que se refiere el artículo 1º. De la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; II. Asentamiento humano: el establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área física-

mente localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que lo integran; III. Centros de población: las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros; así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de los mismos; IV. Conurbación: la continuidad física y demográfica que formen o tiendan a formar dos o más centros de población; V. Conservación: la acción tendente a mantener el equilibrio ecológico y preservar el buen estado de la infraestructura, equipamiento, vivienda y servicios urbanos de los centros de población, incluyendo sus valores históricos y culturales. VI. Crecimiento: la acción tendente a ordenar y regular la expansión física de los centros de población; VII. Desarrollo regional: el proceso de crecimiento económico en un territorio determinado, garantizando el mejoramiento de la calidad de vida de la población, la preservación del ambiente, así como la conservación y reproducción de los recursos naturales; VIII. Desarrollo urbano: el proceso de planeación y regulación de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; IX. Destinos: los fines públicos a que se prevea dedicar determinadas zonas o predios de un centro de población; X. Equipamiento urbano: el conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los servicios urbanos y desarrollar las actividades económicas; XI. Fundación: la acción de establecer un asentamiento humano; XII. Infraestructura urbana: los sistemas y redes de organización y distribución de bienes y servicios en los centros de población; XIII. Mejoramiento: la acción tendente a reordenar o renovar las zonas de un centro de población de incipiente desarrollo o deterioradas física o funcionalmente; XIV. Ordenamiento territorial de los asentamientos humanos: el proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y de las actividades económicas en el territorio nacional; XV. Provisiones: las áreas que serán utilizadas para la fundación de un centro de población; XVI. Reservas: las áreas de un centro de población que serán utilizadas para su crecimiento; XVII. Secretaría: La Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; XVIII. Servicios urbanos: las actividades operativas públicas prestadas directamente por la autoridad competente o concesionada para satisfacer necesidades colectivas en los centros de población; XIX. Usos: los fines particulares a que podrán dedicarse determinadas zonas o predios de un centro de población; XX. Zona metropolitana: el espacio territorial de influencia dominante de un centro de población; y XXI. Zonificación: la determinación de las áreas que integran y delimitan un centro de población; sus aprovechamientos predominantes y las

reservas, usos y destinos, así como la delimitación de las áreas de conservación, mejoramiento y crecimiento del mismo" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 1-2).

La Ley General de Cambio Climático de fecha 1° de junio de 2016 se refiere que en el "artículo 1º. La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico" (H. Congreso de la Unión, 2016c: 1).

En cuanto al "artículo 2º. Esta ley tiene por objeto" (H. Congreso de la Unión, 2016c: 1):

"I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2º. De la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma; III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno; V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático; VI. Establecer las bases para la concertación con la sociedad; y VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono" (H. Congreso de la Unión, 2016c: 1-2).

La Ley General de Desarrollo Social de fecha 1° de junio de 2016 en su "artículo 1º. La presente Ley es de orden público e interés social y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto" (H. Congreso de la Unión, 2016d: 1-2):

"I. Garantizar el pleno ejercicio de los derechos sociales consagrados en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, asegurando el acceso de toda la población al desarrollo social; II. Señalar las obligaciones del Go-

bierno, establecer las instituciones responsables del desarrollo social y definir los principios y lineamientos generales a los que debe sujetarse la Política Nacional de Desarrollo Social; III. Establecer un Sistema Nacional de Desarrollo Social en el que participen los gobiernos municipales, de las entidades federativas y el federal; IV. Determinar la competencia de los gobiernos municipales, de las entidades federativas y del Gobierno Federal en materia de desarrollo social, así como las bases para la concertación de acciones con los sectores social y privado. V. Fomentar el sector social de la economía; VI. Regular y garantizar la prestación de los bienes y servicios contenidos en los programas sociales; VII. Determinar las bases y fomentar la participación social y privada en la materia; VIII. Establecer mecanismos de evaluación y seguimiento de los programas y acciones de la Política Nacional de Desarrollo Social; y IX. Promover el establecimiento de instrumentos de acceso a la justicia, a través de la denuncia popular, en materia de desarrollo social" (H. Congreso de la Unión, 2016d: 1-2).

En el "artículo 2º. Queda prohibida cualquier práctica discriminatoria en la prestación de los bienes y servicios contenidos en los programas para el desarrollo social" (H. Congreso de la Unión, 2016d: 2):

La *Ley General de Población* de fecha 1˚ de diciembre de 2015 en cuanto al "artículo 1º. Las disposiciones de esta Ley son de orden público y de observancia general en la República. Su objeto es regular los fenómenos que afectan a la población en cuanto a su volumen, estructura, dinámica y distribución en el territorio nacional, con el fin de lograr que participe justa y equitativamente de los beneficios del desarrollo económico y social". En su "artículo 2º. El Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Gobernación, dictará, promoverá y coordinará en su caso, las medidas adecuadas para resolver los problemas demográficos nacionales" (H. Congreso de la Unión, 2015a: 1).

En el "artículo 3º. Para los fines de esta Ley, la Secretaría de Gobernación dictará y ejecutará o en su caso promoverá ante las dependencias competentes o entidades correspondientes, las medidas necesarias para" (H. Congreso de la Unión, 2015a: 1):

"I. Adecuar los programas de desarrollo económico y social a las necesidades que planteen el volumen, estructura, dinámica y distribución de la población; II. Realizar programas de planeación familiar a través de los servicios educativos y de salud pública de que disponga el sector público y vigilar que dichos programas y los que realicen organismos privados, se lleven a cabo con absoluto respeto a los derechos fundamentales del hombre y preserven la dig-

nidad de las familias, con el objeto de regular racionalmente y estabilizar el crecimiento de la población, así como lograr el mejor aprovechamiento de los recursos humanos y naturales del país; III. Disminuir la mortalidad; IV. Influir en la dinámica de la población a través de los sistemas educativos, de salud pública, de capacitación profesional y técnica, y de protección a la infancia, y obtener la participación de la colectividad en la solución de los problemas que la afectan; V. Promover la plena integración de la mujer al proceso económico, educativo, social y cultural; VI. Promover la plena integración de los grupos marginados al desarrollo nacional; VII. (Se deroga); VIII. (Se deroga); IX. Procurar la planificación de los centros de población urbanos, para asegurar una eficaz prestación de los servicios públicos que se requieran; X. Estimular el establecimiento de fuertes núcleos de población nacional en los lugares fronterizos que se encuentren escasamente poblados; XI. Procurar la movilización de la población entre distintas regiones de la República con objeto de adecuar su distribución geográfica a las posibilidades de desarrollo regional, con base en programas especiales de asentamiento de dicha población; XII. Promover la creación de poblados, con la finalidad de agrupar a los núcleos que viven geográficamente aislados; XIII. Coordinar las actividades de las dependencias del sector público federal estatal y municipal, así como las de los organismos, privados para el auxilio de la población en las áreas en que se prevea u ocurra algún desastre; y XIV. Las demás finalidades que esta Ley u otras disposiciones legales determinen" (H. Congreso de la Unión, 2015a: 1-2).

La Ley General de Salud de fecha 1˚de junio de 2016 en el "Artículo 1º. La presente ley reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general. Es de aplicación en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social". En su "artículo 1º. Bis. Se entiende por salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. En el "artículo 2º. El derecho a la protección de la salud tiene las siguientes finalidades" (H. Congreso de la Unión, 2016e: 1):

"I. El bienestar físico y mental de la persona, para contribuir al ejercicio pleno de sus capacidades; II. La prolongación y mejoramiento de la calidad de la vida humana; III. La protección y el acrecentamiento de los valores que coadyuven a la creación, conservación y disfrute de condiciones de salud que contribuyan al desarrollo social; IV. La extensión de actitudes solidarias y res-

ponsables de la población en la preservación, conservación, mejoramiento y restauración de la salud; V. El disfrute de servicios de salud y de asistencia social que satisfagan eficaz y oportunamente las necesidades de la población; VI. El conocimiento para el adecuado aprovechamiento y utilización de los servicios de salud; y VII. El desarrollo de la enseñanza y la investigación científica y tecnológica para la salud" (H. Congreso de la Unión, 2016e: 1-2).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de fecha 13 de mayo de 2016 trata en su "artículo 1º. La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para" (H. Congreso de la Unión, 2016f: 1):

"I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; II. Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; III. La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente. IV. La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas; V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo; VII. Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente; VIII. El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX - G de la Constitución; IX. El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental; y X. El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan" (H. Congreso de la Unión, 2016f: 1-2).

En el "artículo 2º. Se consideran de utilidad pública" (H. Congreso de la Unión, 2016f: 2):

"I. El ordenamiento ecológico del territorio nacional en los casos previstos por ésta y las demás leyes aplicables; II. El establecimiento, protección y preservación de las áreas naturales protegidas y de las zonas de restauración ecológica; III. La formulación y ejecución de acciones de protección y preservación de la biodiversidad del territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, así como el aprovechamiento de material genético; IV. El establecimiento de zonas intermedias de salvaguardia, con motivo de la presencia de actividades consideradas como riesgosas; y V. La formulación y ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático" (H. Congreso de la Unión, 2016f: 2).

La *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos* de fecha 22 de mayo de 2015 establece que en el "artículo 1º. La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para" (H. Congreso de la Unión, 2015b: 1):

"I. Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos; II. Determinar los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana; III. Establecer los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; IV. Formular una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios, así como orientar y fomentar la prevención de su generación, la valorización y el desarrollo de sistemas de gestión integral de los mismos; V. Regular la generación y manejo integral de residuos peligrosos, así como establecer las

disposiciones que serán consideradas por los gobiernos locales en la regulación de los residuos que conforme a esta Ley sean de su competencia" (H. Congreso de la Unión, 2015b: 1-2). VI. Definir las responsabilidades de los productores, importadores, exportadores, comerciantes, consumidores y autoridades de los diferentes niveles de gobierno, así como de los prestadores de servicios en el manejo integral de los residuos; VII. Fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados; VIII. Promover la participación corresponsable de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a prevenir la generación, valorización y lograr una gestión integral de los residuos ambientalmente adecuada, así como tecnológica, económica y socialmente viable, de conformidad con las disposiciones de esta Ley; IX. Crear un sistema de información relativa a la generación y gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, así como de sitios contaminados y remediados; X. Prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos, así como definir los criterios a los que se sujetará su remediación; XI. Regular la importación y exportación de residuos; XII. Fortalecer la investigación y desarrollo científico, así como la innovación tecnológica, para reducir la generación de residuos y diseñar alternativas para su tratamiento, orientadas a procesos productivos más limpios; y XIII. Establecer medidas de control, medidas correctivas y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones que corresponda" (H. Congreso de la Unión, 2015b: 2).

En el "artículo 2º. En la formulación y conducción de la política en materia de prevención, valorización y gestión integral de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observarán los siguientes principios" (H. Congreso de la Unión, 2015b: 2):

"I. El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar; II. Sujetar las actividades relacionadas con la generación y manejo integral de los residuos a las modalidades que dicte el orden e interés público para el logro del desarrollo nacional sustentable; III. La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas; IV. Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los

mismos y, en su caso, de la reparación de los daños; V. La responsabilidad compartida de los productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicios de manejo de residuos y de las autoridades de los tres órdenes de gobierno es fundamental para lograr que el manejo integral de los residuos sea ambientalmente eficiente, tecnológicamente viable y económicamente factible; VI. La valorización de los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas; VII. El acceso público a la información, la educación ambiental y la capacitación, para lograr la prevención de la generación y el manejo sustentable de los residuos; VIII. La disposición final de residuos limitada sólo a aquellos cuya valorización o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada; IX. La selección de sitios para la disposición final de residuos de conformidad con las normas oficiales mexicanas y con los programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano. X. La realización inmediata de acciones de remediación de los sitios contaminados, para prevenir o reducir los riesgos inminentes a la salud y al ambiente; XI. La producción limpia como medio para alcanzar el desarrollo sustentable; y XII. La valorización, la responsabilidad compartida y el manejo integral de residuos, aplicados bajo condiciones de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos" (H. Congreso de la Unión, 2015b: 2-3).

2.2.2 Reglamentos

En este apartado trata sobre los reglamentos que inciden en los riesgos socionaturales en México. Éstos se definen como: "colección ordenada de reglas o preceptos, que por la autoridad competente se da para la ejecución de una ley o para el régimen de una corporación, una dependencia o un servicio. Norma jurídica general y con rango inferior a la ley, dictada por una autoridad administrativa" (RAE, 2017).

"El *Reglamento de la Ley General de Protección Civil* de fecha 13 de mayo de 2014 menciona en el "artículo 1º. El presente ordenamiento es de orden público e interés social, y de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que, en el ámbito de sus atribuciones, participen en coordinación con los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil, así como para los sectores social y privado, en la consecución de los objetivos de la Ley. La interpretación del presente Regla-

mento para efectos administrativos corresponderá a la Secretaría de Gobernación, previa opinión de aquellas dependencias o entidades de la Administración Pública Federal a las que, conforme al ámbito de sus competencias, corresponda pronunciarse" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 1).
El "artículo 2º. Para los efectos del presente Reglamento, además de las definiciones previstas en el artículo 2º de la Ley General de Protección Civil, se entenderá por" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 1):

"I. Alerta: El aviso de la proximidad de un Fenómeno Antropogénico o Natural Perturbador, o el incremento del Riesgo asociado al mismo; II. Autocuidado: Las acciones destinadas a la Reducción de Riesgos en sus aspectos preventivos, a favor de sí mismo, de la familia y de la comunidad a la que se pertenece, antes de que suceda un Fenómeno Antropogénico o Natural Perturbador; III. Autoprotección: Las acciones que se realizan para contribuir a la protección de sí mismo, de la familia y de la comunidad a la que se pertenece, en el momento en que suceda un Fenómeno Antropogénico o Natural Perturbador; IV. Autoridades Locales: Las autoridades de las entidades federativas, los municipios y las Delegaciones; V. Centro de Acopio: El sitio, lugar o establecimiento temporal destinado al almacenamiento y clasificación de víveres, artículos o productos requeridos para ayudar a la población que se encuentra en situación de Desastre; VI. Centro de Comando: El conjunto de instalaciones, equipamiento, personal, procedimientos y comunicaciones, que se constituye en centro de operaciones, responsable de administrar la respuesta gubernamental y de la sociedad civil ante un Siniestro, Emergencia o Desastre;

VII. Cuerpos de Auxilio: Los organismos oficiales y, los Grupos Voluntarios que están debidamente registrados y capacitados, que prestan Auxilio; VIII. Cultura de Protección Civil: El comportamiento humano que constituye un elemento fundamental de la Reducción de Riesgos al anticiparse y responder proactivamente a los Peligros y la Vulnerabilidad, a través de la adquisición individual de conocimientos sobre el Riesgo, la preparación individual y colectiva mediante prácticas y entrenamiento, la inversión pública y privada en actividades de difusión y fomento de esos conocimientos, así como los acuerdos de coordinación y colaboración entre las autoridades de Protección Civil y entre ellas y los particulares para realizar acciones conjuntas en dicha temática; IX. ENAPROC: La Escuela Nacional de Protección Civil; X. Grupos de Primera Respuesta: Los cuerpos de bomberos, servicios de ambulancia y atención prehospitalaria, servicios de rescate, cuerpos de policía y de tránsito y demás instituciones, asociaciones, agrupaciones u organizaciones públicas o privadas, que responden directamente a la solicitud de Auxilio; XI. Incidente:

El suceso que sin constituir una situación anormal ni haber sido provocado por fenómenos perturbadores severos, puede crear condiciones precursoras de Siniestros, Emergencias o Desastres; XII. Ley: La Ley General de Protección Civil; XIII. Sistemas de Alerta Temprana: El conjunto de elementos para la provisión de información oportuna y eficaz, que permiten a individuos expuestos a una amenaza tomar acciones para evitar o reducir su Riesgo, así como prepararse para una respuesta efectiva. Los Sistemas de Alerta Temprana incluyen conocimiento y mapeo de amenazas monitoreo y pronóstico de eventos inminentes proceso y difusión de Alertas comprensibles a las autoridades y población así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales Alertas; y XIV. Sistemas de Monitoreo: El conjunto de elementos que permiten detectar, medir, procesar, pronosticar y estudiar el comportamiento de los agentes perturbadores, con la finalidad de evaluar Peligros y Riesgos" (H. Congreso de la Unión, 2014b: 1).

De igual forma el Reglamento de la *Ley de Aguas Nacionales* de fecha 25 de agosto de 2014 expresa en su "artículo 1. El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales. Cuando en el mismo se expresen los vocablos "Ley", "Reglamento", "La Comisión" y "Registro", se entenderá que se refiere a la Ley de Aguas Nacionales, al presente Reglamento, a la Comisión Nacional del Agua y al Registro Público de Derechos de Agua, respectivamente" (H. Congreso de la Unión, 2014e: 1).

En el "artículo 2. Para los efectos de este Reglamento, se entiende por" (H. Congreso de la Unión, 2014e: 1):

"I. Aguas continentales: las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, en la parte continental del territorio nacional; II. Aguas residuales: las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso; III. Barranca profunda: hendedura pronunciada que se forma en el terreno, por el flujo natural del agua, en que la profundidad es mayor a 5 veces la anchura; IV. Condiciones particulares de descarga: el conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por La Comisión para un usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley y este Reglamento; V. Corriente permanente: la que tiene un escurrimiento superficial que no se interrumpe en ninguna época del año, desde donde principia hasta su desembocadura (H. Congreso de la Unión, 2014e: 1).

"VI. Corriente intermitente: la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial; VII. Cuerpo receptor: la corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos; VIII. Cuota natural de renovación de las aguas: el volumen de agua renovable anualmente en una cuenca o acuífero; IX. Demarcación de cauce y zona federal: trabajos topográficos para señalar físicamente con estacas o mojoneras en el terreno, la anchura del cauce o vaso y su zona federal; X. Desarrollo integral sustentable: el manejo de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras; XI. Descarga: la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor (H. Congreso de la Unión, 2014e: 1-2).

Además "XII. Humedales: las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos; XIII. Infraestructura hidráulica federal: las obras de infraestructura hidráulica a que se refiere la fracción VII, del artículo 113 de la Ley, así como las demás obras, instalaciones, construcciones y, en general, los inmuebles que estén destinados a la prestación de servicios hidráulicos a cargo de la Federación; XIV. Lago o Laguna: el vaso de propiedad federal de formación natural que es alimentado por corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales, independientemente que dé o no origen a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una presa; XV. Servicios hidráulicos federales: los servicios de riego y drenaje agrícolas, de suministro de agua en bloque a centros de población, de generación de energía hidroeléctrica en los términos de la ley aplicable, de tratamiento de agua residual, y otros servicios, cuando para la prestación de los mismos se utilice infraestructura hidráulica federal; XVI. Uso agrícola: la utilización de agua nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial. XVII. Uso agroindustrial: la utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios; XVIII. Uso doméstico: para efectos del

artículo 3o., fracción XI de la Ley, la utilización de agua nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa; XIX. Uso en acuacultura: la utilización de agua nacional destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas; XX. Uso en servicios: la utilización de agua nacional para servicios distintos de los señalados en las fracciones XVI a XXV, de este artículo (H. Congreso de la Unión, 2014e: 2).

Finalmente, XXI. Uso industrial: la utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aún en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación; XXII. Uso para conservación ecológica: el caudal mínimo en una corriente o el volumen mínimo en cuerpos receptores o embalses, que deben conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema; XXIII. Uso pecuario: la utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial; XXIV. Uso público urbano: la utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal; y XXV. Usos múltiples: la utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos en la Ley y el presente Reglamento, salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos" (H. Congreso de la Unión, 2014e: 3).

El *Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización* de fecha 28 de noviembre de 2012 se expresa en el "artículo 1. Para los efectos de este Reglamento, se aplicarán las definiciones establecidas en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Cuando en este Reglamento se haga referencia a la "Ley" se entenderá hecha a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización". Así también en el "artículo 2. La Secretaría operará un sistema de información relativo a la metrología, normalización y evaluación de la conformidad, el cual contendrá, entre otra información, el Catálogo Mexicano de Normas, el listado de los comités consultivos nacionales de normalización, comités técnicos de normalización nacional y comités mexicanos de normas internacionales, enti-

dades de acreditación, personas acreditadas por éstas, organismos nacionales de normalización y personas aprobadas por las dependencias" (H. Congreso de la Unión, 2012a: 1).

En el *Reglamento de la Ley General de Desarrollo Social* de fecha 28 de agosto de 2008 se expone en el "artículo 1. El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Social. Sus disposiciones son de orden público e interés social y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus respectivas competencias. De igual forma en el "artículo 2. Corresponde al Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Desarrollo Social, la interpretación de este Reglamento para efectos administrativos. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público interpretará las disposiciones que incidan en el ámbito de su competencia" (H. Congreso de la Unión, 2008: 1).

En el "artículo 3. Además de las definiciones contenidas en el artículo 5 de la Ley General de Desarrollo Social, para los efectos de este Reglamento se entiende por" (H. Congreso de la Unión, 2008: 1):

"I. Coinversión Social: la participación, conjunta o individual, de organizaciones de los sectores social y privado, mediante la aportación de recursos humanos, materiales o financieros, en las acciones y programas gubernamentales de desarrollo social; II. Convenios o Contratos de Concertación: instrumentos jurídicos que suscribe el Ejecutivo Federal a través de las dependencias o entidades de la Administración Pública Federal, con las organizaciones o con los particulares y, en su caso, con la participación de las Entidades Federativas y de los municipios, para la realización de actividades relacionadas con el desarrollo social; III. Convenios de Coordinación: instrumentos jurídicos que suscribe el Ejecutivo Federal con los gobiernos de las Entidades Federativas, con la participación, en su caso, de los municipios o delegaciones políticas, a efecto de que coadyuven, en el ámbito de sus respectivas competencias, a la consecución de los objetivos de la Política Nacional de Desarrollo Social; IV. Entidades Federativas: los Estados de la República y el Distrito Federal; V. Ley: la Ley General de Desarrollo Social; y VI. Programa Nacional: el Programa Nacional de Desarrollo Social" (H. Congreso de la Unión, 2008: 1).

En el *Reglamento de la Ley General de Población* de fecha 28 de septiembre de 2012 trata en el "artículo 1. Las disposiciones de este Reglamento son de orden público y tienen por objeto regular, de acuerdo con la *Ley General de Población,* la aplicación de la política nacional de población; la vinculación de ésta con la planeación del desarrollo nacional; la organización, atribuciones y

funciones del Consejo Nacional de Población; la promoción de los principios de igualdad entre el hombre y la mujer; la coordinación con las entidades federativas y los municipios en las actividades en materia de población, la entrada y salida de personas al país; las actividades de los extranjeros durante su estancia en el territorio nacional, y la emigración y repatriación de los nacionales". Así como en el "artículo 2. Corresponde a la Secretaría de Gobernación la aplicación de las disposiciones de la *Ley General de Población* y de este Reglamento. Son auxiliares de ella para los mismos fines, y en el marco de los instrumentos de coordinación y concertación previstos en la *Ley de Planeación*, en su caso" (H. Congreso de la Unión, 2012b: 1):

"I. Las demás dependencias y entidades de la Administración Pública Federal; II. Los ejecutivos locales y sus respectivos consejos estatales de población o sus organismos equivalentes; III. Los ayuntamientos y sus respectivos consejos municipales de población o sus organismos equivalentes; IV. Las autoridades judiciales; V. Los notarios y corredores públicos; y VI. Las empresas, instituciones y organismos de los sectores público, social y privado en los casos y en la forma en que determine la Ley o este Reglamento (H. Congreso de la Unión, 2012b: 1).

En cuanto al *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de la disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos* de fecha 27 de enero de 2012 aborda en el "artículo 1. Este Reglamento tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, al cumplimiento de la Ley General de Salud, en lo que se refiere al control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres de seres humanos, con fines terapéuticos, de investigación y de docencia. Es de aplicación en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social" (H. Congreso de la Unión, 2012c: 2).

El "artículo 2. Cuando en este Reglamento se haga referencia a la "Ley" y a la "Secretaría", se entenderá hecha a la Ley General de Salud y a la Secretaría de Salud, respectivamente; Artículo 3. La aplicación de este Reglamento compete a la Secretaría. Los gobiernos de las Entidades Federativas, en los términos de los Acuerdos de Coordinación que suscriban con dicha Dependencia, podrán participar en la prestación de los servicios a que el mismo se refiere; Artículo 4. Corresponde a la Secretaría emitir las normas técnicas a que se sujetará, en todo el territorio nacional, la disposición de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres de seres humanos, incluyendo los de embriones y fetos.

Asimismo, compete a la Secretaría la emisión de los instructivos, circulares y formas que se requieran para la aplicación del presente reglamento; y en el "articulo 5. La Secretaría fomentará, propiciará y desarrollará programas de estudio e investigación relacionados con la disposición de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres de seres humanos, particularmente en lo que respecta a trasplantes, transfusiones y otros procedimientos terapéuticos" (H. Congreso de la Unión, 2012c: 2).

"En lo concerniente al "artículo 6. Para los efectos de este Reglamento, se entiende por:

I. Aféresis: El procedimiento que tiene por objeto la separación de componentes de la sangre provenientes de un sólo disponente de sangre humana, mediante centrifugación directa o con máquinas de flujo continuo o discontinuo; II. Banco de Órganos y Tejidos: Todo establecimiento autorizado que tenga como finalidad primordial la obtención de órganos y tejidos para su preservación y suministro terapéutico; III. Banco de Sangre: El establecimiento autorizado para obtener, recolectar, analizar, fraccionar, conservar, aplicar y proveer sangre humana; así como para analizar, conservar, aplicar y proveer los componentes de la misma; IV. Banco de Plasma: El establecimiento autorizado para fraccionar sangre obtenida de los Bancos de Sangre autorizados mediante el procedimiento de aféresis, y para la conservación del plasma que resulte; V. Cadáver: El cuerpo humano en el que se haya comprobado la pérdida de la vida; VI. Componentes de la sangre: Las fracciones específicas obtenidas mediante el procedimiento de aféresis; VII. Concentrados celulares: Las células que se obtienen de la sangre dentro de su plazo de vigencia; VIII. Derivados de la sangre: Los productos obtenidos de la sangre mediante un proceso industrial, que tengan aplicación terapéutica, diagnóstica, preventiva o en investigación;IX. Destino final: La conservación permanente, inhumación o desintegración en condiciones sanitarias permitidas por la Ley y este Reglamento, de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres de seres humanos, incluyendo los embriones y fetos; X. Disponente: Quien autorice, de acuerdo con la Ley y este Reglamento, la disposición de órganos, tejidos, productos y cadáveres; XI. Disposición de órganos, tejidos y cadáveres y sus productos: El conjunto de actividades relativas a la obtención, preservación, preparación, utilización, suministro y destino final de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres, incluyendo los de embriones y fetos, con fines terapéuticos, de docencia o de investigación; XII. Disponente de Sangre Humana: La persona que suministra gratuitamente su sangre en cualquiera de

las siguientes formas: A) A un paciente a solicitud del médico tratante o del establecimiento hospitalario. B) Atendiendo a un llamado general y sin tener en cuenta a qué persona pueda destinarse, o bien sea utilizada para la obtención de componentes y derivados de la sangre; XIII. Embrión: El producto de la concepción hasta la décima tercera semana de gestación (H. Congreso de la Unión, 2012c: 2-3).

Asimismo, "XIV. Feto: El producto de la concepción a partir de la décimo tercera semana de gestación, hasta su expulsión del seno materno; XV. Obtención de sangre: Actividades relativas a la extracción de sangre humana; XVI. Órgano: Entidad morfológica compuesta por la agrupación de tejidos diferentes que concurren al desempeño del mismo trabajo fisiológico; XVII. Plasma Humano: El componente específico separado de las células de la sangre; XVIII. Producto: Todo tejido o substancia excretada o expelida por el cuerpo humano como resultante de procesos fisiológicos normales. Serán considerados como productos, la placenta y los anexos de la piel; XIX. Puesto de Sangrado: Establecimiento móvil o fijo que cuenta con los elementos necesarios exclusivamente para extraer sangre de disponentes de sangre humana y que funciona bajo la responsabilidad de un Banco de Sangre autorizado; XX. Receptor: La persona a quien se trasplantará o se le haya trasplantado un órgano o tejido o transfundido sangre o sus componentes mediante procedimientos terapéuticos; XXI. Sangre: El Tejido hemático con todos sus elementos; XXII. Sangre humana transfundible: El tejido hemático recolectado en recipientes con anticoagulantes, en condiciones que permitan su utilización durante el tiempo de vigencia, de acuerdo con el anticoagulante usado; XXIII. Servicio de transfusión: El establecimiento autorizado para el manejo, conservación y aplicación de sangre humana y sus componentes, obtenidos de un banco de sangre; XXIV. Tejido: Entidad morfológica compuesta por la agrupación de células de la misma naturaleza, ordenadas con regularidad y que desempeñan una misma función. La sangre será considerada como tejido; XXV. Terapéutica: La rama de la medicina que establece los principios aplicables y los medicamentos o medios para el tratamiento de las enfermedades en forma racional; y XXVI. Transfusión: Procedimiento a través del cual se suministra sangre o cualquiera de sus componentes a un ser humano, solamente con fines terapéuticos" (H. Congreso de la Unión, 2012c: 3-4).

El *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera* de fecha 31 octubre de 2014 de la Atmósfera menciona en el "articulo 1. El presente Reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde

la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera". En el "articulo 2. Las atribuciones que en esta materia tiene el Estado y que son objeto de la Ley General al del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, serán ejercidas de manera concurrente por la Federación, las Entidades Federativas y los Municipios. "Articulo 3. Son asuntos de competencia Federal, en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, los que señalan el artículo 5o. de la Ley y el artículo 3o., fracción XI de la *Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos* (H. Congreso de la Unión, 2014f: 1).

Así también en el "articulo 4. Compete a las Entidades Federativas y Municipios, en el ámbito de sus circunscripciones territoriales y conforme a la distribución de atribuciones que se establezca en las leyes locales, los asuntos señalados en el artículo 6 de la Ley y en especial" (H. Congreso de la Unión, 2014f: 2):

"I. La formulación de los criterios ecológicos particulares en cada Entidad Federativa, que guarden congruencia con los que en su caso hubiere formulado la Federación, en las materias a que se refiere el presente artículo; II. La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción de las Entidades Federativas y de los Municipios, salvo cuando se refieran a asuntos reservados a la Federación por la Ley u otros ordenamientos aplicables; III. La prevención y el control de la contaminación de la atmósfera generada en zonas o por fuentes emisoras de Jurisdicción estatal o municipal; y IV. La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población, en relación con los efectos derivados de los servicios de alcantarillado, limpia, mercados y centrales de abasto, panteones, rastros, tránsito y transporte locales" (H. Congreso de la Unión, 2014f: 2).

2.3 Marco institucional

En el marco institucional se menciona las áreas de gobierno que tienen que ver directamente con los protocolos que aplican en caso de desastres. Enlazando los tres niveles de gobierno, el federal, estatal y municipal, para coordinar la pronta respuesta en situaciones de contingencias.

2.3.1 El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC)

La Secretaría de Gobernación de la República (SEGOB) afirma que el primer responsable es el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) que se fundó a partir del sismo de 1985 y ha contribuido a generar mejores condiciones para la seguridad de los mexicanos. En los casos de los sismos de septiembre de 1985; los huracanes Gilberto, Paulina, Stan y Wilma; las inundaciones en Tabasco y Chiapas recuerdan la fuerza de la naturaleza y sus devastadores efectos. No siempre se puede predecir cuándo, dónde, o cómo se va a presentar una catástrofe. No se puede modificar los ciclos naturales del planeta, pero se puede mitigar los riesgos estando alertas para responder con rapidez, oportunidad y eficiencia ante cualquier contingencia. La Protección Civil se ha convertido en un valioso mecanismo para poner a salvo miles de vidas. La clave para lograrlo es la prevención del riesgo. Para ello es necesario facultar a la población y a las autoridades en medidas de autoprotección y de adaptación para convivir con los riesgos (SEGOB, 2014).

Un sistema de Protección Civil moderno, ágil y eficiente es aquel que cuenta con protocolos de actuación antes, durante y después de la situación de emergencia; y el que permite garantizar una adecuada coordinación entre los tres niveles de Gobierno. Es aquel que crea una estrategia integral, una política pública incluyente que atienda y mitigue el riesgo en el que se encuentran muchas zonas y regiones de la república mexicana (SEGOB, 2014).

Por primera vez en la historia de México, el 28 de mayo de 2013, se instaló el Consejo Nacional de Protección Civil, órgano de consulta y coordinación de la política de Protección Civil, que fomenta la participación responsable del Gobierno y activa de todos los sectores de la sociedad, con el objeto de fortalecer nuestro Sistema Nacional y eficientar sus beneficios a la población mexicana. México debe constituirse en ejemplo de prevención. La Secretaría de Gobernación hace un llamado a participar en este esfuerzo nacional a favor de la Protección Civil por un México seguro. Este mensaje lo proporcionó Luis Felipe Puente Espinosa, Coordinador Nacional de Protección Civil (SEGOB, 2014).

La organización que tiene este organismo federal inicia con el titular de la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Protección Civil y el titular de la Coordinador Nacional de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación (SEGOB, 2014).

La misión del SINAPROC con la que se rigen es: integrar, coordinar y supervisar el Sistema Nacional de Protección Civil para ofrecer prevención,

auxilio y recuperación ante los desastres a toda la población, sus bienes y el entorno, a través de programas y acciones (SEGOB, 2014).

La visión del SINAPROC busca ser una instancia de excelencia que privilegie la participación activa, coordinada, corresponsable y solidaria de sociedad y gobierno, mediante el establecimiento de una nueva relación entre los individuos, las organizaciones, los sectores y entre los municipios, los estados y la federación, con el objetivo de preservar a la persona y a la sociedad ante los riesgos de los fenómenos perturbadores antropogénicos o de origen natural, coadyuvando al logro del desarrollo sustentable de México, propiciando la forma de vida justa, digna y equitativa a la que aspiramos los mexicanos, y una adecuada interacción con la comunidad internacional (SEGOB, 2014).

¿Qué es el Sistema Nacional de Protección Civil? El Sistema Nacional de Protección Civil es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con las autoridades de los estados, a fin de efectuar acciones coordinadas, destinadas a la protección contra los peligros que se presenten y a la recuperación de la población, en la eventualidad de un desastre (SEGOB, 2014).

La Secretaría de Gobernación de la República indica la metodología con la que se opera en una situación de emergencia. El auxilio a la población debe constituirse en una función prioritaria de la protección civil, por lo que las instancias de coordinación deberán actuar en forma conjunta y ordenada. Con la finalidad de iniciar las actividades de auxilio en caso de emergencia, la primera autoridad que tome conocimiento de ésta deberá proceder a la inmediata prestación de ayuda e informar tan pronto como sea posible a las instancias especializadas de protección civil. La primera instancia de actuación especializada corresponde a la autoridad municipal o delegacional que conozca la situación de emergencia. En caso de que ésta supere su capacidad de respuesta, acudirá a la instancia estatal correspondiente. Si resulta insuficiente, se procederá a informar a las instancias federales correspondientes, quienes actuarán de acuerdo con los programas establecidos al efecto (SEGOB, 2014).

2.3.2 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)

La Secretaría de Gobernación de la República segura que el segundo responsable es el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), este organismo se encarga también de la prevención de desastres y la gestión, entre

otras atribuciones. El mensaje del doctor Carlos Miguel Valdés González, director general del CENAPRED menciona que las afectaciones que producen los desastres en la población y en la economía demuestran la necesidad de que todo gobierno debe considerar, dentro de su agenda de desarrollo, el tema de la reducción de riesgos y particularmente el de la prevención de los desastres (SEGOB, 2014).

La historia de México testimonia los diversos desastres que han limitado el desarrollo y sobra todo que han cobrado miles de vidas y numerosas pérdidas económicas. Los mexicanos hemos aprendido de experiencias como la erupción del volcán Chichonal en Chiapas, en 1982; las explosiones en 1984 de las plantas de almacenamiento y distribución de PEMEX en San Juan Ixhuatepec en el Estado de México; y el sismo de 1985 que alcanzó una magnitud de 8.1, que afectó la zona centro, sur y occidente de México, entre otros desastres más que propiciaron la necesidad de establecer un Sistema Nacional de Protección Civil y de tener una institución dedicada a generar conocimientos especializados para comprender las manifestaciones tanto naturales como antropogénicas, para desarrollar técnicas con la finalidad de reducir riesgos y conocer las causas que los generan (SEGOB, 2014).

La Secretaría de Gobernación de la República señala que a estos aspectos se suman factores relacionados con el escaso ordenamiento urbano, bajos índices de desarrollo humano y una limitada cultura de protección civil, lo que genera condiciones de vulnerabilidad que debemos enfrentar con estrategias más eficaces que permitan gestionar integralmente el riesgo de desastres. En este sentido, se inscribe la actuación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) que amplía su ámbito de acción a partir de las recientes atribuciones que le confiere la Ley General de Protección Civil para crear, gestionar, promover y evaluar políticas públicas para la reducción de riesgos, conducir la Escuela Nacional de Protección Civil, coordinar sistemas de información sobre riesgos y sistemas de alerta e impulsar una cultura nacional en materia de protección civil (SEGOB, 2014).

La Secretaría de Gobernación menciona que en el CENAPRED se está tomando conciencia de la magnitud del compromiso social, de la complejidad de las tareas asignadas y de la urgencia de poner la ciencia y la tecnología al servicio de la sociedad mexicana, están decididos a fortalecer el vínculo entre el sector gobierno, académico, privado y social para precisar políticas que prevengan y mitiguen los efectos que los fenómenos perturbadores provocan en México. La prevención y la autoprotección deben ser constantes en nuestra vida cotidiana, son tareas de todos (SEGOB, 2014).

La misión del CENAPRED es salvaguardar en todo momento la vida, los bienes y la infraestructura de los mexicanos a través de la gestión continua de políticas públicas para la prevención y reducción de riesgos de desastres, por medio de la investigación y el monitoreo de fenómenos perturbadores, así como la formación educativa y la difusión de la cultura de protección civil, con objeto de lograr una sociedad más resiliente todos (SEGOB, 2014).

La visión del CENAPRED es ser un Centro técnico–científico e innovador en materia de prevención de desastres, así como un referente en los tres órdenes de gobierno y en el ámbito internacional, cuyas acciones incidan en la reducción efectiva del riesgo para lograr una población más resiliente desde lo local, un México más seguro, más justo, incluyente y pacífico (SEGOB, 2014).

El objetivo general del CENAPRED es crear, gestionar y promover políticas públicas para la prevención de desastres y reducción de riesgos a través de la investigación, el desarrollo, aplicación y coordinación de tecnologías; así como impulsar la educación, la capacitación y la difusión de una cultura preventiva y de autoprotección para la población ante la posibilidad de un desastre (SEGOB, 2014).

Los antecedentes del CENAPRED se remontan a las consecuencias catastróficas del sismo de 1985, en México surgieron diversas iniciativas para crear una institución que estudiara los aspectos técnicos de la prevención de desastres. Por un lado, el Gobierno Federal emprendió la tarea de establecer el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Por otra parte, el Gobierno de Japón ofertó su apoyo para mejorar los conocimientos existentes en relación con la prevención de desastres sísmicos. Finalmente, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) decidió impulsar a su personal académico de alto nivel para que se dedicara a actividades de investigación y desarrollo en prevención de desastres. Las tres iniciativas concurrieron en la creación, el 20 de septiembre de 1988, del Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, con carácter de órgano administrativo desconcentrado, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación. Con el apoyo económico y técnico de Japón se construyeron las instalaciones del Centro; la UNAM aportó el terreno para su construcción y proporciona personal académico y técnico especializado. La Secretaría de Gobernación provee los recursos para su operación. Las actuales instalaciones del CENAPRED fueron inauguradas el 11 de mayo de 1990 (SEGOB, 2014).

La Secretaría de Gobernación de la República señala que la creación y el desarrollo del CENAPRED fueron posibles gracias al apoyo del Gobierno de Japón. En el inicio de su operación se estableció un convenio de cooperación técnica y se instaló una misión de expertos japoneses, quienes colaboraron en

el centro desde su fundación. La cooperación técnica consistió en tres aspectos fundamentales: uno, envío de expertos japoneses para la planeación y la ejecución de proyectos conjuntos; dos, la capacitación de personal del CENAPRED en Japón y tres, la donación de equipo (SEGOB, 2014).
La Secretaría de Gobernación comenta que también ha colaborado la UNAM. Ambas instituciones han realizado proyectos de investigación conjunta; además, la UNAM participa activamente en los Comités Científicos Asesores del SINAPROC. El convenio firmado por ambas instituciones asegura que el personal académico universitario de alto nivel contribuya en las actividades del CENAPRED (SEGOB, 2014).

El CENAPRED se estructura de la siguiente forma (SEGOB, 2014):

- Dirección General
- Dirección de Investigación
- Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos
- Dirección de Instrumentación y Cómputo
- Escuela Nacional de Protección Civil
- Dirección de Difusión
- Dirección de Servicios Técnicos
- Coordinación Administrativa

Finalmente, la Secretaría de Gobernación expone que también el CENAPRED cuenta con un el Comité de Ética y Prevención de Conflictos de Interés (CEPCI), este grupo se rige por un código de conducta, cuenta con un procedimiento para la recepción y atención de quejas y denuncias. Esto se realiza a partir de un formato para la presentación de queja o denuncia ante el CEPCI (SEGOB, 2014).

2.3.3 Unidades Estatales de Protección Civil

La Secretaría de Gobernación de la República afirma que las Unidades Estatales de Protección Civil se coordinan con el Sistema Nacional de Protección Civil organizadas en cinco regiones geográficas: región noroeste, noreste, occidente, centro y sur, los diversos programas y acciones se enfocan en los problemas de riesgo en cada entidad de la república mexicana (SEGOB, 2014).

En la región noroeste se integra por las siguientes entidades federativas; Baja california, Baja california Sur, Chihuahua, Sinaloa y Sonora. En la región noreste se integra por; Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y

Tamaulipas. En la región occidente se integra por; Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Zacatecas. En la región centro se integra por; Distrito Federal, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala. En la región sur se integra por; Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (SEGOB, 2014).

2.3.4 Direcciones Locales de Protección Civil

La Secretaría de Gobernación de la República menciona que en cuanto a las Direcciones Locales de Protección Civil proporcionan cobertura a nivel municipal, esta cobertura se realiza en coordinación con cada entidad federativa de la república mexicana y en coordinación con el CENAPRED. En este apartado se toma como ejemplo la organización interna del Gobierno del Estado de México, dado que en las otras entidades del país cuentan con su propia organización de acuerdo con sus necesidades y riesgos que se presentan en cada uno de sus territorios (GEM, 2015).

La Coordinación General de Protección Civil del Estado de México es el órgano encargado de coordinar las acciones solidarias y participativas, que en atención a los riesgos de origen natural o antrópico, como los de efectos adversos de los agentes perturbadores, prevé la concertación de los sectores público, privado y social. Con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos para que, de manera responsable, se involucren las etapas de intensificación de riesgos, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio y recuperación; para salvaguardar la vida, la integridad, estabilidad, salud y fortalezca las capacidades de resiliencia de la población y sus bienes (GEM, 2015).

La Coordinación responde a la voluntad política de enfrentar los retos derivados del desarrollo del Estado; de enfrentarlos con decisión, orden y coordinación, considerando la participación amplia y activa de la población. La participación de todos, sociedad y gobierno en este proceso histórico, acredita el interés creciente que la protección civil debe enfocarse en tareas preventivas que fortalezcan las capacidades de la población en general para enfrentar los riesgos producidos por los fenómenos perturbadores (GEM, 2015).

La misión de la Coordinación es salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante desastres de origen natural o humano, a través de la implementación de una política estratégica de prevención y gestión eficaz de las emergencias derivadas de dichos desastres (GEM, 2015). La visión de la

Coordinación es contribuir a la prevención y mitigación de desastres, brindando orientación, asesoría y apoyo a las instancias integrantes del Sistema Estatal de Protección Civil y fomentar en la población la cultura de protección civil mediante la autoprotección, así como proporcionar el auxilio necesario a la población en caso de contingencia, procurando el regreso a la normalidad lo más rápido posible (GEM, 2015).

El objetivo de la Coordinación es ser una instancia de excelencia que privilegie la participación activa, coordinada, corresponsable y solidaria de la sociedad y el gobierno, con el objeto de preservar la vida de las personas y sus bienes, ante los riesgos perturbadores antropogénicos o de origen natural, coadyuvando al logro del desarrollo sustentable de nuestro estado, proporcionando la protección a los mexiquenses (GEM, 2015).

La Secretaría de Gobernación de la República expresa que esta Coordinación se creó a consecuencia de los sismos del 19 de septiembre de 1985, en el Estado de México el 21 de abril de 1986, se fundó el Comité de Solidaridad Mexiquense, como un órgano de apoyo en las labores de auxilio y reconstrucción, mismo que en agosto del mismo año, se integró como Consejo Estatal de Protección Civil, siendo éste el órgano de consulta y participación. Posteriormente el 12 de mayo de 1992, se creó la Dirección General de Protección Civil, con facultades para instrumentar, coordinar, vigilar y evaluar el Sistema Estatal de Protección Civil. En ese mismo año, se modifica la Ley Orgánica Municipal, en la que se establece que los municipios deberán crear sus consejos y unidades de protección civil (GEM, 2015).

Para el 1° febrero de 1994, se aprobó la *Ley de Protección Civil del Estado de México*, misma que fue abrogada por el Libro Sexto del Código Administrativo del Estado de México, publicado en la Gaceta del Gobierno, el 13 diciembre del 2001, éste tiene por objeto regular las acciones de protección civil en el Estado de México. Por acuerdo del ejecutivo, el 1° de febrero del 2006 la Dirección General de Protección Civil es incluida en la estructura orgánica de la entonces recién creada Agencia de Seguridad Estatal, como un órgano desconcentrado de la Secretaría General de Gobierno. Más tarde, el 5 de noviembre de 2010, se publicó el reglamento de dicho Libro Sexto del *Código Administrativo del Estado de México* (GEM, 2015). También, por decreto del H. Legislatura del Estado de México, el 18 de octubre del 2011, la Agencia de Seguridad Estatal, cambia de categoría a Secretaría de Seguridad Ciudadana, y la Dirección General de Protección Civil, continuó como una de sus unidades administrativas (GEM, 2015). Finalmente, por decreto del Ejecutivo, el

13 noviembre de 2014, la Dirección General de Protección Civil, adscrita a la Secretaría de Seguridad Ciudadana pasó como Coordinación General de Protección Civil, adscrita a la Secretaría General de Gobierno (GEM, 2015).

Áreas y actividades relevantes: Centro de Capacitación y Adiestramiento Tecámac (CICATEC), Atlas de Riesgo, Programas de Protección Civil, Consultores (personas que se dedican a prestar servicios de consultoría y/o capacitación en materia de Protección Civil en el Estado de México) y grupos industriales (GEM, 2015).

También se encuentran la Dirección de Operaciones en auxilio a la población la Coordinación General de Protección Civil, cuenta con 6 centros regionales de operación (Toluca, Tenancingo, Naucalpan, Valle de Chalco, Tultepec y Amecameca) donde se cuenta con personal y equipo especializado para la coordinación de emergencias (GEM, 2015).

Las verificaciones: el compromiso del Gobierno del Estado de México es fortalecer los vínculos de comunicación y colaboración existentes con el sector privado, por efecto de realizar actividades conjuntas en materia de protección civil (GEM, 2015). La entrega de apoyos: la Coordinación General se encarga de manera preventiva en implementar a través de los programas, la distribución de apoyos básicos a la población vulnerable a los efectos de los procesos perturbadores (GEM, 2015).

Las reuniones de coordinación ante las emergencias se realizan reuniones permanentes con los 125 municipios del Estado de México con la ¬finalidad de coordinar las acciones y procedimientos en caso de una emergencia o desastre (GEM, 2015).

La Dirección de Vinculación Sectorial Cultura de la Protección Civil, esta permite difundir programas y materiales de prevención de desastres dirigidos a la población en general, que le permita conocer de forma clara mecanismos de prevención, actuación y autoprotección. Se trabaja de manera conjunta con la Secretaría de Educación para difundir medidas preventivas en los diferentes centros escolares del Estado de México. Poner a disposición de los sectores público, privado y social, cursos básicos de capacitación en materia de protección civil, dirigidos a paramédicos, bomberos, rescatistas y unidades municipales de protección civil, en el Centro de Capacitación, Investigación y Adiestramiento ubicado en Tecámac. Asimismo, se imparten Talleres de Verano en materia de protección civil a niños de 6 a 12 años (GEM, 2015):
Así también, las actividades que se realizan son: publicaciones, carteles y fo-

lletos, calendario de capacitación Tecámac 2015, calendario de capacitación cursos básicos 2015, semáforo de alerta del Volcán Popocatépetl, Manual de Emergencia Escolar, Folleto "La Pirotecnia y los Niños", guía de medidas preventivas, temporada invernal (plan familiar): ¿Qué hacer en caso de un Sismo? y ¿Qué hacer en caso de un Incendio?

Los Planes de Emergencia permiten organizar las acciones, personas, servicios y recursos disponibles para la atención de un desastre, con base en la evaluación de riesgos, disponibilidad de recursos materiales y humanos, preparación de la comunidad, capacidad de respuesta local e internacional, etcétera. Pasos para la aplicación de un plan de emergencia: evacuación; suspensión de actividades; clausura temporal, parcial o total; desocupación de predios, casas, edificios o establecimientos; aseguramiento y destrucción de objetos, productos o sustancias; y aislamiento de áreas afectadas (GEM, 2015).

El Registro Estatal de Protección Civil desarrolla el Sistema Estatal de Protección Civil con el objeto de obtener, general y procesar la información para la planeación y evaluación de actividades en materia de protección civil (GEM, 2015).

Los Consejos Municipales de Protección Civil. La Secretaría de Gobernación asegura que la Coordinación General promueve el establecimiento de los consejos Municipales de Protección Civil con el fin de contar con órganos de consulta y coordinación (GEM, 2015).

La Dirección de Programación realiza la dictaminación en materia de Protección Civil de proyectos de inversión y desarrolla el atlas de riesgo del Estado de México (GEM, 2015). Los Departamento de Explosivos emite opinión en materia de protección civil de establecimientos que utilicen sustancias explosivas, transporten y comercialicen (GEM, 2015). Finalmente, los trabajos de investigación consisten en el desarrollo de cuadernos de investigación donde se elaboran diferentes estudios de geología e hidrometeorología con la finalidad de identificar las zonas de riesgo (GEM, 2015).

En resumen, de este capítulo señala las leyes y los reglamentos que tienen que ver con la prevención o mitigación de los Riesgos Socionaturales, además indica cuáles son las instituciones de gobierno de los tres niveles de gobierno que existen, para actuar en caso de desastres coordinándose con la población afectada.

2.4 Conclusiones

Las instituciones que se crearon después del sismo de 1985 han sido las promotoras de la generación de diversas leyes y normas de riesgo socionatural. Representan un logro para cuidar a los ciudadanos, sus bienes, y el equipamiento y la infraestructura de las localidades de la república mexicana. Todas estas leyes parten de la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* que rigen las diversas leyes de otros temas.

Sin embargo, se debe considerar que un escenario de riesgo socionatural se construye básicamente sobre las violaciones continuas de las leyes, reglamentos y normativas en materia de los usos del suelo, planeación, ordenación territorial, manejo y gestión de áreas naturales protegidas y cuencas hidrológicas. Por lo que es importante el conocimiento profundo de los aspectos legales.

2.5 Bibliografía

Secretaría de Gobernación (SEGOB) (2014), "Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC)" México Disponible en: http://www.proteccioncivil.gob.mx/en/ProteccionCivil/Conce_el_SINAPROC. Consultado el 7 de noviembre de 2016.

Secretaría de Gobernación (SEGOB) (2014), "Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)". Disponible en: http://www.cenapred.unam.mx/es/. Consultado el 7 de noviembre de 2016, México.

Gobierno del Estado de México (GEM) (2015), *Programa Estatal de la Difusión a la Cultura de Protección Civil*, México: *Coordinación General de protección Civil*, Estado de México.

Gobierno de la Republica (2013), *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, México: Diario Oficial de la Federación (DOF) 20-05-2013.

H. Congreso de la Unión (2008), *Reglamento de la Ley General de Desarrollo Social,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 28-08-2008,

H. Congreso de la Unión (2012a), *Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 28-11-2012.

H. Congreso de la Unión (2012b), *Reglamento de la Ley General de Población*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 28-09-2012.
H. Congreso de la Unión (2012c), *Reglamento de la Ley General de Salud En Materia de Control Sanitario de la disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 27-01-2012.
H. Congreso de la Unión (2014a), *Ley General de Asentamientos Humanos*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 24-01-2014.
H. Congreso de la Unión (2014b), *Reglamento de la Ley General de Protección Civil*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 13-05-2014.
H. Congreso de la Unión (2014c), *Ley General de Protección Civil,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 03-06-2014.
H. Congreso de la Unión (2014d), *Ley Federal sobre Metrología y Normalización,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 14-07-2014.
H. Congreso de la Unión (2014e), *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 25-08-2014.
H. Congreso de la Unión (2014f), *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 31-10-2014.
H. Congreso de la Unión (2015a), *Ley General de Población,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 01-12-2015.
H. Congreso de la Unión (2015b), *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 22-05-2015.

H. Congreso de la Unión (2015c), *Ley de Planeación*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 06-05-2015.
H. Congreso de la Unión (2016a), *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 15-08-2016.
H. Congreso de la Unión (2016b), *Ley de Aguas Nacionales*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 24-03-2016.
H. Congreso de la Unión (2016c), *Ley General de Cambio Climático,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 01-06-2016.
H. Congreso de la Unión (2016d), *Ley General de Desarrollo Social*, E tados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 01-06-2016.
H. Congreso de la Unión (2016e), *Ley General de Salud*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Diario, Oficial de la Federación (DOF) 01-06-2016.
H. Congreso de la Unión (2016f), *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 13-05-2016.
Real Academia Española (RAE) (2017), "Leyes" y "Reglamento", *Diccionario de la Lengua Española*, Disponible en: http://www.rae.es/. Consultado el 15 de mayo de 2017.

Capítulo 3. Riesgos por inundaciones[1]

Carlos Díaz-Delgado
Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA),
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

José Emilio Baró Suárez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Carlos Alberto Mastachi Loza
Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA),
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Khalidou M Bâ
Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA),
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Miguel Ángel Gómez Albores
Centro Interamericano de recursos del agua
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Edel Cadena Vargas
Facultad de GeografíaUniversidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Juan Gaytán Iniestra
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

1. Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) a través del proyecto Modelación de eventos hidrológicos extremos a partir de precipitación estimada por percepción remota, clave CONACYT: 248553 y UAEM 3952/2015E; así como por la Universidad Autónoma del Estado de México a través del proyecto Estimación de la demanda de población a evacuar ante un fenómeno hidrometeorológico con base en la identificación de factores causales de la decisión, clave UAEM 4095/2016SF.

3.1 Introducción

Una inundación es el evento provocado por la precipitación, oleaje, marea de tormenta, falla de alguna estructura hidráulica, o bien el deshielo de la parte alta de una cuenca en la primavera (cortina de hielo) que origina un incremento en el nivel de la superficie libre de agua generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no hay. Hasta un cierto umbral, una inundación es apreciada pues favorece el enriquecimiento de suelos favoreciendo la agricultura. Sin embargo, una vez superado dicho límite, la velocidad y volumen de agua sobrepasa el margen de tolerancia de la zona y con ello se incrementa la vulnerabilidad de la comunidad y sus bienes. Generalmente los daños impactan en la población, agricultura, ganadería e infraestructura. Las inundaciones pueden clasificarse de acuerdo con su origen en tres categorías: a) pluviales; b) fluviales; y c) lacustres.

Adicionalmente la inundación puede denominarse, de acuerdo con sus lugares de ocurrencia, como urbana o rural. Y de acuerdo con el tiempo en el que alcanza su profundidad máxima, la inundación puede ser considerada como súbita, entendido este término como un tiempo en el cual no existe una respuesta suficiente del sistema para reaccionar con fines de evacuación o ejecución de acciones para mitigar los impactos del fenómeno. Los desastres, como las inundaciones, son causa de mucho sufrimiento, en particular en los países en desarrollo donde ejercen una fuerte presión sobre las economías de ingresos marginales y representan uno de los mayores peligros para un desarrollo sostenible.

3.2 Las inundaciones como riesgo extensivo

En el Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR, por sus siglas en inglés) realizado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) indica que las inundaciones afectan a más personas en todo el mundo que cualquier otra amenaza. Existen distintas manifestaciones de inundaciones, como las crecientes súbitas, las inundaciones de las zonas costeras, las inundaciones por aguas de superficie y las inundaciones por anegamientos (GAR, 2015: 78).

Aunque el riesgo de inundaciones se gestiona a través de medidas prospectivas, como la planificación del uso del suelo, el continuo desarrollo industrial,

comercial y residencial en las llanuras aluviales, el cambio climático ha convertido a las inundaciones en un riesgo muy dinámico. Las medidas correctivas, como la instalación de defensas contra las inundaciones, pueden proteger contra las pérdidas hasta un cierto umbral, y algunos países, como el Japón y los Países Bajos, han realizado grandes inversiones en protección contra las inundaciones. Sin embargo, las defensas contra las inundaciones pueden estimular un mayor desarrollo en las llanuras aluviales, lo que conduce a consecuencias devastadoras si ocurre una pérdida de baja frecuencia y alta intensidad por encima del límite de protección. En cambio, el riesgo de inundaciones en países de bajos ingresos suele reflejar una falta de capacidad para invertir en protección contra las inundaciones (GAR, 2015: 79).

A diferencia del riesgo intensivo, el riesgo extensivo está más estrechamente vinculado con la desigualdad y con la pobreza que con las fallas sísmicas y con las trayectorias de los ciclones. En muchos casos, la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad se configuran de forma simultánea a través de los factores que subyacentes del riesgo. Esto también convierte al riesgo extensivo en un importante atributo de la pobreza (GAR, 2015: 100).

El riesgo extensivo de desastres aumenta por factores como la planificación y la gestión deficiente del desarrollo urbano, la degradación ambiental, la pobreza y la desigualdad social, la vulnerabilidad de los medios de vida rurales y la debilidad de la gobernanza. Como consecuencia, dicho riesgo sigue creciendo. El riesgo extensivo hace referencia a la capa del riesgo de pérdidas de alta frecuencia y baja intensidad (GAR, 2015: 100).

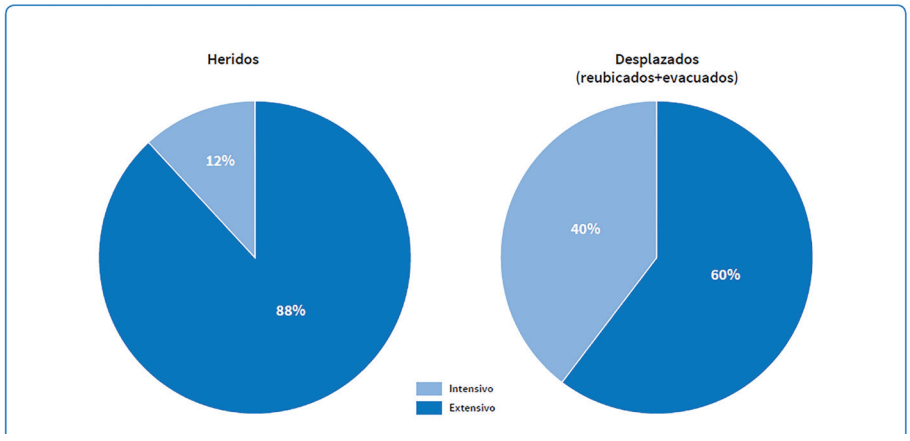
El riesgo extensivo se manifiesta como una gran cantidad de desastres recurrentes de pequeña escala y baja intensidad asociados principalmente con crecidas repentinas, deslizamientos de tierra, inundaciones urbanas, tormentas, incendios y otros eventos localizados, junto con los daños ocasionados por rayos y tormentas eléctricas que contribuyen cada vez más a la pérdida del riesgo extensivo asociadas con incendios naturales de bosques (GAR, 2015: 100).

Esta capa del riesgo es propia de los asentamientos urbanos informales y de las zonas rurales de bajos ingresos. Los asentamientos informales o irregulares suelen caracterizarse por la alta vulnerabilidad de las viviendas y el déficit de infraestructura para la reducción del riesgo, como los sistemas de drenaje. Al mismo tiempo, el desarrollo urbano especulativo, que puede conducir a la pavimentación de zonas verdes en ciudades de rápida expansión y a hun-

dimientos por la excesiva extracción de aguas subterráneas, también puede aumentar la frecuencia y la gravedad de las inundaciones en zonas urbanas. A diferencia del riesgo intensivo, el riesgo extensivo está menos vinculado con las fallas sísmicas y con las trayectorias de los ciclones que con la desigualdad y la pobreza. En muchos casos, la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad están configuradas de forma simultánea por los factores subyacentes del riesgo. Por ejemplo, todas las áreas municipales de Panamá reportan pérdidas ocasionadas por desastres extensivos a pesar de que el país está situado al sur de la zona de huracanes del Caribe y de que los terremotos son poco habituales (GAR, 2015: 100).

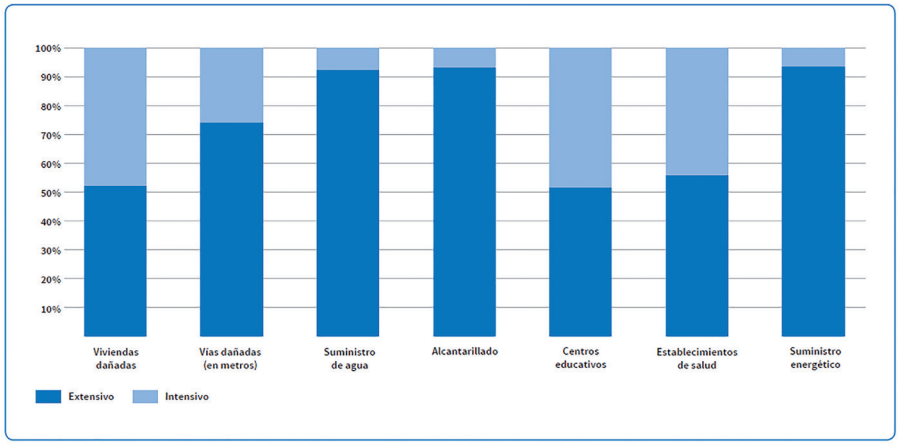
Aunque el riesgo extensivo es responsable de sólo una pequeña parte de la mortalidad, está asociado con una proporción mucho más significativa de morbilidad y de desplazamientos (Gráfica 3.1.1), factores que repercuten directamente en la pobreza. Por lo tanto, el riesgo extensivo erosiona gravemente los activos de desarrollo. Los informes de aquellos países que cuentan con conjuntos de datos constantes muestran que desde 1990, las pérdidas y los daños están asociados en su mayor parte por desastres extensivos (Gráfica 3.1.2) (GAR, 2015: 103-104).

Gráfica 3.1 Porcentajes de heridos y desplazados registrados en desastres extensivos (65 países, 2 estados), 1990-2013



Fuente: UNISDR con información de las bases de datos nacionales sobre pérdidas.

Gráfica 3.2 Porcentaje de pérdidas y de daños ocasionados por eventos de desastres extensivos e intensivos (65 países, 2 estados), 1990-2013



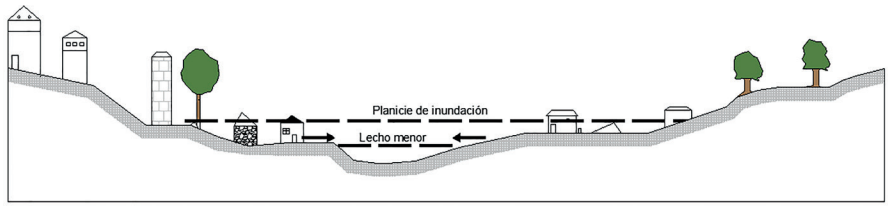
Fuente: UNISDR con información de las bases de datos nacionales sobre pérdidas.

Las pérdidas ocasionadas por desastres extensivos son responsables de la mayor parte de la morbilidad y del desplazamiento de personas ocasionados por los desastres y representan una erosión continua de los activos del desarrollo regional. El riesgo extensivo compromete especialmente el logro de los objetivos de desarrollo regional en aquellas zonas que se caracterizan por la desigualdad y la exclusión social (figura 3.3).

El déficit de infraestructura en estas zonas ya es un factor causal profundo de la vulnerabilidad y del riesgo de desastres, y debilita la resiliencia. Por ejemplo, el déficit en establecimientos de atención primaria de la salud aumenta la vulnerabilidad de los hogares de bajos ingresos que sufren los efectos de las inundaciones. El costo económico del riesgo extensivo no suele evaluarse y acaba por ser reabsorbido en la pobreza (GAR, 2015: 107).

En particular, dichas pérdidas representan una grave erosión de la inversión pública para algunos de los países con menos capacidad de inversión. Por ejemplo, el promedio de las pérdidas históricas ocasionadas por desastres en Madagascar cada año desde 2001 equivale a alrededor del 75% del promedio de la inversión pública en el mismo período; en El Salvador asciende a prácticamente el 60% y en Vanuatu supera el 40% (GAR, 2015: 107).

Figura 3.3 Planicie de inundación



Fuente: modificado de Diaz-Delgado et al., 2012.

Como respuesta a este tipo de calamidades, las autoridades mexicanas responsables de los aspectos hídricos se encuentran continuamente trabajando en planes de emergencia y diseño de sistemas de alerta temprana. Prueba de ello es que el artículo 83 de la Ley de Aguas Nacionales, menciona que los Organismos de Cuenca (OC) o Direcciones Locales (DL) deberán clasificar las zonas en atención a sus riesgos de posible inundación, haciendo uso de la cartografía disponible y posteriormente utilizar un software que permita ubicar y georreferenciar la infraestructura existente, asentamientos humanos, ríos o arroyos, para realizar el trabajo de prevención deseado (CONAGUA, 2011). Este último documento señala igualmente que la orientación de la fuerza de trabajo y responsable de las tomas de decisiones importantes en la atención a la emergencia es el Director del Organismo de Cuenca. Sin embargo, hasta ahora, ante la ocurrencia de un evento extremo, la mejor respuesta de ayuda a damnificados es el denominado Plan DNIII configurado para evacuar y rescatar a la población involucrada ante un desastre, aun cuando éste no está diseñado particularmente para el caso de inundaciones. Este plan puede considerarse parcialmente exitoso, ya que sólo es ejecutado una vez que el evento ha golpeado severamente a la población.

Con base en lo anteriormente expuesto, este capítulo tiene como propósito identificar las principales áreas de oportunidad para mejorar el diseño e implementación de los planes de emergencia y contribuir, con ello, en el esfuerzo por mejorar la actuación de las autoridades competentes para incrementar el nivel de seguridad y bienestar de la sociedad.

3.3 Impacto de las inundaciones y su relación con otros fenómenos

Las inundaciones son el desastre más frecuente a nivel mundial y afectan principalmente a pobladores con alta marginación social y económica pues éstos tienden a ubicar sus hogares en las planicies de la cuenca propensas a inundación (Sodhi y Tang, 2014). En la figura 3.4 es posible observar la importancia de los desastres de origen hidrológico en el mundo, incluyendo las inundaciones (EM-DAT, 2014).

Figura 3.4 Número de desastres reportados para el periodo de 1900 a agosto 2014 Fuente: Elaboración propia

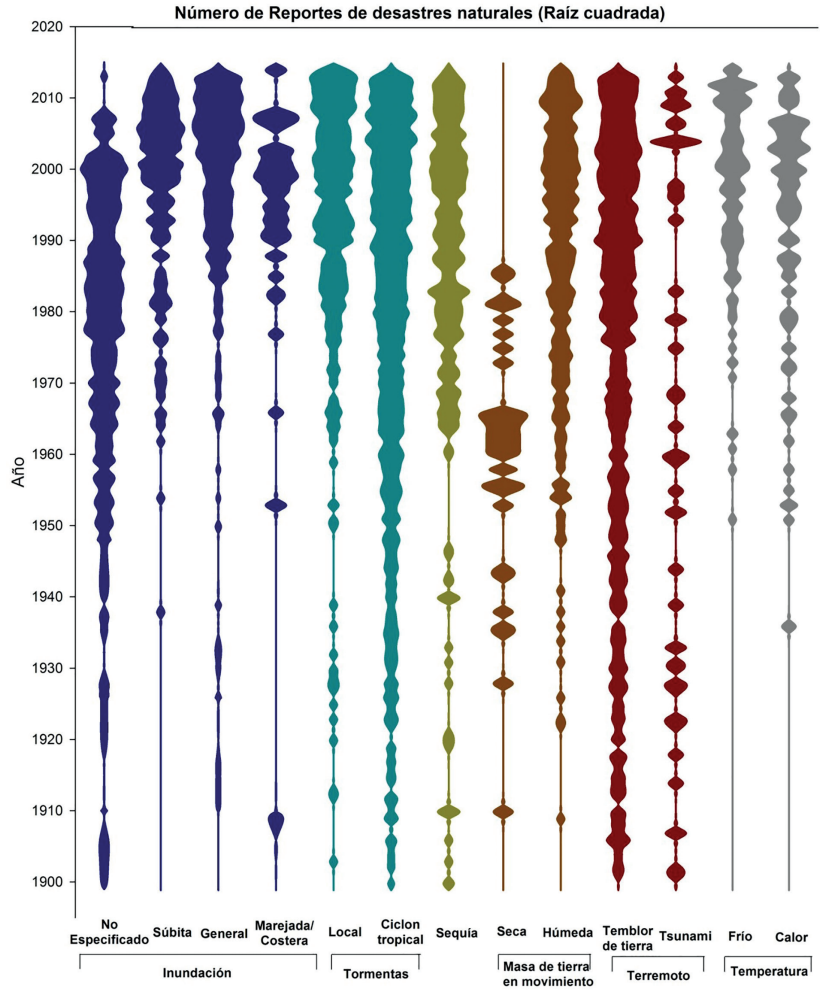
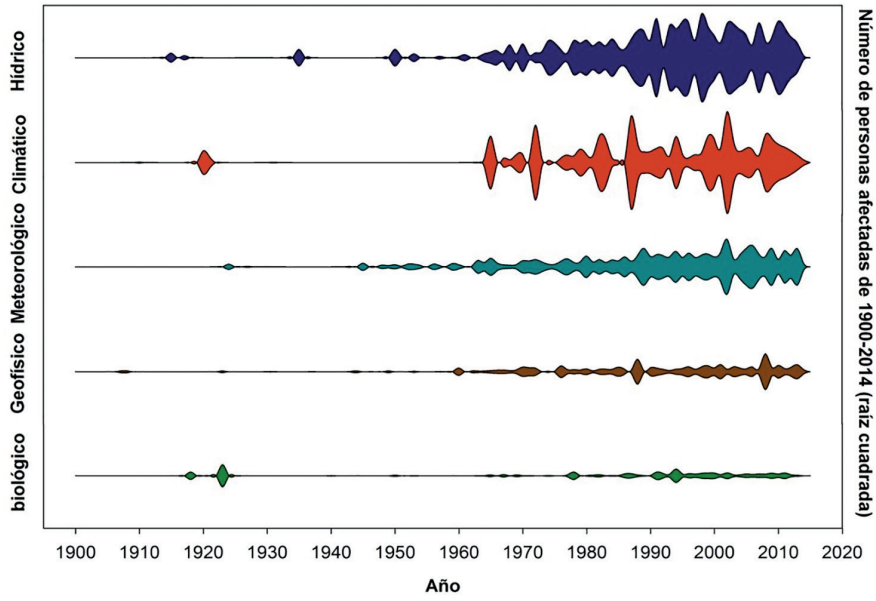


Figura 3.5 Número reportado de personas afectadas por desastre en el periodo 1900-2014



Fuente: con información de EM-DAT, agosto, 2014.

En efecto, este tipo de desastres son responsables del mayor número de afectados en todo el planeta por desastres considerando el periodo de 1900 a agosto 2014 (figura 3.5). Cabe señalar que los desastres son considerados como eventos aleatorios, particularmente por su complejidad física. Es importante subrayar que las inundaciones y las tormentas son responsables de más del 55% de víctimas por desastres (EM-DAT, agosto, 2014) y que, si la tendencia climática actual se prolonga, es de esperarse que continúen ocurriendo más desastres hidrológicos e incluso observar un incremento significativo. Por su parte, Palmer y Raïsänen (2002) especifican que el cambio climático afectará la probabilidad de ocurrencia de temporadas atípicas de lluvias de alta intensidad en el transcurso de los próximos cien años, pudiendo fácilmente incrementar hasta cinco veces la probabilidad de ocurrencia actual de estos eventos.

Cabe resaltar que México, a través de su historia, ha estado inmerso en frecuentes fenómenos meteorológicos extremos, los cuales han quedado mar-

cados en la memoria de la población y la han forzado a desarrollar mejores técnicas hidrológicas e hidráulicas para aprender a vivir con las inundaciones. En efecto, desde la época de la gran Tenochtitlán sus habitantes experimentaban un frecuente incremento de la altura del agua en lagos y ríos, mismo que generaba inundaciones, y ello les obligó a diseñar y construir impresionantes estructuras hidráulicas tan importantes e ingeniosas como las de cualquier otra cultura desarrollada de la época (González Sosa et al., 2012).

El país se ve afectado anualmente, en promedio, por 8 huracanes en su costa Atlántica y de los cuales al menos dos de ellos penetran al continente, mientras que la costa del país del Océano Pacífico es azotada anualmente, en promedio, por 13 huracanes y donde al menos cuatro de ellos tocan tierra y son la causa de daños severos (Bitrán, 2000). Para mostrar la magnitud de los daños causados por inundaciones en el país, la descripción sucinta de los siguientes eventos son ejemplos ampliamente claros y suficientes:

a) El huracán Gilbert en el año de 1988 ha sido uno de los ciclones tropicales más intensos, destructores y letales registrados en el Océano Atlántico durante el siglo pasado, sus efectos se registraron fuertemente en seis estados del país y donde su paso ocasionó un total de 225 muertes, 46 heridos, cerca de 10 mil viviendas afectadas y más de 364 mil hectáreas de cultivos siniestradas (Bitrán, 2000).

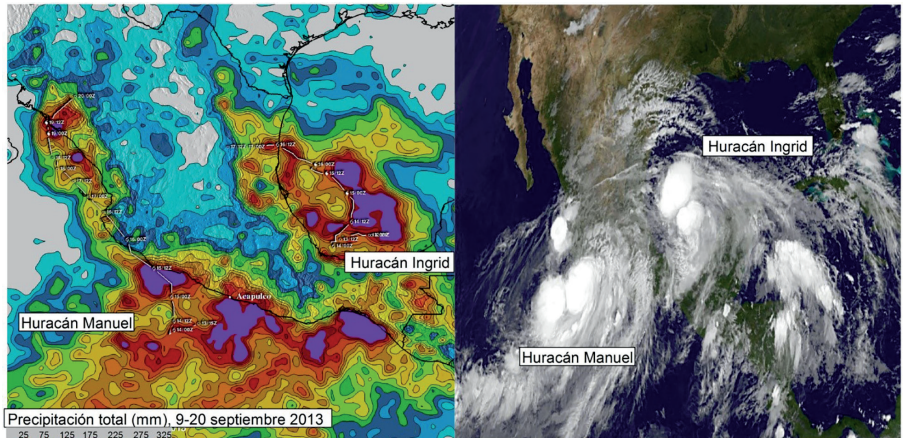
b) La inundación generada por una de las más importantes depresiones tropicales de los últimos 40 años en México, ocurrió en octubre de 1999, particularmente en la región del Istmo de Tehuantepec y fue responsable de más de 260 muertes y enormes daños a lo largo de 81 municipios (Bitrán, 2000).

c) En 2007 el estado de Tabasco fue víctima de una precipitación extraordinaria en la parte media de la cuenca del río Grijalva, evento que ocasionó la inundación de más del 70% de su territorio y alcanzando en los sitios urbanos mayormente afectados hasta una profundidad de 4 m (Gaytán-Iniestra y Rodríguez, 2012).

d) En septiembre de 2013 las costas del país con el Océano Pacífico y con el Golfo de México fueron simultáneamente azotadas por los devastadores huracanes Ingrid y Manuel dejando en su recorrido por territorio nacional más de 23 muertes y daños económicos por al menos 1 500 millones de dólares en la costa y al menos 169 muertes y daños superiores a 4 200 millones de dólares

en la zona afectada de la costa del Golfo de México (AONBenfield, 2013). La imagen de la figura 3.6 muestra claramente la magnitud de la zona de afectación a causa de los huracanes Ingrid y Manuel en territorio mexicano (NASA, 2013a). Es importante destacar que rara vez se presentan dos huracanes en forma simultánea en territorio mexicano, y que la última ocasión previa al año 2013, ocurrió en 1958 (NASA, 2013a).

Figura 3.6. Imagen TRMM de la NASA mostrando la precipitación total del 9 al 20 de septiembre de los huracanes Manuel e Ingrid (izquierda) y Huracanes Manuel e Ingrid impactando las costas mexicanas del Océano Pacífico y del Golfo de México



Fuente: NASA, 2013a y NASA, 2013b.

3.4 Evaluación del riesgo por inundación y construcción de escenarios

Bajo la definición riesgo como el producto del peligro, la vulnerabilidad y su costo asociado, luego podemos decir que una evaluación de riesgo de inundación depende de la estimación del peligro de inundación. Esta evaluación del peligro puede ser de predicción o de pronóstico y debe ser capaz de proporcionar un conjunto de respuestas que faciliten la construcción de las diferentes fases de un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones (SATI). Una evaluación del tipo pronóstico corresponde al comportamiento en el corto plazo de una inundación. Es decir, considerando un tiempo de minutos, horas o días, o incluso un pronóstico estacional. Una evaluación de tipo predictivo corresponde al análisis probabilístico de ocurrencia de una inundación y se

lleva a cabo con base en los registros históricos de variables hidrométricas y/o climatológicas ajustando una función de distribución de probabilidad a dicha información siguiendo una serie de procesos de simulación hidrológica e hidráulica hasta obtener la definición de zonas afectadas (para mayor detalle se refiere al lector a Díaz-Delgado et al., 2005).

Así, un análisis de riesgo de inundación debe contemplar:

a. La identificación de las causas del peligro de inundación;
b. El análisis de frecuencia de eventos hidrológicos extremos (periodo de retorno y magnitud);
c. La identificación y ubicación de las planicies de inundación;
d. La estimación de la magnitud del tirante de las inundaciones (hmax);
e. La estimación de la duración de la inundación;
f. La estimación de la velocidad máxima alcanzada por el pico de flujo de la inundación (Qmax);
g. La cuantificación de elementos en exposición (población y principales bienes e infraestructura estratégica) y sus vulnerabilidades.

Estas evaluaciones constituyen los principales elementos de información indispensables para el diseño de un plan estratégico de gestión contra inundaciones. En consecuencia una evaluación de riesgo por inundación debe investigar el proceso particular del fenómeno para la zona en estudio y éste puede realizarse a través de los dos análisis siguientes: a) determinación del peligro de inundación, el cual consiste en un análisis morfológico, hidrológico/hidráulico de la cuenca; y b) determinación de la vulnerabilidad, consistente en el análisis de censos poblacionales y otras informaciones complementarias que faciliten la cuantificación de la infraestructura física, de elementos del ecosistema, población y aspectos económicos potencialmente en peligro de afectación.

El análisis hidrológico comprende desde la modelación de la distribución espaciotemporal de precipitación y generación de escurrimiento hasta la concentración de flujos en diferentes puntos del río principal. Mientras que el análisis hidráulico se refiere a la modelación del tránsito del agua, a través de los diferentes tramos de río, e incluye la evaluación de posibles fallas de la infraestructura existente de protección contra inundación, así como la estimación de la zona afectada y sus niveles de agua máximos alcanzados. La evaluación del riesgo de inundación debe contemplar el análisis de todos los escenarios relevantes, sus probabilidades de ocurrencia y posibles daños socioeconómicos asociados (Baró-Suárez et al., 2011). Un ejemplo de los procesos antes men-

cionados puede observarse en las figuras 3.7 a 3.8 las cuales fueron efectuadas con ayuda de modelos matemáticos y en una plataforma de un sistema de información geográfica como lo proponen Díaz-Delgado et al. (2012).

Figuras 3.7. Marco conceptual para la evaluación del peligro de inundación

Fuente: Díaz-Delgado et al., 2012.

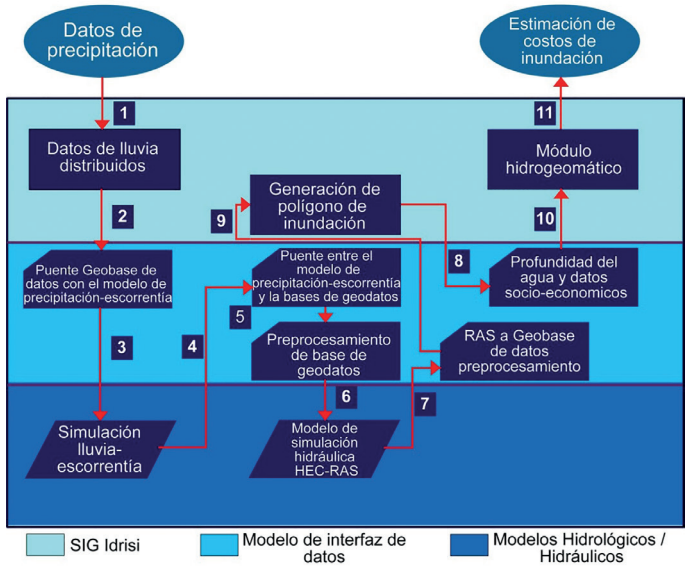
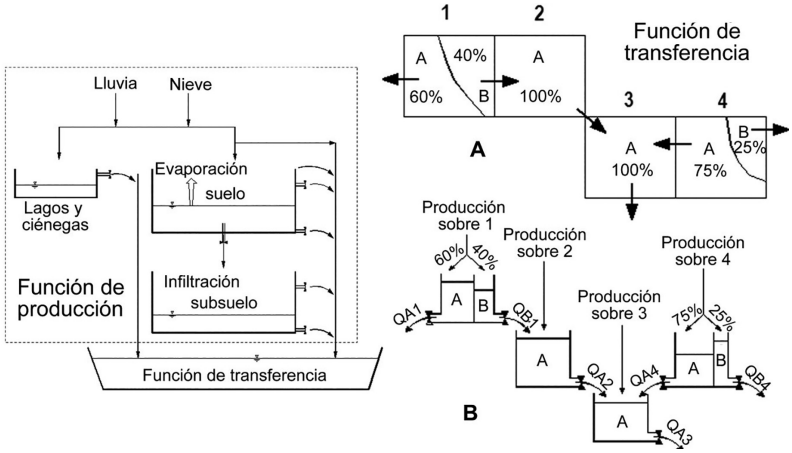
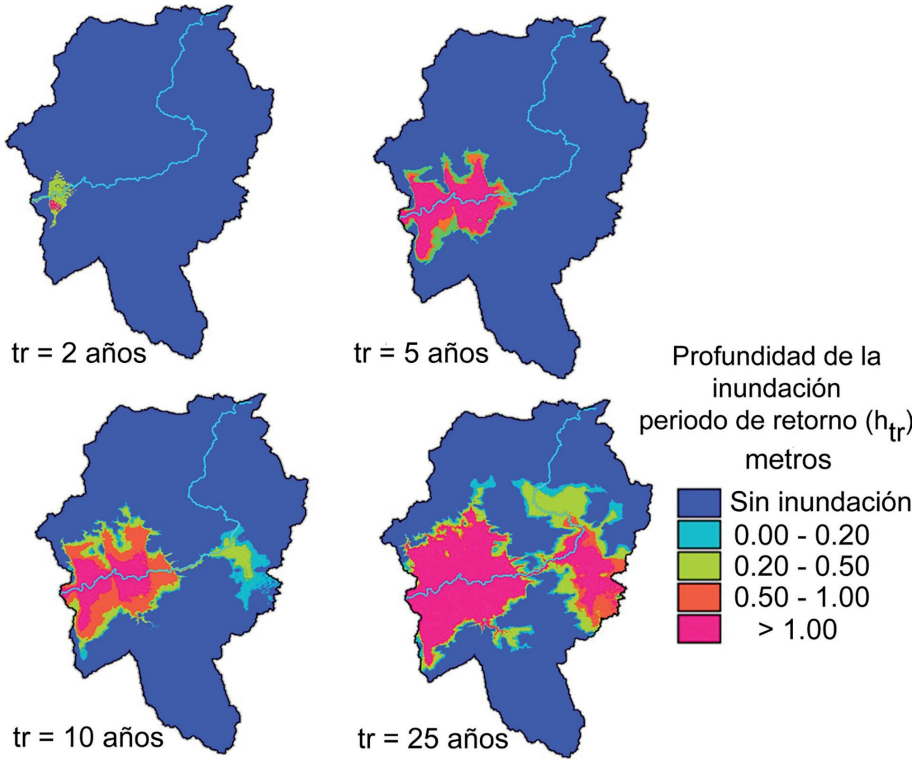


Figura 3.8. Esquema del proceso de una modelación hidrológica lluvia escurrimiento Fuente: modificadas de Bâ et al., 2001.



La "función de producción" representada en la figura 3.9 (lado izquierdo), modela el flujo vertical del agua. El esquema describe la transferencia entre la precipitación, la fusión de nieve, la evapotranspiración, la infiltración y las variaciones en la primera capa de suelo, así como con las reservas de agua subterránea. La "función de transferencia" (lado derecho de la figura 3.9), describe la entrega de agua a través de la red de drenaje teniendo en cuenta la influencia de lagos, ciénagas, almacenamientos e infraestructura hidráulica artificial como embalses, canales, derivaciones, tomas de agua, etcétera (Bâ et al., 2001 y Eleuch et al., 2009).

Figura 3.9. Ejemplo de la modelación del riesgo de inundación en una cuenca para diferentes periodos de retorno Fuente: elaboración propia



De acuerdo con Díaz-Delgado et al. (2014), toda clase de perjuicio causado por una inundación abarca un amplio rango de efectos nocivos no solo en los humanos, su salud y sus pertenencias sino también en la infraestructura

pública, herencia cultural, sistemas ecológicos, producción industrial y fuerza competitiva en la economía afectada. Aunque la terminología difiere ocasionalmente, los daños causados por inundación son normalmente categorizados en daños tangibles e intangibles y a su vez en directos e indirectos (Baró et al., 2012). Los daños tangibles son aquellos que pueden ser fácilmente especificados en términos monetarios (Baró et al., 2012). Los intangibles tratan sobre toda clase de bienes y servicios en los que no existe un mercado para realizar transacciones, por lo que resulta más complicado valorarlos en términos monetarios como son fallecimientos, efectos a la salud y daños a bienes ecológicos (Messner et al., 2007).

Se incluyen en esta categoría impactos a la salud relacionados con estrés, pérdida o daño de bienes irremplazables. Se manifiestan como la pérdida de utilidad debido a restricción de actividades, dolor y sufrimiento, ansiedad sobre el futuro y preocupación. Los daños directos corresponden a todo tipo de perjuicio que se relaciona con el contacto físico inmediato del agua de inundación con las personas, propiedades y el medio ambiente. Incluye daño a edificios, bienes económicos, diques, pérdida de cultivos y ganado, pérdidas humanas, impactos inmediatos a la salud, contaminación de sistemas ecológicos. Por su parte, los daños indirectos ocurren como consecuencia de la inundación y la interrupción de actividades económicas y sociales. Como ejemplos de daños indirectos pueden mencionarse los siguientes: pérdida de producción económica debido a instalaciones destruidas; falta de suministro de energía y telecomunicaciones; interrupción de suministro de bienes; pérdida de tiempo y beneficios debido a la interrupción en el tránsito vehicular; así como perturbaciones en los mercados (aumento de precios de alimentos) (Baró et al., 2012).

En el análisis de valoración de daños directos tangibles, los métodos de evaluación directa son los más desarrollados y utilizados a nivel mundial. Uno de los métodos de evaluación directa más común es el que se basa en la integración de una función daño económico / profundidad de la inundación. En este método se utiliza una base de datos espacial que incluye información sobre usos del suelo, características hidráulicas y actividades humanas de la zona de estudio. Esta base de datos geoespacial es el soporte para determinar los tipos, severidad y localización de los daños ocasionados por una inundación (Baró et al., 2012).

Baró y colaboradores (Baró et al., 2011 y 2012) han propuesto un conjunto de curvas que constituyen un método de evaluación directa de daños por inundación diseñados para la república mexicana. Este procedimiento involucra

bases de datos geoespaciales disponibles para todo el país a través de los productos generados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y otras fuentes de información nacional. Las bases de datos sobre los bienes contenidos en las viviendas facilitan la cuantificación, para las diferentes clases de vivienda, considerando el tipo de bienes, su número y valor. Esta información resulta indispensable para inferir el costo generado por una inundación, así para cada tipo de Área Geoestadística Básica (AGEB) del país se estableció una familia de curvas de daños por inundación, es decir, las curvas de costo máximo, mínimo y más probable. Los modelos matemáticos obtenidos se presentan en la tabla 3.1. Para el caso de la valoración de daños tangibles indirectos, éstos se suelen estimar como una proporción de los daños tangibles directos.

Tabla 3.1 Modelos matemáticos de daños tangibles directos en zona habitacional ocasionados por inundación

Índice de marginación	Modelo matemático (costo en no. salarios mínimos)
Muy alto	DDHmax = 247.63 Ln(h) + 668.44 DDHmin = 141.36 Ln(h) + 382.45 DDHmp = 156.92 Ln(h) + 424.33
Alto	DDHmax = 289.63 Ln(h) + 801.56 DDHmin = 228.58 Ln(h) + 637.93 DDHmp = 280.51 Ln(h) + 777.60
Medio (1 planta)	DDHmax = 709.63 Ln(h) + 1976.04 DDHmin = 544.93 Ln(h) + 1546.60 DDHmp = 685.51 Ln(h) + 1913.15
Medio (2 plantas)	DDHmax = 549.55 Ln(h) + 1345.57 DDHmin = 405.03 Ln(h) + 965.27 DDHmp = 528.39 Ln(h) + 1289.88
Bajo (1 planta)	DDHmax = 877.28 Ln(h) + 2479.23 DDHmin = 797.24 Ln(h) + 2233.19 DDHmp = 865.56 Ln(h) + 2443.20
Bajo (2 plantas)	DDHmax = 666.15 Ln(h) + 1632.94 DDHmin = 595.33 Ln(h) + 1409.03 DDHmp = 605.70 Ln(h) + 1441.82
Muy bajo (1 planta)	DDHmax = 1521.80 Ln(h) + 4051.63 DDHmin = 1210.14 Ln(h) + 3321.20 DDHmp = 1255.78 Ln(h) + 3428.17
Muy bajo (2 plantas)	DDHmax = 1230.35 Ln(h) + 2850.34 DDHmin = 939.78 Ln(h) + 2221.33 DDHmp = 1187.79 Ln(h) + 2758.22

Fuente: Baró et al., 2012. Nota: h: profundidad máxima alcanzada de inundación (m); DDHmax: Daños directos en zona habitacional (Costo máximo); DDHmin: Daños directos en zona habitacional (Costo mínimo); DDHmp: Daños directos en zona habitacional (Costo más probable; Ln(h): Logaritmo natural de la altura máxima de agua alcanzada en la inundación.

Los porcentajes propuestos por Kates (1965) son los más empelados y fueron obtenidos a partir del análisis de varios estudios realizados por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América en diversas cuencas que abarcaron un amplio rango de características (tabla 3.2). Estos porcentajes son aceptados por razones prácticas, ya que el tiempo que se requiere para un análisis detallado de los daños indirectos es demasiado considerable para que pueda justificarse su empleo en un estudio en particular para una inundación específica.

Tabla 3.2 Porcentaje aplicado para valorar los daños tangibles indirectos por inundación

Zona de afectación	(%)
Zonas residenciales	15
Áreas comerciales	35
Áreas industriales	45
Servicios públicos	10
Propiedades públicas	34
Zonas agrícolas	10
Carreteras	25
Ferrocarriles	23

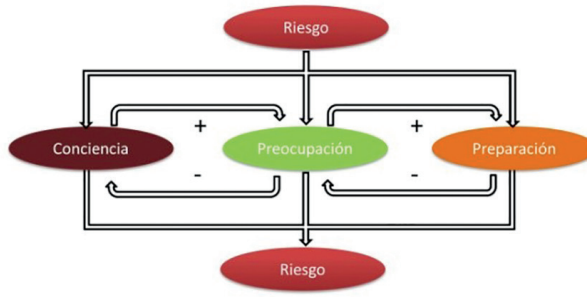
Fuente: propuesto por Kates (1965)

3.5 Percepción del riesgo de inundación

La percepción de riesgo está caracterizada como un juicio intuitivo sobre el peligro en un contexto de información limitada e incierta (Raaijmakers et al., 2008). Es el conocimiento o creencia de la severidad de la amenaza de un evento ambiental extremo, así como la probabilidad subjetiva de experimentar daños (Olczyk, 2004). Se identifican tres características del riesgo (Raaijmakers et al., 2008, Diaz-Delgado et al., 2014) aplicables a inundaciones: a) Preocupación (temor o miedo experimentado por el peligro que representa una inundación); b) Conciencia (conocimiento del riesgo al que se encuentra expuesto una persona); y c) Preparación (control sobre el riesgo). La percepción de riesgo resulta de la relación entre las tres características mencionadas conforme a las relaciones establecidas en el modelo conceptual de la figura 3.10. Este modelo indica que un mayor nivel de conciencia conlleva un nivel de preocupación mayor, lo que trae como consecuencia un mayor nivel de pre-

paración y que, en sentido inverso una sociedad más preparada se encontrará menos preocupada a cerca del peligro a la que está expuesta. Sin embargo, en el largo plazo, cuando se tiene consciencia de un nivel de preparación elevado, el nivel de preocupación se reduce lo que generaría un nivel de conciencia menor ante la exposición al peligro lo que nuevamente eleva la posibilidad que una población pueda sufrir algún tipo de daño.

Figura 3.10. Elementos que intervienen en la percepción del riesgo



Fuente: Díaz-Delgado et al., 2014.

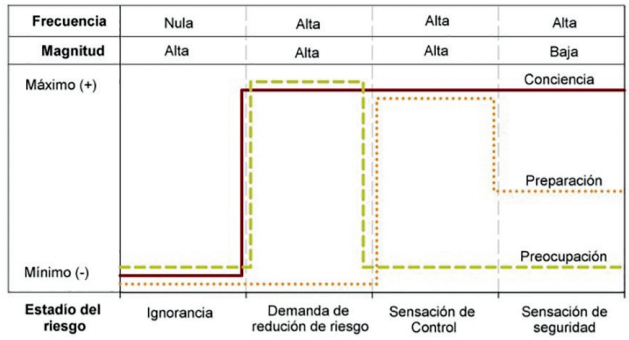
Los estados de riesgo descritos a continuación se proponen como una alternativa de clasificación con la finalidad de cubrir el universo de inundaciones que pueden presentarse en una zona geográfica determinada. Dichos estados, indicados en la figura 3.11, pueden conocerse a priori con la información cualitativa histórica relativa con: a) la frecuencia de ocurrencia, la altura, duración y velocidad, b) el nivel de preparación, preocupación y conciencia de la población.

Ignorancia: En este estado, la población o los individuos que la conforman no están preocupados ni preparados para hacer frente a un episodio de emergencia principalmente porque no tienen conciencia del riesgo lo que a su vez está asociado con la falta de información. Predomina en una población que no ha experimentado previamente una inundación o tiene una frecuencia de aparición muy baja. Representa la situación de exposición a daños más elevada.

Demanda de reducción de riesgo: Corresponde a un estado donde las personas o poblaciones están altamente conscientes y preocupadas por el riesgo al que están sujetos pero carecen de una preparación para hacer frente a la emergencia. Este estado, es común en poblaciones con antecedentes de inundaciones recurrentes y de magnitud elevada que no cuentan con sistemas

adecuados de información, prevención, evacuación, albergues y cadenas de abastecimiento o aprovisionamiento. En estas condiciones la expectativa de daños a la población resulta elevada.
Sensación de control: Es un estado similar al de demanda de reducción de riesgo, pero la población cuenta con una preparación adecuada y con sistemas de apoyo eficientes por lo que su nivel de preocupación es bajo. Se presenta principalmente en poblaciones que han sufrido de manera recurrente inundaciones de magnitud importante, pero donde los daños han sido aminorados por el grado de preparación e intervención.

Figura 3.11. Estados del riesgo en función de la frecuencia y magnitud de las inundaciones. Fuente: Díaz-Delgado et al., 2014.



Sensación de seguridad: Este estado tiene lugar cuando la población o el individuo tiene un elevado nivel de conciencia del riesgo al que está expuesto y considera que está preparado (sin que sea el nivel de preparación más adecuado o elevado) para hacer frente a una posible emergencia por lo que su nivel de preocupación es bajo. Es típico en poblaciones en las que se presentan inundaciones recurrentes de baja magnitud y los daños no son muy importantes. Es importante mencionar que el efecto de crisis indica que la conciencia de desastre aumenta durante e inmediatamente después de que ocurre, pero se disipa rápidamente. Inmediatamente después de una inundación, la gente sobreestima el riesgo por inundación (Shen, 2010). Por otra parte, existe la tendencia a la amnesia social, es decir, se piensa de forma optimista que un evento como el ocurrido no va a volver a suceder (Vallejo y Vélez, 2009).

Los estados de riesgo mencionados están asociados con una serie de factores que permiten la transición entre ellos y en su caso inciden en que sean reforzados o transformados. Por ejemplo, una persona que tenga la propiedad

de una casa se encontrará más preocupada, debido al miedo de perderla (Motoyoshi et al., 2004). De acuerdo con su preparación, edad y experiencia, una persona adoptará medidas de protección, así como la participación en actividades de protección civil y la cercanía de la vivienda a un cuerpo de agua (Miceli et al., 2007; Saurí et al., 2010). La falta de información con respecto a las medidas de prevención evita que la gente pueda prepararse ante un evento de inundación (Rico et al., 2010). Las medidas de protección también se dan por parte del gobierno, a medida que éste brinde mayor confianza a la población, la preocupación de la gente será menor (Teun y Gutteling, 2008).

Con la finalidad de establecer de forma sistemática la relación entre los factores que inciden sobre el estado de riesgo, es necesario establecer además el vínculo entre estos últimos y los elementos que determinan la percepción del riesgo definido previamente. Este vínculo es importante ya que permite identificar que factor incide directamente en la característica del riesgo e indirectamente en el reforzamiento o transición de un estado de riesgo en el caso de que se pretenda articular un conjunto de acciones o una política pública. En la tabla 3.3 se concreta este elemento adicional del marco de referencia a partir de los factores asociados a los estados de riesgo descritos anteriormente (Díaz-Delgado et al., 2014).

Tabla 3.3 Factores que intervienen en la percepción del riesgo
Fuente: Díaz-Delgado et al., 2014.

Factor	Característica de la percepción del riesgo
Implicación social de los ciudadanos	conciencia
Participación del gobierno en mitigación de daños por inundación	preocupación
Composición familiar	preocupación
Miedo ante inundaciones	preparación
Participación en actividades de protección civil	preparación
Conocimiento de medidas de protección	preparación
Alerta temprana	conciencia y preparación
Medios de comunicación	conciencia y preparación

Factor	Característica de la percepción del riesgo
Grado de exposición	conciencia y preparación
Nivel de información	conciencia y preparación
Nivel socioeconómico	conciencia y preparación
Propiedad de la vivienda	preocupación y preparación
Edad	preocupación y preparación
Cercanía a un cuerpo de agua	conciencia, preocupación y preparación
Experiencia previa en inundaciones	conciencia, preocupación y preparación

3.6 Gestión de los escenarios de riesgo por inundación

Algunas consideraciones sobre la gestión de los escenarios de riesgo por inundación parten de las siguientes disposiciones: el Reglamento de la Ley General de Protección Civil, publicada el 13 de junio de 2014, la Ley General de Protección Civil, publicada el 3 de junio de 2014 y el Programa Nacional de Protección Civil 2014-2018. Donde "la Gestión Integral de Riesgos deberá contribuir al conocimiento integral del Riesgo para el desarrollo de las ideas y principios que perfilarán la toma de decisiones y, en general, las políticas públicas, estrategias y procedimientos encaminados a la reducción del mismo" (H. Congreso de la Unión, 2014a: 3).

Además, "La Gestión Integral de Riesgos" considera, entre otras, las siguientes fases anticipadas a la ocurrencia de un agente perturbador:

I. Conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos.
II. Identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos, así como sus escenarios.
III. Análisis y evaluación de los posibles efectos.
IV. Revisión de controles para la mitigación del impacto.
V. Acciones y mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos.
VI. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos.
VII. Fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad"

(H. Congreso de la Unión, 2014b: 9-10).

El Programa Nacional de Protección Civil 2014-2018 (Gobierno de la República, 2014), dentro de sus objetivos, estrategias y líneas de acción, plantea lo siguiente:

"Objetivo 1. Fomentar la acción preventiva en la Gestión Integral de Riesgos para disminuir los efectos de fenómenos naturales perturbadores. La atención de las consecuencias derivadas de fenómenos naturales perturbadores se ha inclinado históricamente a la etapa de auxilio en situaciones de emergencias y desastres, y al dejar de lado el carácter preventivo, genera altos costos. De gran importancia son los enfoques a las acciones preventivas que coadyuven a la disminución del riesgo ante desastres de origen natural, fortalecidos con los conocimientos de las vulnerabilidades existentes en las comunidades. La prevención frente a los riesgos naturales existentes y los producidos por el cambio climático o la acción del hombre deben formar parte de las estrategias en materia de la Gestión Integral de Riesgos. Los programas de fomento hacia las acciones preventivas deben transformarse en el eslabón de cohesión con el resto de las estrategias que conforman la Gestión Integral de Riesgos para que en su conjunto fortalezcan y mejoren las acciones del Sistema Nacional de Protección Civil" (12-13).

"Estrategia 1.1 Inducir el enfoque preventivo en las actividades de los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil. Líneas de Acción:

1.1.1. Fortalecer la actuación de los gobiernos locales, las entidades federativas y el Gobierno Federal para la mitigación de riesgos.
1.1.2. Asesorar a las unidades de la Administración Pública Federal para impulsar la reducción de la vulnerabilidad física de la infraestructura nacional.
1.1.3. Fomentar un adecuado desempeño de las unidades internas de protección civil de la Administración Pública Federal.
1.1.4. Reestructurar los esquemas educativos mediante l a incorporación y promoción de estrategias enfocadas a la prevención.
1.1.5. Fortalecer y homogeneizar el esquema de capacitaciones en materia de protección civil a nivel nacional.
1.1.6. Consolidar al Atlas Nacional de Riesgos como una herramienta primordial para la toma de decisiones en materia de prevención.
1.1.7. Gestionar que la información que proporcione el Sistema Nacional de Alertas mejore las acciones preventivas a nivel municipal.
1.1.8. Impulsar la transversalidad de la GIR en la Administración Pública Federal" (13).

"Estrategia 1.2 Analizar el impacto de los desastres para una efectiva toma de decisiones en materia preventiva. Líneas de acción:

1.2.1. Generar escenarios homogéneos de riesgo que incorporen información socioeconómica a un sistema de información.

1.2.2. Formalizar, unificar y promover la transversalidad de la metodología de análisis de riesgos.

1.2.3. Analizar peligros, vulnerabilidades y riesgos, a través de escenarios nacionales, regionales y locales para la mejor toma de decisiones" (13).

"Estrategia 1.3 Generar lineamientos para los procesos de elaboración, evaluación y seguimiento de Planes de Continuidad de Operaciones. Líneas de acción:

1.3.1. Establecer esquemas de trabajo con las entidades de la Administración Pública Federal para elaborar Planes de Continuidad de Operaciones.

1.3.2. Elaborar herramientas web que optimicen la gestión de información durante el proceso de elaboración de Planes de Continuidad de Operaciones.

1.3.3. Evaluar y emitir observaciones para la mejora y actualización de los Planes de Continuidad de Operaciones.

1.3.4. Realizar eventos en las entidades federativas para promover Planes de Continuidad de Operaciones y difundir los avances a nivel nacional" (13).

"Objetivo 2. Fortalecer la cultura de la protección civil mediante la vinculación nacional e internacional. El SINAPROC es un conjunto articulado de estructuras organizacionales, métodos y políticas para reducir sistemáticamente los riesgos y proteger a la población impulsando una cultura preventiva. En tal sentido, para concretar la finalidad que persigue el sistema, son factores clave el grado de coordinación que establezca el gobierno con la iniciativa privada y las organizaciones de la sociedad, la inclusión de la participación ciudadana como proveedora de estrategias y el análisis de riesgos, y evaluación e implantación de los programas preventivos dirigidos a la sociedad. Asimismo, se requiere enfocar los esquemas de capacitación y formación de los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil, que fortalezcan la cultura de la autoprotección y colaboren con las comunidades para disminuir los riesgos y resistir el impacto de los desastres, gracias a la comprensión de los fenómenos naturales y antropogénicos. A nivel internacional, es necesario fortalecer el Sistema Nacional de Protección Civil con la participación en programas internacionales, el in-

tercambio de experiencias y conocimientos con otros países y la participación en foros regionales e internacionales" (13).
"Estrategia 2.1 Instrumentar campañas para el fomento de la cultura de protección civil. Líneas de acción:

2.1.1. Promover con las entidades federativas y los municipios programas que fomenten en la sociedad una cultura de protección civil.
2.1.2. Participar en la coordinación de acciones de cultura preventiva, con las entidades federativas y los municipios o delegaciones.
2.1.3. Impulsar una intensa campaña de información preventiva dirigida especialmente a la población vulnerable asentada en zonas de alto riesgo.
2.1.4. Difundir la cultura preventiva a través de todos los medios disponibles considerando su adaptación a lenguas originarias.
2.1.5. Impulsar programas para fomentar en la sociedad una cultura de protección civil y adaptación a los efectos del cambio climático.
2.1.6. Implementar acciones que permitan conocer el impacto de las campañas de sensibilización e información entre la población" (13-14).

"Estrategia 2.2 Desarrollar acciones que impulsen la participación social y sectorial en protección civil. Líneas de acción:

2.2.1. Generar espacios para mejorar la captación de información ciudadana sobre riesgos.
2.2.2. Integrar redes ciudadanas promotoras de la protección civil, con mujeres y hombres de todos los grupos de edad.
2.2.3. Promover la cultura de protección civil como parte de la responsabilidad social con los representantes del sector privado.
2.2.4. Fortalecer la vinculación con la sociedad mediante la celebración de convenios.
2.2.5. Fomentar la capacidad de resiliencia en la sociedad mexicana" .

"Estrategia 2.3 Formar y acreditar recursos humanos para el servicio de la población en la gestión integral de riesgos. Líneas de acción:

2.3.1. Formar recursos humanos en la gestión integral de riesgos por medio de la Escuela Nacional de Protección Civil.
2.3.2. Desarrollar contenidos educativos de gestión integral de riesgos con lenguaje incluyente.
2.3.3. Implementar los programas de estudio de la Escuela Nacional de Protección Civil (14).

"Estrategia 2.4 Evaluar las competencias de personal dedicado a la protección civil. Líneas de acción:

2.4.1. Elaborar la base de competencias asociadas a las actividades de protección civil.
2.4.2. Generar instrumentos para la evaluación de las competencias (14).

"Estrategia 2.5 Incrementar la participación de México en el plano internacional en materia de protección civil. Líneas de acción:
2.5.1. Consolidar acuerdos con otros países para establecer estrategias de cooperación en materia de Gestión Integral de Riesgo.
2.5.2. Apoyar y colaborar en foros internacionales que permitan el intercambio de conocimientos en materia de protección civil.
2.5.3. Vincular a integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil con países y organismos internacionales líderes en temas de protección civil.
2.5.4. Fortalecer la vinculación con Universidades y centros de investigación para el desarrollo e innovación de la Gestión Integral de Riesgos (14).

"Objetivo 3. Mejorar la coordinación de los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil en emergencias y desastres. Debido a los constantes fenómenos naturales perturbadores que afectan al extenso territorio del país, la atención de emergencias y desastres se convierte en un elemento fundamental de protección a la población y las autoridades deben contar con protocolos definidos para cada caso. Por lo anterior, el SINAPROC privilegiará los aspectos proactivos de la administración de emergencias y desastres, anticipándose eficazmente a los escenarios de crisis y fortaleciendo la corresponsabilidad entre los integrantes del sistema, además de sumar instrumentos innovadores para la administración de situaciones catastróficas y la prevención como una herramienta de mejora continua hacia donde el sistema deberá ir evolucionando. Para atender dichas situaciones, entre las medidas urgentes a adoptar están, entre muchas otras, incrementar el equipamiento especializado de protección civil, homologar los protocolos de respuesta ante los fenómenos naturales y antrópicos que describe la Ley General de Protección Civil y crear un Centro Nacional de Emergencias que opere de manera permanente y permita monitorear todo el país" (14).

"Estrategia 3.1 Fortalecer el enfoque estratégico del Sistema Nacional de Protección Civil en emergencias y desastres. Líneas de acción:
3.1.1. Fomentar la homologación de los programas de protección civil gubernamentales y de los sectores privado y social.

3.1.2. Promover la eficacia operativa de dispositivos de emergencia en situaciones catastróficas.
3.1.3. Fomentar la colaboración entre autoridades estatales y municipales en la atención de emergencias y desastres.
3.1.4. Identificar factores sociales de vulnerabilidad de género en la atención de desastres de origen natural y humano.
3.1.5. Incorporar la perspectiva de género en los programas y planes de protección civil" (14-15).

"Estrategia 3.2 Eficientar la administración de emergencias y desastres a cargo del Sistema Nacional de Protección Civil. Líneas de acción:
3.2.1. Fortalecer las actividades del Centro Nacional de Comunicación y Operación de Protección Civil.
3.2.2. Generar un modelo unificado de administración de emergencias y desastres.
3.2.3. Establecer el diagnóstico y evaluación en la atención de emergencias y desastres para mejorar los procesos de acción.
3.2.4. Implementar cinco regiones de Protección Civil en el país para mejorar la atención a emergencias y desastres" (15).

"Estrategia 3.3 Gestionar la información recibida por el Sistema Nacional de Alertas y el Centro Nacional de Emergencias. Líneas de acción:
3.3.1. Aplicar la información del Centro Nacional de Emergencias para eficientar estrategias preventivas y reactivas del Sistema Nacional de Protección Civil.
3.3.2. Fomentar la coordinación de la administración pública federal, entidades federativas y municipios para alertar e intercambiar información sobre fenómenos perturbadores (15).

"Objetivo 4. Generar un marco jurídico consistente que permita brindar certeza jurídica a las acciones en materia de protección civil. El marco jurídico que sustente las actividades de protección civil debe ser consistente y homogéneo para proveer a las autoridades elementos que permitan llevar a cabo acciones eficientes en beneficio de la población, evitando así duplicidad de actuaciones o un trabajo descoordinado, además de vacíos jurídicos para los servidores públicos. La Ley General de Protección Civil considera la Gestión de Riesgos como eje de actuación para la protección civil y la integración de ésta en la normatividad local permitirá tener leyes articuladas que brinden un soporte jurídico a las autoridades de la materia, por eso es fundamental promover

ante las autoridades locales las reformas a sus normas. Otro aspecto de alta relevancia es la atención a asentamientos humanos en zonas de riesgo, la Ley General prevé que se considerará como delito grave la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un análisis de riesgo. Sin embargo, dicho precepto no se contempla en la normatividad correspondiente. Por lo tanto, se debe promover ante las autoridades y congresos locales que lleven a cabo las reformas necesarias que les permita atender lo establecido en la legislación federal. Finalmente, la Ley General contempla aspectos generales que deben ser fortalecidos con normatividad complementaria, por eso es fundamental actualizarla y complementarla con Normas Oficiales Mexicanas, para que en conjunto se cuente con un marco jurídico sólido, actualizado, homogéneo y operable" (15).

"Estrategia 4.1 Consolidar la actualización y creación de ordenamientos jurídicos complementarios de la Ley General de Protección Civil. Líneas de acción:

4.1.1. Impulsar la elaboración y actualización de ordenamientos jurídicos que fortalezcan la Ley General de Protección Civil.
4.1.2. Motivar a dependencias y entidades de la administración pública federal a integrar en su normatividad la Gestión Integral de Riesgos.
4.1.3. Impulsar la emisión de Normas Oficiales Mexicanas que proporcionen regulaciones técnicas a los procesos y servicios de protección civil.
4.1.4. Incorporar la perspectiva de igualdad de género en toda la normatividad que se emitan en materia de protección civil (15).

"Estrategia 4.2 Promover la homologación de la normatividad federal, estatal y municipal incorporando la Gestión Integral de Riesgo. Líneas de acción:

4.2.1. Impulsar la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno para integrar en su normatividad la Gestión Integral de Riesgos.
4.2.2. Asesorar a las autoridades estatales y municipales para la integración de la Gestión Integral de Riesgos en su normatividad.
4.2.3. Inducir la participación de los congresos locales en la homologación de la normatividad de protección civil.
4.2.4. Promover ante autoridades locales la integración en sus legislaciones de normas que eviten asentamientos humanos en zonas de alto riesgo (15-16).

"Estrategia 4.3 Fomentar el cumplimiento de la normatividad en materia de protección civil y de asentamientos humanos. Líneas de acción:

4.3.1. Promover ante las autoridades estatales y municipales la aplicación de sanciones en materia de protección civil.
4.3.2. Desincentivar la ocupación de suelo en zonas que no cuenten con un análisis de riesgos y la autorización correspondiente.
4.3.3. Fortalecer la evaluación de la conformidad para un efectivo cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas" (16).

"Objetivo 5. Fomentar la adopción y el uso de innovación tecnológica aplicable a la protección civil. En la medida de que la tecnología permita conocer las causas y reducir los efectos de los fenómenos perturbadores, el Sistema Nacional de Protección Civil contará con mayores y mejores elementos para la mejora de los procesos de planeación en la prevención, atención y reducción de los desastres. La innovación es un eje fundamental en el mundo moderno, actualizar y mejorar las tecnologías actuales mantendrán al Sistema Nacional de Protección Civil a la vanguardia en el conocimiento, uso y difusión de las tecnologías para la Protección Civil. Para fortalecer las capacidades de operación y atención, es fundamental que los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil cuenten con el equipamiento e instalaciones necesarias para tales fines, en el mismo tenor es necesario modernizar las herramientas tecnológicas e innovar en los esquemas de operación para tener un mayor acercamiento a la población. Aumentar la cooperación con estrategias compartidas entre los centros de investigación, universidades y gobiernos que consoliden la investigación y vinculación científica entre todos los niveles de gobierno, los organismos internacionales y la sociedad (16).

"Estrategia 5.1 Promover la investigación aplicada, la ciencia y la tecnología para la Gestión Integral de Riesgos. Líneas de acción:

5.1.1. Fomentar la investigación e intercambio de información en ciencia y tecnología sobre la Gestión Integral de Riesgos entre instituciones académicas.
5.1.2. Promover en las entidades federativas la creación de Comités Técnicos y Científicos con la participación de instituciones de educación superior.
5.1.3. Reforzar las actividades de la Red Nacional de Evaluadores en los tres niveles de gobierno.
5.1.4. Incrementar los estudios sobre la implicación de las actividades

humanas en los desastres y medio ambiente con un enfoque de género.
5.1.5. Contribuir a la generación de una cultura de la innovación tecnológica de los distintos sectores del país.
5.1.6. Fomentar la creación de grupos de investigadores, organizaciones, representantes de la sociedad, que fortalezcan la innovación tecnológica en México.
5.1.7. Generar esquemas de cooperación nacional e internacional que mejoren la investigación e innovación tecnológica en el ámbito de protección civil.
"Estrategia 5.2 Mantener actualizado el Atlas Nacional de Riesgos para convertirlo en una herramienta útil para el desarrollo y el ordenamiento del territorio. Líneas de acción:
5.2.1. Supervisar el desarrollo y actualización de los Atlas Estatales, Municipales y Delegacionales, bajo criterios homogéneos, integrándolos al Atlas Nacional.
5.2.2. Asesorar a las entidades federativas en la integración de sus Atlas Estatales, Municipales y Delegacionales de riesgos. 5.2.3. Garantizar la operación continua y actualización de las bases de datos del Atlas Nacional de Riesgos.
5.2.4. Vincular el Atlas Nacional de Riesgo con el Atlas de Vulnerabilidad ante Cambio Climático" (16).

"Estrategia 5.3 Consolidar al Sistema Nacional de Alertas como herramienta gestora de la información al Sistema Nacional de Protección Civil. Líneas de acción:
5.3.1. Crear y operar el Sistema Nacional de Alertas, para informar oportunamente y mejorar así la seguridad de los mexicanos.
5.3.2. Mejorar los mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos mediante la implementación tecnológica aplicable al Sistema Nacional de Alertas.
5.3.3. Integrar dentro del sistema, plataformas tecnológicas que alerten a la población ante la ocurrencia y posible impacto de fenómenos perturbadores.
5.3.4. Promover la estandarización de los sistemas existentes de monitoreo y alertamiento de fenómenos perturbadores.
5.3.5. Coordinar la instrumentación de redes de monitoreo y alerta de fenómenos naturales para su homologación con el Sistema Nacional de Alertas. 5.3.6. Impulsar la investigación, creación y desarrollo de nuevos sistemas de alerta y monitoreo" (16-17).

"Objetivo 6. Fomentar la eficiencia en la asignación y distribución de recursos de los instrumentos financieros de gestión de riesgos. Los eventos catastróficos sufridos en años recientes ponen de manifiesto que la protección civil en México se sostenía en un modelo de intervención mayoritariamente reactivo basado en el desastre como detonante de la acción de la autoridad. Lo anterior, ha ocasionado que los recursos tendientes a la protección civil sean orientados considerablemente a la atención de los daños provocados por los desastres de origen natural, lo que no necesariamente ha garantizado la eficiencia de los recursos autorizados. En este sentido, resulta indispensable la adopción de diversas líneas de acción que permitan ampliar y fortalecer la intervención gubernamental, sustituyendo al desastre como el centro de las gestiones y eficientar el destino de los recursos asignados a protección civil. La respuesta pronta y efectiva en la prevención, así como en la atención de emergencias y desastres implica la correcta, eficaz y transparente asignación de los recursos conducentes, por lo que debe de asumirse la responsabilidad y liderazgo en la materia, para mitigar los efectos producidos por fenómenos naturales perturbadores, en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil. Lo anterior, con la finalidad de garantizar la seguridad y tranquilidad de la población, de acuerdo con los principios de complementariedad, corresponsabilidad y transparencia, señalados en la Ley General de Protección Civil" (17).

"Estrategia 6.1 Impulsar que los instrumentos preventivos de gestión de riesgo cuenten con mayores recursos para asegurar el financiamiento de proyectos preventivos. Líneas de acción:

6.1.1. Promover estrategias entre instancias que operan y presupuestan instrumentos preventivos, encaminadas a concientizar sobre la necesidad de financiar proyectos preventivos.

6.1.2. Impulsar que el recurso asignado para la realización de acciones preventivas se encuentre disponible en los instrumentos financieros (17).

"Estrategia 6.2 Fomentar el acceso a los recursos de carácter preventivo para privilegiar acciones que mitiguen el impacto de fenómenos naturales perturbadores. Líneas de Acción:

6.2.1. Realizar talleres periódicos de capacitación, dirigidos a las instancias contempladas como solicitantes para acceder a recursos provenientes de instrumentos preventivos.

6.2.2. Impulsar campañas de información relativa a los objetivos y alcances de los instrumentos financieros preventivos.

6.2.3. Eficientar los procedimientos de acceso a los instrumentos financieros de orden preventivo.

6.2.4. Revisar la normativa vigente y aplicable a los instrumentos financieros preventivos para detectar áreas de mejora en su implementación.
6.2.5. Coordinar esfuerzos que deriven en reformas normativas procedimentales y presupuestales de los instrumentos financieros preventivos, para su mejor operación" (17).

"Estrategia 6.3 Eficientar la asignación de recursos para atención de emergencias y desastres para garantizar apoyo a la población e infraestructura afectada. Líneas de Acción:

6.3.1. Impulsar medidas de mitigación para daños futuros, asegurando la no generación de nuevos riesgos y mejorando para ello las condiciones preexistentes.
6.3.2. Promover que la normativa de atención de emergencias contemple mecanismos que otorguen certeza de recepción de insumos a la población.
6.3.3. Coordinar esfuerzos que deriven en reformas normativas procedimentales y presupuestales de los instrumentos financieros de atención de emergencias y desastres.
6.3.4. Promover la oportuna autorización de recursos, por parte de las instancias competentes, para la eficaz atención de emergencias y desastres.
6.3.5. Realizar campañas de información y difusión, sobre el acceso a los instrumentos financieros de atención de desastres.
6.3.6. Sistematizar el procedimiento de acceso a los instrumentos financieros de gestión de riesgo a través de una plataforma tecnológica homologada.
6.3.7. Eficientar el uso de equipo especializado adquirido con cargo a los instrumentos financieros de gestión de riesgos" (18).

De igual manera, otro documento que habla sobre la gestión del riesgo es el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, desde la adopción del Marco de Acción de Hyogo en 2005, y como se documenta en los informes nacionales y regionales sobre los progresos realizados en su aplicación y en otros informes de nivel mundial, los países y otros actores pertinentes han logrado avances en la reducción del riesgo de desastres a nivel local, nacional, regional y mundial, lo que ha contribuido a la disminución de la mortalidad en el caso de algunas amenazas. La reducción del riesgo de desastres es una inversión rentable en la prevención de pérdidas futuras. Una gestión eficaz del riesgo de desastres contribuye al desarrollo sostenible (ONU, 2015: 9). Este programa plantea cuatro prioridades de acción (ONU, 2015: 14) dentro de estas se seleccionaron las medidas más importantes:

"Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres. Las políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno" (ONU, 2015: 14).

"Niveles nacional y local para lograr lo anterior es importante:

a) Fomentar la recopilación, el análisis, la gestión y el uso de datos pertinentes e información práctica y garantizar su difusión teniendo en cuenta las necesidades de las diferentes categorías de usuarios, como corresponda.

b) Alentar el recurso a bases de referencia y su fortalecimiento y evaluar periódicamente los riesgos de desastres, la vulnerabilidad, la capacidad, el grado de exposición, las características de las amenazas y la posible secuencia de efectos en las escalas social y geográfica pertinentes sobre los ecosistemas, con arreglo a las circunstancias nacionales.

c) Elaborar, actualizar periódicamente y difundir, como corresponda, información sobre el riesgo de desastres basada en la ubicación, incluidos mapas de riesgos, para los encargados de adoptar decisiones, el público en general y las comunidades con riesgo de exposición a los desastres, en un formato adecuado y utilizando, según proceda, tecnología de información geoespacial.

d) Evaluar, registrar, compartir y dar a conocer al público las pérdidas causadas por desastres y comprender el impacto económico, social, sanitario, educativo y ambiental y en el patrimonio cultural, como corresponda, en el contexto de la información sobre la vulnerabilidad y el grado de exposición a amenazas referida a sucesos específicos.

e) Asegurar que la información no confidencial desglosada por pérdidas sobre el grado de exposición a amenazas, la vulnerabilidad, los riesgos y los desastres esté disponible y accesible libremente, como corresponda.

f) Promover el acceso en tiempo real a datos fiables, hacer uso de información espacial e in situ, incluidos los sistemas de información geográfica (SIG), y utilizar las innovaciones en materia de tecnología de la información y las comunicaciones para mejorar los instrumentos de medición y la recopilación, el análisis y la difusión de datos.

g) Fomentar las inversiones en innovación y desarrollo tecnológico en las investigaciones a largo plazo sobre amenazas múltiples y orientadas a la búsqueda de soluciones en la gestión del riesgo de desastres a fin de abordar las carencias, los obstáculos, las interdependencias y los retos sociales, económicos, educativos y ambientales y el riesgo de desastres" (ONU, 2015: 16).

"Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar

dicho riesgo. La gobernanza del riesgo de desastres en los planos nacional, regional y mundial es de gran importancia para una gestión eficaz y eficiente del riesgo de desastres a todos los niveles. Es necesario contar con claros objetivos, planes, competencia, directrices y coordinación en los sectores y entre ellos, así como con la participación de los actores pertinentes. Por lo tanto, el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la prevención, mitigación, preparación, respuesta, recuperación y rehabilitación es necesario y fomenta la colaboración y las alianzas entre mecanismos e instituciones en la aplicación de los instrumentos pertinentes para la reducción del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible" (ONU, 2015: 17).

"Niveles nacional y local para lograr lo anterior es importante:

a) Incorporar e integrar la reducción del riesgo de desastres en todos los sectores entre un sector y otro y examinar y promover la coherencia y ulterior desarrollo, como corresponda, de los marcos nacionales y locales de las leyes, regulaciones y políticas públicas que, al definir las distintas funciones y responsabilidades, ayuden a los sectores público y privado a lo siguiente: i) hacer frente al riesgo de desastres en los servicios y la infraestructura de propiedad pública o administrados o regulados por el Estado; ii) fomentar y proporcionar los incentivos que sean pertinentes para movilizar a las personas, las familias, las comunidades y las empresas; iii) reforzar los mecanismos e iniciativas pertinentes para la transparencia del riesgo de desastres, que pueden incluir incentivos financieros, iniciativas de capacitación y sensibilización públicas, exigencias de presentación de informes y medidas legales y administrativas; y iv) poner en marcha estructuras de organización y coordinación.

b) Adoptar y aplicar estrategias y planes nacionales y locales de reducción del riesgo de desastres con diferentes calendarios de ejecución, con metas, indicadores y plazos, a fin de evitar la creación de riesgos, reducir los riesgos existentes y aumentar la resiliencia económica, social, sanitaria y ambiental.

c) Realizar una evaluación de la capacidad técnica, financiera y administrativa de gestión del riesgo de desastres para abordar los riesgos detectados a nivel local y nacional.

d) Elaborar y fortalecer, como corresponda, los mecanismos para el seguimiento, la evaluación periódica y la comunicación pública de los avances en los planes nacionales y locales y promover el escrutinio público y alentar los debates institucionales, en particular entre legisladores y otros funcionarios pertinentes, sobre los informes de los avances en los planes locales y nacionales para la reducción del riesgo de desastres.

e) Alentar a los legisladores a que apoyen la aplicación de medidas de re-

ducción del riesgo de desastres mediante la elaboración de legislación nueva pertinente o la modificación de la existente y el establecimiento de asignaciones presupuestarias.

f) Promover el desarrollo de normas de calidad, como certificaciones y premios en materia de gestión del riesgo de desastres, con la participación del sector privado, la sociedad civil, las asociaciones profesionales, las organizaciones científicas y las Naciones Unidas" (ONU, 2015: 17-18).

Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia. Las inversiones públicas y privadas para la prevención y reducción del riesgo de desastres mediante medidas estructurales y no estructurales son esenciales para aumentar la resiliencia económica, social, sanitaria y cultural de las personas, las comunidades, los países y sus bienes, así como del medio ambiente. Estos factores pueden impulsar la innovación, el crecimiento y la creación de empleo. Esas medidas son eficaces en función del costo y fundamentales para salvar vidas, prevenir y reducir las pérdidas y asegurar la recuperación y rehabilitación efectivas (ONU, 2015: 18).

"Niveles nacional y local para lograr lo anterior es importante:

a) Asignar los recursos necesarios, incluidos recursos financieros y logísticos, como corresponda, a todos los niveles de la administración para desarrollar y poner en práctica estrategias, políticas, planes, leyes y reglamentos para la reducción del riesgo de desastres en todos los sectores pertinentes.

b) Promover mecanismos para transferencia y seguros del riesgo de desastres, distribución y retención de riesgos y protección financiera, como corresponda, para las inversiones tanto públicas como privadas a fin de reducir las consecuencias financieras de los desastres para los gobiernos y las sociedades, en zonas urbanas y rurales.

c) Promover la resiliencia al riesgo de desastres de los lugares de trabajo mediante medidas estructurales y no estructurales.

d) Promover la incorporación de las evaluaciones del riesgo de desastres en la elaboración y aplicación de políticas territoriales, incluidas la planificación urbana, las evaluaciones de la degradación de las tierras y las viviendas informales y no permanentes, y el uso de directrices y herramientas de seguimiento basadas en los cambios demográficos y ambientales previstos.

e) Aumentar la resiliencia de los sistemas sanitarios nacionales, incluso integrando la gestión del riesgo de desastres en la atención primaria, secundaria y terciaria de la salud, especialmente a nivel local, desarrollando la capacidad de los trabajadores de la salud para comprender el riesgo de desastres y aplicar

enfoques para la reducción del riesgo de desastres en la labor médica, promoviendo y fortaleciendo los medios de capacitación en el ámbito de la medicina aplicada a desastres, y apoyando y capacitando a grupos de atención sanitaria comunitaria en lo relativo a los enfoques de reducción del riesgo de desastres en los programas sanitarios, en colaboración con otros sectores, así como en la aplicación del Reglamento Sanitario Internacional (2005) de la Organización Mundial de la Salud.

f) Fortalecer el diseño y la aplicación de políticas inclusivas y mecanismos de protección social, incluso mediante la implicación comunitaria, integrados con programas para mejorar los medios de vida, y el acceso a servicios sanitarios básicos, incluso de salud materna, neonatal e infantil, salud sexual y reproductiva, seguridad alimentaria y nutrición, vivienda y educación, con el fin de erradicar la pobreza, encontrar soluciones duraderas en la fase posterior a los desastres y empoderar y ayudar a las personas afectadas de manera desproporcionada por los desastres.

g) Las personas con enfermedades crónicas y potencialmente mortales, debido a sus necesidades especiales, deben ser incluidas en el diseño de las políticas y los planes para gestionar sus riesgos antes, durante y después de los desastres, incluido su acceso a servicios de salvamento.

h) Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas y aplicar enfoques integrados de ordenación del medio ambiente y los recursos naturales que incorporen la reducción del riesgo de desastres.

i) Aumentar la resiliencia de las operaciones comerciales y la protección de los medios de vida y los bienes de producción en todas las cadenas de suministro, asegurar la continuidad de los servicios e integrar la gestión del riesgo de desastres en los modelos y prácticas comerciales.

j) Reforzar la protección de los medios de vida y los bienes de producción, incluidos el ganado, los animales de labor, los aperos y las semillas.

k) Promover e integrar enfoques de gestión del riesgo de desastres en toda la industria del turismo, habida cuenta de que a menudo se depende en gran medida del turismo como factor clave para impulsar la economía" (ONU).

"Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y reconstruir mejor en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción El crecimiento constante del riesgo de desastres, incluido el aumento del grado de exposición de las personas y los bienes, combinado con las enseñanzas extraídas de desastres pasados, pone de manifiesto la necesidad de fortalecer aún más la preparación para casos de desastres, adoptar medidas con anticipación a los acontecimientos, integrar la reducción del riesgo de desastres en la preparación y asegurar que se cuente

con capacidad suficiente para una respuesta y recuperación eficaces a todos los niveles" (ONU, 2015: 21).

"Niveles nacional y local para lograr lo anterior es importante:

a) Preparar o examinar y actualizar periódicamente los planes, políticas y programas de preparación y contingencia para casos de desastre con la participación de las instituciones pertinentes, teniendo en cuenta las hipótesis de cambio climático y sus efectos en el riesgo de desastres, y facilitando como corresponda la participación de todos los sectores y de los actores pertinentes.

b) Desarrollar, mantener y fortalecer sistemas de alerta temprana y de predicción de amenazas múltiples que sean multisectoriales y estén centrados en las personas, mecanismos de comunicación de emergencias y riesgos de desastres, tecnologías sociales y sistemas de telecomunicaciones para la supervisión de amenazas, e invertir en ellos; desarrollar esos sistemas mediante un proceso participativo; adaptarlos a las necesidades de los usuarios, teniendo en cuenta las particularidades sociales y culturales, en especial de género; promover el uso de equipo e instalaciones de alerta temprana sencillos y de bajo costo; y ampliar los canales de difusión de información de alerta temprana sobre desastres.

c) Promover la resiliencia de la infraestructura vital nueva y existente, incluidas las de abastecimiento de agua, transporte y telecomunicaciones, las instalaciones educativas, los hospitales y otras instalaciones sanitarias, para asegurar que sigan siendo seguras, eficaces y operacionales durante y después de los desastres a fin de prestar servicios esenciales y de salvamento.

d) Establecer centros comunitarios para promover la sensibilización pública y almacenar los materiales necesarios para realizar las actividades de rescate y socorro.

e) Adoptar políticas y acciones públicas en apoyo de la labor de los empleados del sector público con miras a establecer o reforzar mecanismos y procedimientos de coordinación y financiación para la asistencia de socorro y planificar y preparar la recuperación y reconstrucción después de los desastres.

f) Asegurar la continuidad de las operaciones y la planificación, incluida la recuperación social y económica, y la prestación de servicios básicos en la fase posterior a los desastres.

g) Promover la realización de ejercicios periódicos de preparación, respuesta y recuperación ante los desastres, incluidos simulacros de evacuación, la capacitación y el establecimiento de sistemas de apoyo por zonas, con el fin de asegurar una respuesta rápida y eficaz a los desastres y los desplazamientos conexos, incluido el acceso a refugios y a suministros esenciales de socorro alimenticios y no alimenticios, según las necesidades locales.

h) Promover la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los procesos de recuperación y rehabilitación después de los desastres, facilitar los vínculos entre el socorro, la rehabilitación y el desarrollo, aprovechar las oportunidades durante la fase de recuperación para desarrollar capacidades que permitan reducir el riesgo de desastres a corto, mediano y largo plazo, entre otras cosas mediante medidas como la planificación territorial, la mejora de las normas estructurales y el intercambio de experiencias, conocimientos, exámenes después de los desastres y enseñanzas extraídas, e integrar la reconstrucción después de los desastres en el desarrollo económico y social sostenible de las zonas afectadas. Esto debería aplicarse también a los asentamientos temporales de personas desplazadas por los desastres" (ONU, 2015: 21-22).

3.7 Medidas de control y adaptación a las inundaciones

Las medidas para el control de inundaciones pueden ser del tipo estructural y no estructural. Las estructurales son aquellas que modifican el sistema fluvial a través de obras en la cuenca (medidas extensivas) o en el río (medidas intensivas y localizadas) para evitar el desborde hacia el lecho mayor del flujo proveniente de las crecidas. Las medidas no estructurales, o de adaptación, son aquellas en que los impactos son reducidos por la mejor convivencia de la población con las crecidas, a través de acciones preventivas como la alerta de inundación, la zonificación de las áreas de riesgo, el seguro contra inundaciones y las medidas de protección individual (Tucci, 2007). Sin embargo, por su naturaleza, sería ingenuo pretender controlar totalmente una inundación ya que no habría nunca suficientes recursos y siempre existiría la probabilidad de falla. Por ello sería más adecuado hablar de medidas de mitigación con el objetivo de minimizar las consecuencias negativas del fenómeno. En consecuencia, es inminente la necesidad de contar con Planes Estratégicos Integrados de Gestión de Inundaciones que contengan medidas de control combinadas que incluyan medidas estructurales y no estructurales como sistemas de alerta temprana contra inundaciones y de planes de evacuación que consideren la instrumentación mínima de medición de variables hidrometeorológicas, aspectos logísticos y de cadena de suministro respectivos.

Las medidas estructurales son obras de ingeniería implementadas para reducir el riesgo de afectación por crecidas. Estas medidas pueden ser extensivas o intensivas. Las medidas extensivas son aquellas que se implementan en la cuenca modificando las relaciones entre precipitación - territorio - caudal, tales como el incremento de la cobertura vegetal del suelo (reforestación) que reduce y retarda los picos de crecidas, y el control de la erosión en la cuenca

que contribuye a mantener las geometrías de las secciones transversales de los canales y las capacidades de flujo y almacenamiento de canales y embalses respectivamente en la cuenca, o bien acciones de reubicación de asentamientos humanos altamente vulnerables. Las medidas intensivas son aquellas que actúan en el río y pueden ser de tres tipos (Tucci, 2007): (a) *acelerando el flujo:* construcción de diques, aumento de la capacidad de descarga de los ríos y corte de meandros; (b) *retardando el flujo:* embalses y cuencas de amortiguamiento; c) *desviando el flujo:* obras como canales de desvíos temporales. En la Tabla 3.4 se presentan las principales características de las medidas estructurales. Es importante subrayar que las medidas estructurales no pueden ser proyectadas para dar una protección completa, pues siempre existirá la probabilidad de ocurrencia de un evento superior al del diseño. Una protección infalible es física y económicamente inviable. Adicionalmente, se señala que una medida estructural puede crear una falsa percepción de seguridad y con ello favorecer la ocupación de planicies inundables con probabilidad de futuras consecuencias desastrosas.

Las medidas no-estructurales de control de inundaciones no actúan directamente sobre las características del flujo de crecida, sino sobre el incremento de la resiliencia del sistema ante la ocurrencia de un evento de inundación. Es decir, sobre la modificación de la susceptibilidad del territorio y contenidos inundables, dichas acciones son de carácter preventivo tales como:

a) Sistema de pronóstico y alerta temprana (b) Ordenamiento territorial
c) Planeación territorial
d) Atlas de Riesgo
e) Plan de evacuación y ubicación de albergues
(Gaytán-Iniestra y Rodríguez, 2012; Gaytán-Iniestra et al., 2013),
f) Zonificación de áreas de riesgo de inundación,
g) Estimación de daños tangibles e intangibles
(directos e indirectos) por inundación (Baró Suárez et al., 2011; Díaz-Delgado et al., 2012)
h) Diseño de sistema de indemnizaciones justas y suficientes para damnificados,
i) contratación de pólizas de seguro contra inundación (particularmente en zonas agrícolas)
j) Planes de contingencia por enfermedades ocasionadas por calidad del agua de inundación
k) Constitución de fondos de prevención o reparación de daños y protección individual contra inundación.

Tabla 3.4 Características principales de medidas estructurales de mitigación de inundación Fuente: modificada de Tucci, 2007.

Medida	Aplicación	Principal ventaja	Principal desventaja
Medidas extensivas			
Incremento de la cobertura vegetal y mejoramiento de cuencas	Cuencas pequeñas e incluyen reforestación, terraceo, presas de gaviones, zanjas infiltrantes, etc. (mayor efecto en áreas <10 km2)	Favorece la infiltración, disminuye escurrimientos superficiales y amortigua el pico de crecida.	Insuficiente para grandes cuencas y / o periodos de retorno > 10 años
Control de la pérdida de suelo	Cuencas pequeñas	Reducción de erosión y sedimentación	Insuficiente para grandes cuencas y / o periodos de retorno > 10 años
Programas de reubicación de asentamientos humanos 1	Cuencas altamente vulnerables	Reducción del riesgo y costo de la inundación y salvaguarda de vidas humanas.	Costos elevados y posibles conflictos sociales.
Medidas intensivas			
Diques	Grandes ríos y en la planicie de inundación	Alto grado de protección del área específica	Daños significativos en caso de falla. Cuando además se forman terrazas se incrementa el valor de la infraestructura instalada y con ello el riesgo.
Mejoras en la morfología del río			
Reducción de la rugosidad y eliminación de obstrucciones	Ríos pequeños	Aumento del caudal con poca inversión	Efecto localizado y posible traslado de inundación aguas abajo
Corte de meandro	Área de inundación estrecha	Amplia el área protegida y facilita el flujo	Impacto negativo en ríos con fondo aluvional
Espigones	Ríos con flujo a gran velocidad y curvas importantes	Reduce la velocidad del flujo y facilita la sedimentación	Efecto localizado y colmatación.
Construcción de embalses			
Todos los embalses	Cuencas medianas	Control aguas abajo	Difícil ubicación por aspectos relacionados a la propiedad privada del territorio afectado
Embalses con compuertas	Proyectos de usos múltiples	Mayor eficiencia con el mismo volumen gestionado	Vulnerable a errores humanos
Embalses rompe picos	Únicamente diseñado para el control de crecidas	Operación con un mínimo de piedras	Inversión difícilmente compartida
Cambio del canal de flujo			
Sobre el curso de la crecida	Grandes cuencas	Amortiguación del volumen transitado	Depende de la topografía
Desvíos	Cuencas medianas y grandes	Reducción del caudal transitado por el canal principal	Depende de la topografía

Nota Tabla 3.4.: La reubicación de asentamientos humanos puede ser considerada conceptualmente como una medida estructural debido a los requerimientos de construcción de obra, y puede ser no estructural pues no se realizan modificaciones ni al cauce ni al flujo.

l) Concientización a no verter desechos sólidos y / o aguas residuales crudas a los cauces de ríos,
m) Otras.

Las medidas no estructurales también se refieren a la definición de políticas públicas sobre restricciones de crecimiento urbano en planicies inundables, restricciones de uso de suelo, gestión de la cuenca, implementación de redes de monitoreo hidroclimatológico, modelación matemática del fenómeno lluvia- escurrimiento, actualización permanente de estudios de riesgo, capacitación de brigadas de atención de emergencias, incremento de inversión en ciencia y tecnología aplicada al fenómeno de eventos hidrometeorológicos, modificación de la susceptibilidad al daño de infraestructura estratégica existente, y la inspección sistemática de posibles afectaciones en hospitales, comercios, infraestructura de suministro de agua potable, edificios, monumentos arqueológicos, etc. Pero, sobre todo, es importante documentar, comunicar y actualizar todas las acciones de mitigación de daños por inundación a fin de que la población y las autoridades competentes en turno estén informadas y adiestradas en caso de emergencia.

La adopción de estrategias en la gestión de inundaciones es una función de las características hidrológicas-hidráulicas y socioeconómicas de la región afectada. La Tabla 5 las estrategias y opciones generalmente utilizadas en los planes de gestión de inundaciones (OMM, 2009).

3.8 Sistema de alerta temprana contra inundaciones (SATI)

Un SATI (Neussner, 2009) contiene al menos los siguientes cuatro elementos: 1) identificación del riesgo; 2) servicios de monitoreo y alerta; 3) servicios de diseminación y comunicación; y 4) diseño e implementación de capacidad de respuesta. Es importante subrayar que el propósito de este sistema es el de auxiliar en la toma de decisiones a las autoridades para prevenir, mitigar y ayudar primeramente a la población a sobreponerse eficazmente ante un evento de inundación y subsecuentemente a maximizar su salvaguarda con una minimización del impacto económico inherente. Así, un SATI será utilizado para informar a la población sobre una inundación esperada y motivarles a tomar las precauciones y acciones necesarias para su autoprotección y la de sus bienes. Este tipo de fenómenos pueden ser analizados a través de

la teoría de sistemas donde sus tres principales componentes son: hardware, software y orgware. El hardware de un SATI está compuesto por el conjunto de artefactos físicos mediante los cuales se realiza el monitoreo y, en su caso, la difusión de la alerta de alguna situación en particular. El software, consiste en el conjunto de conocimientos, métodos y técnicas para tomar decisiones en el marco de un SATI. El orgware (logística humanitaria y su cadena de suministro) se refiere a la definición de reglas, secuencia de acciones y asignación de responsabilidades, entre otros conceptos, que hacen de este protocolo convertirse en una capacidad de respuesta eficaz y efectiva contra el evento de inundación.

Tabla 3.5. Estrategias y opciones generalmente utilizadas en los planes de gestión de inundaciones

Estrategia	Opciones
Reducción de inundación	Presas y embalses
	Diques, malecones y obras de contención
	Desviación de avenidas
	Ordenación de cuencas
	Mejoras a los canales
Reducción de la vulnerabilidad a los daños	Regulación de las planicies de inundación
	Políticas de desarrollo y reaprovechamiento
	Diseño y ubicación de instalaciones estratégicas
	Normas para viviendas y construcciones
	Protección de elementos estratégicos situados en zonas inundables
	Predicción de alerta de crecidas
	Pronóstico de alerta de crecidas
Atenuar los efectos negativos de las inundaciones	Información y educación permanentes
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de recuperación después de la inundación
	Seguro contra inundaciones
Preservar los recursos naturales presentes en las planicies de inundación	Determinación de zonas potencialmente afectables y regulación del uso de suelo de las planicies de inundación

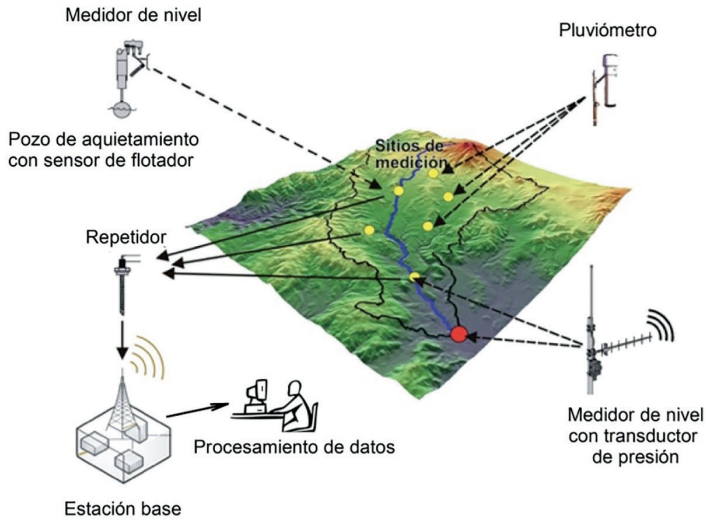
Fuente: modificada de OMM, 2009.

Debido al potencial de ocurrencia de inundaciones, particularmente las repentinas y las severas, y la consecuente pérdida de vidas en muchas áreas del mundo se han construido y puesto en marcha sistemas de alerta temprana los cuales comprenden un sistema de medición remoto en tiempo real, su recolección, transmisión y procesamiento. Su objetivo es obtener observaciones pluviométricas e hidrométricas con intervalos de tiempo a cada diez minutos para realizar simulaciones y pronosticar las características de la inundación. Este procedimiento tiene el fin de maximizar los tiempos de respuesta y de evacuación y facilitar el conjunto de toma de decisiones en el marco de una respuesta que considere el análisis de las predicciones de inundación, sus planes de contingencia respectivos y minimice los impactos en la población y sus bienes. El sistema de medición remoto consta de un conjunto de estaciones pluviométricas e hidrométricas ubicadas estratégicamente en la cuenca, estas estaciones miden por lo menos las variables: precipitación acumulada, intensidad de precipitación y nivel de agua en los cauces. La figura 3.11 muestra el esquema de un sistema de medición hidrometeorológica y transmisión remota en tiempo real. Bajo el análisis antes mencionado, cuando los pronósticos de inundación rebasen umbrales específicos se activarán alarmas indicando el inicio de protocolos de respuesta específica. Como ejemplo de ello, el Servicio Meteorológico Nacional cuenta con un sistema de monitoreo en tiempo real a través de las Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMA) programadas para colectar información a cada diez minutos.

3.9 Reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia ante inundaciones

En cuanto a la reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia ante inundaciones, en las últimas décadas, la frecuencia y el impacto de los desastres en México han aumentado de manera sustancial, esto debido a su ubicación geográfica, que convierte al país en un elemento vulnerable a los fenómenos hidrometeorológicos. Los daños reflejados en la sociedad y en la economía son evidentes. En los últimos 13 años el impacto de los desastres en México ha tenido un costo promedio de $2,000 millones de dólares por año; sólo en Tabasco en el 2007, el Frente Frío número 4 y la Tormenta Tropical Noel, ocasionaron daños y pérdidas económicas en el mes de octubre por $3,100 millones de dólares (González Villarreal et al., 2014).

Figura 3.11. Esquema de un sistema de medición hidrometeorológica y transmisión remota en tiempo real Fuente: Neussner, 2009



Al cambio climático le han sido atribuidos los más recientes efectos a los impactos por fenómenos hidrometeorológicos, sobre todo, por su mayor recurrencia, cuestión que aún se encuentra en debate por la comunidad científica. Las estimaciones de incremento del nivel del mar y la acumulación creciente del sedimento a lo largo de los cauces de los ríos están ocasionando la reducción en la capacidad de descarga de éstos, entre otros factores provocan el aumento de las características de vulnerabilidad física de una zona o territorio determinado (González Villarreal et al., 2014).

Otra causa de la presencia de un mayor impacto negativo por eventos de inundación es la referente al aumento de la vulnerabilidad social, lo que refiere a las características socioeconómicas de las personas, con énfasis especial en los asentamientos ubicados sobre las márgenes de los ríos en todo el Estado. Es por lo anterior, que un reciente estudio realizado en zonas bajo riesgo de inundación, da indicios de que los efectos de las inundaciones, traducidos en daños a los bienes materiales y a otros aspectos sociales y económicos como la salud, el empleo, la educación, pueden verse disminuidos por la capacidad de adaptación que los pobladores han desarrollado ante estos eventos (González Villarreal et al., 2014).

La metodología que establece González Villarreal Fernando Jorge, Carrillo Sosa Juan Javier, Carbajal Barrera Joel y Páez Rosas Stephanie Itcel está enfocada en la resiliencia en comunidades rurales del Estado de Tabasco, con el objetivo de determinar un nivel de resiliencia alto, medio o bajo, representado por medio de un índice. Esta metodología se dividió en dos partes: la primera, una estimación cuantitativa y la segunda, una estimación cualitativa. En el primer paso de la metodología consistió en localizar las poblaciones rurales ubicadas en una cota de 3 msnm o menor, para ello, se utilizó como herramienta un Sistema de Información Geográfica, (SIG), en donde se conjuntaron capas de información ubicando aquellos puntos vulnerables a las inundaciones en el estado de Tabasco. Se determinó la cota de 3 msnm y menor, porque las localidades en este nivel de terreno son las más susceptibles a los eventos de inundación, las cuales se han presentado en los últimos 10 años con mayor recurrencia. Además de que se verificó bajo una indagación hemerográfica (revisión de los diarios de circulación impresa), (González Villarreal et al., 2014).

De manera simultánea a este proceso, ellos diseñaron un cuestionario para la recolección de información, donde se incluyeron cinco categorías o indicadores de análisis. Este cuestionario concentró 28 reactivos (González Villarreal et al., 2014): La primera se refiere al significado de un desastre. Dentro de esta categoría de análisis se englobaron aquellas preguntas dirigidas a determinar que representa para la población un evento de inundación, así como los daños y/o consecuencias presentadas en algún evento de inundación, de igual forma, dentro de esta categoría se retoma la percepción que tiene el entrevistado con relación a qué tanta probabilidad tiene un fenómeno natural (huracán, terremoto, inundación, etc.) para convertirse en desastre. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Considera que la frecuencia con la que se han presentado eventos de inundación en su localidad en los últimos años es…?
2. En caso de que recuerde algún desastre, ¿los daños que se presentaron en su comunidad fueron…?
3. ¿Qué tanta probabilidad tiene un fenómeno natural para convertirse en desastre?
4. ¿Qué tanto considera que los desastres se pueden evitar?
5. ¿Alguna vez ha quedado aislada su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas, debido a algún tipo de fenómeno?,¿La problemática de esta situación fue?

La segunda, el nivel de confianza en sí mismo para enfrentar el evento. Esta categoría se conformó por una serie de preguntas que evaluaron el nivel de confianza en los recursos propios de la población para hacer frente a un evento de inundación, así como los diversos elementos económicos, sociales, psicológicos, etc., con los que cuenta. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Considera que los elementos con que usted cuenta para hacer frente a una inundación son…?
2. Después del desastre que vivió, ¿qué tanta confianza tiene para enfrentar otro evento de inundación como este?

La tercera, la confianza en las instituciones. Esta categoría de análisis permitió conocer la interacción entre la institución municipal encargada de la protección de los habitantes durante diversas contingencias, entre ellas los eventos de inundación y el significado que para la población adquiere esta relación, sobre todo, referente a la seguridad física de las personas. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Qué tanto conocimiento tiene usted sobre alguna obra que contribuya a disminuir efectos de fenómenos naturales perturbadores (construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema dealertamientos, etc.)?
2. ¿Qué tanto considera que participar en un simulacro, contribuye a que la gente se sienta más preparada para enfrentar una inundación?
3. En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿el apoyo que recibió durante una inundación fue…?
4. ¿Qué tanta confianza tiene en las brigadas de rescate?
5. ¿Qué tanta ayuda puede brindar la unidad de protección civil de su municipio?

La cuarta, la seguridad en la vivienda. Esta categoría indagó acerca los bienes dañados o perdidos en las viviendas durante los eventos de inundación. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Qué tantos bienes han perdido a causa de un desastre?
2. En su consideración, ¿cree que su vivienda se encuentra localizada en un área con mayor susceptibilidad a las amenazas?
3. ¿Qué disposición tiene usted para ser reubicado?
4. ¿Las ocasiones en las que ha tenido que ser evacuado o en que ha tenido que escapar de su comunidad a causa de una inundación han sido…?

La quinta, la educación ante desastres. En esta categoría se evaluaron cuestiones referentes a las medidas de seguridad adoptadas por la población y aspectos de concientización ante eventos de inundación. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Qué tanto considera que en su comunidad se identifiquen los peligros?
2. ¿Qué tanta información tiene su comunidad para hacer frente a las inundaciones?
3. ¿Con qué frecuencia se abordan temas relacionados a las inundaciones y las consecuencias que estas pueden acarrear; en los centros educativos de su localidad o municipio?
4. ¿Con qué frecuencia se han llevado a cabo campañas de información en su localidad acerca de los peligros relacionados con las inundaciones?
5. ¿Los medios de información para que usted pueda enterarse de los sucesos que pasan o pudieran pasar en su localidad, en su consideración son…?
6. ¿Qué tanta información tiene acerca de a dónde acudir en caso de una emergencia por inundación?
7. ¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?
8. ¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?
9. ¿Sabe dónde está ubicada y qué función desempeña la unidad de protección civil?
10. ¿Qué tanto considera que su comunidad puede afrontar una situación por inundación?
11. ¿El apoyo que ha recibido por parte de alguna organización no gubernamental en el caso de un desastre por inundación en su comunidad ha sido…?

Después de las medidas que se toman cada año con la finalidad de reducir los impactos negativos por los eventos de inundación, ¿qué tanto considera que su comunidad está más preparada para afrontar una situación de inundación?

Retomando los pasos para la obtención del índice de resiliencia, se utilizó la Escala Likert en los reactivos. Esta escala fue utilizada porque al responder a una pregunta o ítem, se especifica el nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración, lo cual es importante para el análisis de la resiliencia, además, al ser formuladas las preguntas con un lenguaje cotidiano, las respuestas son más coherentes. Cada categoría se conformó por un grupo de preguntas para

su evaluación. Al responder, el encuestado tuvo tres y en algunos casos dos opciones. En el primer caso las opciones fueron: I. Mucho, II. Regular y III. Poco. En el segundo caso: I. Si y II. No (González Villarreal et al., 2014).

El levantamiento de encuestas lo realizaron en el año 2014. Las viviendas que serían encuestadas se localizaron mediante los SIG. Se aplicaron 80 instrumentos, tipo encuesta. El único requisito para personas encuestadas fue tener más de 16 años. Tomando en cuenta las características que convierten en vulnerables a algunos municipios y/o localidades del estado de Tabasco por las inundaciones, aplicaron las encuestas en 5 municipios del estado, estos fueron: Centro, Cárdenas, Paraíso, Jalpa de Méndez y Nacajuca (González Villarreal et al., 2014).

A manera de conclusión y recomendaciones los autores expusieron que era conveniente en esta investigación abordar el tema de la resiliencia desde el aspecto cuantitativo y cualitativo, porque se pudieron comparar los resultados, y así dar mayor validez al mismo. La resiliencia debe ser alimentada con las contribuciones que hagan las instituciones correspondientes a los tres niveles de Gobierno. La resiliencia del ser humano que vive contingencias por eventos de inundación es un aspecto de difícil medición porque los desastres tienden a variar su intensidad y presentan en ocasiones características particulares que difieren de otros eventos presentados en la misma zona. Los aspectos sociales de las inundaciones deben ser complementados con los aspectos técnicos relacionados a la hidráulica e hidrología para que surjan propuestas estructurales e institucionales que contribuyan a la reducción de los impactos por eventos de inundación que guardan una relación con los fenómenos hidrometeorológicos. El progreso y la solución deben centrase en el fomento de la resiliencia del desarrollo humano. Las instituciones, estructuras y normas trastocan la resiliencia humana. Las políticas de Estado y las redes de apoyo a las comunidades pueden empoderar a las personas para superar amenazas (González Villarreal et al., 2014).

3.10 Bibliografía

Aon Benfield (2013). *Impact forecasting: December 2013 global catastrophe recap.* Disponible en: http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/-20140107_if_december_global_recap.pdf.

Bâ, K. M., Osorio, V. R., y Delgado, C. D. (2001). "Simulación de caudales de los ríos Amacuzac y San Jerónimo en el Estado de México, México". *Ingeniería hidráulica en México*, pp. 117-126.

Baró, J.E., Díaz-Delgado, C., Calderón, G., Esteller, M.V., Cadena Vargas, E., y Franco Plata, R. (2012), *Metodología para la valoración de daños potenciales tangibles directos por inundación*, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Baro-Suarez, J.E., Diaz-Delgado, C., Calderon-Aragon, G., Vicenta Esteller-Alberich, M., y Cadena-Vargas, E. (2011). Most probable cost of flood damage in residential areas in Mexico. *Tecnología y ciencias del agua*, pp. 201-218.

Bitrán, D. B. (2000), *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período* 1980-99 (Vol. 1). Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres. Consultado en: http://www.cenapred.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieImpacto/Impacto1.pdf

H. Congreso de la Unión (2014a), *Reglamento de la Ley General de Protección Civil*, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 13-05-2014.

H. Congreso de la Unión (2014b), *Ley General de Protección Civil,* Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 03-06-2014.

CONAGUA (2011), *Manual para el control de inundaciones.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, México), México, DF. Disponible en: http://www.freshwateraction.net/sites/freshwateraction.net/files/-SGT-1-11Manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf

Díaz-Delgado, C., y Gaytan-Iniestra, J. (2015). "Flood risk assessment in humanitarian logistics process design", *Journal of Applied Research and Technology,* Mexico: UNAM.

Díaz-Delgado, C., Esteller Alberich, M.V., López-Vera, F. (2005), Recursos hídricos: conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica, Montevideo/Toluca, Piriguazú ediciones/CIRA-UAEM, 2005, 747 p. Seccion II, Capítulo II.11.

Díaz-Delgado, C., Gómez Albores, M. A., y Hernández-Pérez, J. A. (2012) Modelado hidrológico-hidráulico de inundaciones con estimación de daños directos tangibles. XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Disponible en: http://revistatlaloc.org.mx/amh_congreso/planea_pol.htm

Díaz-Delgado, C., Sánchez Flores, O., Gaytán Iniestra,J, Baró Suárez, J.E., Astudillo Esquivel, O., Castañeda Caballero, R. y Rodríguez Espíndola, O. (2014). "Cinco elementos indispensables a considerar para la mitigación de inundaciones en México", Revista Digital Tlaloc, No. 65/octubre-diciembre de 2014, pp. 1-9. Disponible en: www.amh.or.mx

Eleuch, S., Carsteanu, A., Bâ, K., Magagi, R., Goïta, K., y Diaz, C. (2010). Validation and use of rainfall radar data to simulate water flows in the Rio Escondido basin. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, pp. 559-565. 10.1007/s00477-009-0336-9

EM-DAT (2014) The OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain, Brussels (Belgium). Disponible en: http://www.emdat.be/.

Gobierno de la República (2014), Programa Nacional de Protección Civil 2014-2018, DOF: 30/04/2014, México.

Gaytán-Iniestra, J., y Rodríguez-Espíndola, O. (2012) "Metodología para la ubicación de albergues, centros de distribución y determinación de la política de abastecimiento inicial en inundaciones en México", La importancia de las inundaciones en la gestión integrada de los recursos hídricos en México. González-Sosa, E., Díaz-Delgado, C., Guerra-Cobián, V.H., Gutiérrez-López, M.A., y Ramos Salinas, N.M. (Eds.). México: Universidad Autónoma de Querétaro, Queretaro, pp. 131-154.

González-Sosa, E., Díaz-Delgado, C., Guerra-Cobián, V.H., Gutiérrez-López, M.A., y Ramos Salinas, N.M. (Eds.). (2012) La importancia de las inundaciones en la gestión integrada de los recursos hídricos en México, Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro.

KATES, R.W. (1965), Industrial flood losses: Damage Estimation in Lehigh Valley, Chicago. University of Chicago. Department of Geography. (Research Paper no. 98). The University of Chicago Press, Chicago, USA.

MESSNER, F. Y MEYER, V. (2005), "Flood damage, vulnerability and risk perception - challenges for flood damage research", UFZ-Centre for Environmental Research Leipzig-Halle. Disponible en: https://www.ufz.de/export/data/1/26222_Disk_Papiere_2005_13.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2014.

MICELI, R., SOTGIU, I., y SETTANNI, M. (2007), "Disaster preparedness and perception of flood risk: A study in an alpine valley in Italy", Journal of Environmental Psychology, 28, 2, Elsevier LTD, Amsterdam, pp. 164–173.

MOTOYOSHI, T., SATO, T., FUKUZONDO, T., SEO, K. y IKEDA, S. (2004), "Factors determining residents preparedness for floods in modern megalopolises: the case of the Tokai flood disaster in Japan", Journal of Risk Research, 7, Taylor and Francis Group, Tsukuba, pp. 775 – 787.

NASA-National Aeronautics and Space Administration (2013a) NASA's TRMM satellite shows Hurricane Manuel's rainfall on Mexico's west coast including its last landfall on Sept. 19. Image Credit:NASA/SSAI, Hal Pierce. Disponible en: http://www.nasa.gov/content/goddard/13e-eastern-pacific/.

NASA-National Aeronautics and Space Administration (2013b). Satellite image showing Tropical Storm Manuel and Hurricane Ingrid simultaneously affecting Mexico. Disponible en: http://www.weathercast.co.uk/weathernews/news/ch/841689901323acfc53cf8a289b30e110/article/mexico_hit_by_tropical_storms.html

Neussner O. (2009). Local flood early warning systems. Manual: Experiences from the Philippines: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH German Technical Cooperation Environment and Rural. Disponible en: http://www.planet-ction.org/automne_modules_files/polyProjects/public/r5886_93-_gtz_phil_lfews_manual_dec09_low_res.pdf

OLCZYK, M. Flood risk perception in the red river Basin, Manitoba: Implications for hazard and disaster management. Natural Resources Institute, University of Manitoba, 2004. Disponible en: https://umanitoba.ca/institutes/natural_resources/canadaresearchchair/thesis/molczyk%20masters%20thesis%202005.pdf. Consultado el 21 de noviembre de 2010.

OMM (2009). Gestión integrada de crecidas: documento conceptual. Disponible en: http://www.apfm.info/publications/concept_paper_s.pdf. Consultado el 13 de septiembre de 2016.

Palmer, T. N., y Räisänen, J. (2002). "Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate", Nature, pp. 512-514.

Raaijmakers, R., Krywkow, J. y Van Der Veen, A. (2008), "Flood risk perceptions and spatial multi-criteria analysis: an exploratory research for hazard mitigation", Natural Hazards, 46, Springer, Twente, pp. 307–322.

RICO, A., HERNÁNDEZ, M., OLCINA, J. Y MARTÍNEZ, E. Percepción del riesgo de inundaciones en municipios litorales alicantinos: ¿aumento de la vulnerabilidad?, Papeles de Geografía. España: Universidad de Murcia. Vol.51, núm. 52., 2010, pp. 245-256.

SAURÍ, D., RIBAS, A., LARA, A. Y PAVÓN, D. "La percepción del riesgo de inundación: experiencias de aprendizaje en la costa brava", Papeles de Geografía España: Universidad de Murcia. Vol.51, núm. 52., 2010, pp. 269-278.

SHEN, X. (2010), Flood risk perception and communication within risk management in different cultural contexts. Institute for Environment and Human security, Bonn, Alemania, Disponible en: http://www.ehs.unu.edu/file/get/4206. Consultado el 14 de agosto de 2014.

Sodhi, M. S. y Tang, C. S. (2014), Buttressing Supply Chains against Floods in Asia for Humanitarian Relief and Economic Recovery. Production and Operations Management, pp. 938–950.

Teun, T. Y Gutteling, (2008), J. Households' Perceived Responsibilities in Flood Risk Management in The Netherlands, International Journal of Water Resources Development, 24, Taylor and Francis Group, Twente, pp. 555—565.

Tucci, C.E.M., (2007), Gestión de inundaciones urbanas. Organización Meteorológica Mundial (OMM), Disponible en: http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/-Publicaciones/Gesti%C3%B3n%20de%20Inundaciones/Gestion-de-Inundaciones-Urbanas-esp.pdf

Vallejo, A. y Vélez, (2009), J. La percepción del riesgo en los proceso de urbanización del territorio. Programa de estudios socioambientales, Ecuador. Disponible en: http://www.flacsoandes.org/dspace/bitstream/10469/220/1/18.%20B.%20Art%C3%ADculo%20completo.pdf. Consultado el 19 de noviembre de 2010.

Capítulo 4. Riesgo por procesos de vertientes y otros movimientos del terreno

Alexis Ordaz Hernández
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

José Ramón Hernández Santana
Instituto de Geografía,
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

José Luis Expósito Castillo
Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA),
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

4.1 Introducción a los procesos de remoción en masa

Los procesos de remoción en masa, de vertientes o gravitacionales, como parte de los procesos geomorfológicos exógenos del modelado del relieve de la superficie terrestre, constituyen uno de los peligros naturales más frecuentes en las regiones montañosas y en territorios fuertemente modificados por las actividades humanas y sus asentamientos. Su mayor recurrencia e intensidad se presentan en la zona geográfica del Trópico húmedo, donde las precipitaciones y los niveles de humedad aceleran los procesos de intemperismo físico y químico, debilitando la estructura y la cohesión del substrato geológico, y colapsando su consistencia y resistencia a la acción de la fuerza de gravedad, principal de fuerza detonante de los mismos.

Múltiples son los factores naturales y socioeconómicos que generan o aceleran estos procesos y desestabilizan las pendientes. Entre los naturales figuran la morfología (geometría), morfometría (dimensiones cuantitativas) y la energía del relieve, las características litológicas y estructurales del subsuelo, el régimen hidrotérmico, la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos, el escurrimiento hidrológico superficial y subsuperficial, la presión hidrostática a nivel de poro en el subsuelo, la incisión fluvial intensa del terreno y otros. Por su parte, la componente antropogénica está determinada por la deforestación a ultranza, el crecimiento demográfico descontrolado y la presión de la población sobre los recursos naturales, los taludes inadecuados de las obras ingenieras para viales, el desarrollo y la asimilación económica principalmente en áreas montañosas y en zonas sismotectónicas activas, el pastoreo intensivo y el inadecuado manejo del suelo agrícola, y la inadecuada gestión de riesgo, entre muchas otras variables. A estos factores se han añadido en los últimos años, el incremento de las precipitaciones, en cantidad e intensidad, y las tormentas severas en las zonas tropicales y extratropicales, como efecto del sensible cambio climático global, ya perceptible en nuestros días.

La dinámica de estos procesos puede presentarse lenta y sutil, en substratos arcillosos y de detritos débilmente compactados, a manera de reptación superficial de fracciones de metros por año, o de manifestación súbita, por la ruptura del equilibrio entre la litología, la inclinación de la ladera y la fuerza de gravedad de manera cuasi-instantánea. Otros procesos exógenos o endógenos pueden compartir esta responsabilidad de retroceder las pendientes, por su destrucción, transporte cuesta abajo y su acumulación en forma de conos de detritos en su base, tales como la abrasión marina en los frentes costeros acantilados, la erosión lateral de los ríos sobre los frentes de terrazas fluviales, la fracturación tectónica en combinación con la disolución kárstica en regiones calcáreas, así como durante estremecimientos intensos y de larga duración durante actividad sísmica de gran magnitud y erupciones volcánicas descomunales.

Las clasificaciones de las formas del relieve derivadas por los procesos de vertientes son diversas, pero las más consultadas son las de Cruden y Varnes (1996) y Goudie (2006). Alcántara (2000) presenta la nomenclatura internacional asociada a los movimientos de ladera y establece una clara definición terminológica hispana, a partir de la nomenclatura internacional más aceptada, en la que figuran desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos.

Desde el punto de vista paleogeomorfológico, estos procesos se tornan como uno de los grandes modeladores del paisaje físico-geográfico, devorando

en ocasiones hasta espectros completos de terrazas marinas en zonas costeras de elevada sismicidad, como se presenta en el flanco nororiental de la Isla Guadalupe, México (José Luis Palacio, común. pers.) y en el sistema de terrazas de la franja costera Maisí-Guantánamo, Cuba (Magaz et al., 1991), este último posiblemente por manifestaciones sísmica durante el Cuaternario, a lo largo del límite entre las placas norteamericana y Caribe. Otros autores, como Lomochitz et al. (2005) reportan grandes colapsos en estratovolcanes, como en el Roque Nublo, en Gran Canaria, España, durante épocas pliocénicas, con formación de avalanchas de detritos volcánicos de hasta 50 km, tanto en la isla como en las profundidades marinas aledañas.

Alcántara-Ayala (2004) reporta que los deslizamientos inducidos por las lluvias son muy frecuentes e intensos, como ocurrió durante la depresión tropical de octubre del año 1999, que azotó los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo, con un saldo de 263 víctimas, e incalculables pérdidas económicas, fundamentalmente en las montañas, donde la vulnerabilidad social conduce a un significativo desamparo.

Otro de los reportes más dramáticos del México contemporáneo fue el deslizamiento ocurrido sobre el poblado "La Pintada" en el estado de Guerrero, durante el paso de la tormenta tropical Manuel, entre el 15 y el 16 de septiembre del año 2013, donde según Zócalo Saltillo (2015), el 85 % del asentamiento desapareció bajo el lodo y se estima que más de 100 personas quedaron sepultadas.

Lamentablemente, la recurrencia de este fenómeno es tal, que casi cobra una cuota anual en vidas, como se desencadenó recientemente durante el paso de la tormenta tropical Earl sobre el territorio veracruzano, poblano e hidalguense, los primeros días de agosto de 2016, dejando saldo de varias decenas de muertos y desaparecidos, la gran mayoría por deslaves, como se le conoce popularmente a los procesos de remoción en el país.

Los procesos de remoción en masa siempre han constituido un peligro permanente para la sociedad y su economía a nivel mundial, así como para los propios recursos naturales. Es por ello, que la creación de bases de datos, incluyendo inventarios de carácter temático, hoy son herramientas vitales para las autoridades en manejo del riesgo (Ciampalini et al., 2015; Zieger et al., 2016), así como para una adecuada planeación territorial.

Según Freeman et al. (2003), la inmensa mayoría de las muertes por deslizamientos y otros desastres se ha producido en los países en desarrollo, debido

precisamente a la ausencia de programas robustos de prevención y sobre todo de gestión del riesgo. Estas pérdidas de vidas humanas y económicas se deben, en gran medida, a la ausencia de una planificación certera y de una política estratégica exitosa en la gestión de los recursos naturales, así como a la localización y expansión de asentamientos humanos y de infraestructuras industriales e hidroenergéticas en condiciones vulnerables a dichos procesos.

Generalmente, las sociedades concentran su atención en los peligros por fenómenos hidrometeorológicos, sísmicos y volcánicos, sobre todo en sitios muy vulnerables, despreocupándose con relación a la dinámica de la superficie pétrea del planeta, la que, aunque aparentemente estática, también se rige por la dinámica de los procesos geomórficos y la ley universal de la gravedad. Las autoridades gubernamentales, instituciones académicas y la sociedad civil en general deben incrementar su atención en la gestión de este tipo de riesgos, conduciendo políticas de prevención, corrección, mitigación y control, así como sistemas de alerta temprana, en aras de resguardar la vida humana, proteger sus infraestructuras económicas y contribuir a la reducción de los recursos financieros del producto interno bruto para tales propósitos.

4.2 Evaluación del peligro por procesos de remoción en masa

Existen diferentes métodos para evaluar los procesos de remoción en masa y el peligro que ellos implican. En este orden de ideas Gutiérrez (2008; 254) ha definido que "en el estudio de los movimientos de masa es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que condicionan a la estabilidad de las laderas y aquellos otros que las desencadenan". Este autor establece que "las causas geológicas representan las características fundamentales del material que constituye la ladera, que comprende la litología, composición mineralógica y textura del material, así como su estructura, que en conjunto determinan el comportamiento geo-mecánico".

Por su parte, autores como Wicander y Monroe (2000; 226) determinan que es la pendiente general del terreno la principal causa de los movimientos en masa. Así que, en términos generales, cuanto más inclinada es la pendiente, menos estable se encuentra. Sin embargo, es más probable que ocurra el proceso de remoción en masa en "las pendientes con materiales sueltos y poco consolidados que en los lechos rocosos. En cuanto una roca sólida queda expuesta en la superficie terrestre el desgaste comienza a desintegrarla y descomponerla, lo cual reduce su fuerza de resistencia al corte y aumenta su susceptibilidad al

desplazamiento. La probabilidad de un movimiento en masa depende de la profundidad a la que se extiende la zona de intemperismo".

A lo largo del tiempo se han generado diferentes puntos de vista para estudiar los procesos de remoción en masa; en donde factores como la pendiente, la humedad, la consolidación del material, y el tipo de desplazamiento representan las principales variables en dichos estudios; distintos autores y escuelas de pensamiento han heredado a la especie humana conceptos, teorías y metodologías que aportan conocimiento referente a la remoción en masa como se encuentra en los trabajos de Charley y Keneddy (1971), Varnes, (1978), Fritzpatrick (1980), Buma y Van Asch (1996), De Pedraza (1996), Dikau et al., (1996), Ibsen, et al., (1996), Keller y Blodgeh (2004), Tarbuck y Lutgens (2005), Hernández (2008), Corminias (s/a) entre muchos otros autores.

Entre los criterios más comunes que rescatan en la bibliografía para el estudio de dichos procesos se destacan:

- Análisis tipológico: sistemas de clasificación por velocidad, presencia de humedad, tipo de material en movimiento, forma de desplazamiento.
- Conceptualización: manejo de terminología y especificaciones, así como los conceptos de autotraslación, gravedad asistida y procesos de vertiente entre otros.
- Análisis de principios físicos elementales: tensión de resistencia efectiva al deslizamiento, cohesión efectiva, tensión normal de empuje hidrostático.
- Análisis geotécnico: estudio de la relación de estabilidad de ladeas y escarpes a través de bases matemáticas y físicas aplicadas en la ingeniería civil.
- Análisis morfológico (cualitativo) de la geometría de las vertientes: caracterización de la forma geométrica, como la concavidad o convexidad.
- Análisis morfométrico (cuantitativo) de la geometría de las vertientes: estudio geométrico-matemático de las propiedades de las laderas expresado en diferentes unidades de medida.
- Análisis cartográfico: generación de mapas especializados como el General de pendiente, coalescencia de conos de abatimiento y el de sistemas de laderas entre otros.

Con referencia a este último punto, en 2016 Espinosa y Báez publicaron la metodología para elaborar la Carta de geometría de laderas que concentra información importante para el análisis y la interpretación territorial, encontrándose en esta información referente a:

Tabla 4.1 Información generada a través del análisis de la cartografía de la Geometría de laderas

Cartografía de geometría de laderas	
Factores	Información que se extrae
Factores iniciales de estudio de laderas	a. Correlación entre el sustrato geológico, el control estructural y la morfodinámica de los procesos de remoción. b. Propensión a desarrollo de procesos de acuerdo con condiciones de climas regionales, locales, variaciones estacionales, condiciones meteorológicas y procesos atmosféricos extraordinarios. c. Características de aleatoriedad en el tiempo y el espacio para el desarrollo tipológico de los procesos; análisis de la continuidad, discontinuidad y periodicidad. d. Análisis de factores de exposición como la luminosidad, la humedad, el viento y la nubosidad. e. Clasificación del material de remoción (roca, roca y suelo, suelo). f. Valoración de la influencia de factores de activación internos que influencian el desarrollo del proceso. g. Valoración de la influencia de factores de activación externos que influencian el desarrollo del proceso. h. Determinación de zonas de emisión de materiales. i. Determinación de zonas de transporte de materiales. j. Determinación de zonas de depósito parcial y/o final de materiales. k. Clasificación natural de los procesos de remoción en masa con relación a la pendiente general del terreno.
De orden geomorfológico general de análisis	a. Caracterización y análisis de los componentes de las vertientes (morfodinámica y sistemas de conexión entre los elementos articulados de la vertiente). b. Estudio morfológico y morfométrico de las líneas de cambio de vertientes y sistemas de parteaguas y cimas. c. Estudio morfológico y morfométrico de líneas de fondo de principio y/o término de laderas; correlación con la pendiente general del terreno. d. Estudio de desarrollo de morfología entre cimas y fondos (secciones de laderas o vertientes sectoriales o complementarias). e. Análisis particular de los elementos que constituyen a las vertientes en sectores individuales. f. Evaluación morfológica de potencialidad y estabilidad de procesos. g. Análisis de los sistemas de concentración de cauces y comportamiento de talwegs por cuenca y vertiente. h. Análisis de morfología heredada y las tendencias de estabilidad o inestabilidad.

Cartografía de geometría de laderas	
De orden morfodinámico	a. Análisis de configuración y distribución de los sistemas de valles e interfluvios. b. Reconstrucción paleogeomorfológica de ambientes. c. Evaluación morfométrica local o general de sistemas de laderas. d. Correlación entre geoforma local y asociada con procesos particulares y generales de las vertientes. e. Determinación de zonas de removilización y/o reactivación de procesos. f. Correlación con otros procesos de orden geomorfológico que inciden en la remoción. g. Determinación de zonas de lavado en las vertientes. h. Generación de perfiles geomorfológicos compuestos de "balance" (emisión-transporte-depósito). i. Correlación de variables de deformación del terreno versus volumen de materiales movilizados. j. Auxiliar en la interpretación y cálculo de los factores de estabilidad o seguridad (tensión efectiva al movimiento o resistencia mecánica). k. Correlación con procesos de humedad-suelo-fluidificación.
De localización, distribución y riesgo	a. Fundamentación para la generación de modelos de transformación y geodinámica. b. Predicción y mitigación de procesos de remoción. c. Generación de sistemas de alerta temprana. d. Reducción de costes y valores de vulnerabilidad social y territorial. e. Zonificación morfológica de procesos versus uso y utilización del suelo: propuestas de medidas estructurales. f. Zonificación morfológica de procesos: caudas de la distribución espacial. g. Zonificación morfológica de procesos versus uso y utilización del suelo: escenarios de riesgo).
De formación de suelos y análisis de paisajes	a. Evaluación morfoedáfica y de paisajes. b. Relación de pisos altitudinales con humedad, orientación, meteorización y modelado.

Fuente: Elaboración propia con base en Espinosa y Báez (2016).

Entretanto, en México se ha elaborado una propuesta para el estudio de los riesgos publicada en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (Visión 10-20-40; 2014) en la cual se integra en análisis de diferentes factores que provocan peligros, entre ellos los deslizamientos (denominados irremediable y oficialmente: deslaves), y han propuesto como metodología nacional la fórmula:

$$E_A V_A \Delta P_A = E_M V_M \Delta P_M = E_B V_B \Delta P_B$$

En donde:
E: Exposición del sector: valor de los cultivos, valor de la producción pecuaria, para el sector pecuario y población para el sector salud e infraestructura estratégica/asentamientos urbanos

V: Cambio en probabilidad
P: Vulnerabilidad del sector
A, M, B: Clasificación del riesgo: Alto, Medio, Bajo

Con esta fórmula se aplican dos instrumentos para determinar condiciones generales de vulnerabilidad, exposición y tendencia general al riesgo; en ella se emplea cartografía para determinar tres grados específicos de riesgo: alto, medio y bajo.

Por último, en 2015 Espinosa y Hernández publicaron la Ecuación General del Riesgo en donde se especifica la integración de cinco factores básicos relacionados con la ocurrencia del riesgo. En ésta se muestran las variables que componen a los factores referidos, lo cuales son: el geosistema perturbador, el factor humano, el factor del territorio, el factor sistémico y finalmente el factor de la gestión.

Para el caso que ocupa, el geosistema perturbador se compone de variables como el geosistema encadenado, el factor de relieve y el de hemerobia (grado de naturalidad-antropización de un paisaje) entre otros. Y es la remoción en masa uno de los procesos que se han empleado para validar y cuantificar el grado de peligro que se desarrolla cuando se presenta y de manera general, expone la vulnerabilidad del sistema afectado.

4.3 Análisis de la construcción del escenario de riesgo por procesos de vertientes

La comprensión cabal del contexto que propicia el desarrollo de los procesos de remoción en masa se vincula con cuatro variables básicas que a su vez se encuentran subdivididas en otros grupos que al coalescer presentan las condiciones ideales para propiciar el movimiento de suelo, rocas y suelo y rocas ladera abajo.

1. Variables geológico-geomorfológicas

Se relacionan con el origen, forma, evolución y dinámica del relieve. La génesis de las formas de relieve se vincula con las características mineralógicas, petrológicas de las rocas y de los materiales que los constituyen; con el grado de consolidación de los materiales, la generación de fracturas y con el tiempo de exposición que estos materiales han tenido con la atmósfera y los procesos que en esta capa se desarrollan entre otros.

El factor más importante que se considera para el estudio y la generación de escenarios de remoción en masa es la pendiente general del terrero, es decir, el grado de inclinación que tienen las diferentes formas del relieve como los piedemontes, las penillanuras y las laderas de las montañas.

Entre las subvariables más importantes que se encuentran en este grupo se hallan:

- Variables geográficas: las condiciones generales de localización geográfica se vinculan con razones de altitud, latitud, distancia con relación a fuentes de agua continental, marina y atmosférica, así como con ciclos circadianos relacionados con la oscilación térmica y cambios de humedad; regiones de precipitación orogénica, torrencial y de montaña entre otras.
- Fuerzas geológicas: se relacionan con los procesos orogénicos que forman montañas, laderas, lomeríos y regiones planas que en conjunto son susceptibles a una tipología diversa de movimientos pendiente abajo o de hundimiento según sea el caso. Las fuerzas geológicas se relacionan también con la deposición y consolidación de sedimentos que forman estratos de rocas y materiales que pueden experimentar según el ángulo de inclinación, movimientos como caída libre y deslizamientos entre otros.
- Procesos químicos: se relacionan con tres procesos clasificados en el rubro del intemperismo; estos son la oxidación, la reducción, la disolución de rocas y la carbonatación. Ello ocurre en diferentes medios en los cuales el factor agua y humedad que al contacto con las rocas y las diferencias de temperatura las descomponen formando materiales como las arcillas que suelen funcionar como planos de deslizamiento; asimismo se generan cortezas de intemperismo y formas relacionadas con colapsos como las dolinas (cenotes).
- Fuerza de gravedad: resulta ser el factor más importante en los procesos de remoción en masa pues de forma general y de manera asistida por otras variables es la que determina el movimiento pendiente abajo, y combinada con los factores de humedad y tiempo de desarrollo del proceso, tipifica al conjunto de procesos de las vertientes.
- Geometría de laderas: de manera específica induce a la ocurrencia de procesos de remoción en masa además de ayudar a clasificarlos; por lo general la relación entre la forma geométrica de las laderas y la función de acumulación o dispersión de agua resulta ser una combinación fundamental para el desarrollo de los procesos gravitacionales.

2. Variables meteorológicas y climáticas

Este conjunto de variables se correlaciona con los ciclos de humedad, hielo-deshielo y fluidificación de los sustratos en movimiento. Posee un carácter regional para el caso del clima en donde la temperatura y la precipitación exhiben condiciones regulares de comportamiento y de forma extraordinaria algunas modificaciones extremas; toda vez que las condiciones meteorológicas poseen un carácter estacional y dinámico que influyen de manera casi inmediata en la reacción de movimiento debido a que disminuyen la fricción entre rocas y suelos. Entre las subvariables que se consideran pertinentes para el estudio se encuentran:

- Temperatura: se relaciona de manera directa con la oscilación térmica, es decir, la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima que una roca registra a lo largo del día. Si bien este concepto en meteorología posee límites en los registros de medición, para el caso de las rocas los extremos tienden a ser mayores; es decir, si durante un día la atmósfera registra 200 de temperatura ambiente, una roca pude tener entre 8 y 15 grados o más (en promedio) debido a la concentración en los minerales que la conforman, y viceversa. Este proceso provoca que al aumentar y descender la temperatura las rocas expandan y reduzcan su volumen también lo hace. Esta mecánica provoca la fragmentación de las rocas.
- Precipitación: es la cantidad de precipitación medida en milímetros cuadrados y el tiempo en la cual esta prevalece que determine la forma de saturación o sobresaturación del suelo. La generación de procesos gravitacionales tiende a desarrollarse por la combinación de aspectos como la distribución espacial de la precipitación, la pendiente general del suelo y el grado de intemperismo que existe en los materiales afectados.
- Hielo: la presencia de hielo sobre la superficie sólida de la roca genera procesos de crioclastificación, es decir, que el hielo al penetrar por pequeñas fisuras y expandirse, fractura a las rocas formando clastos (pequeños fragmentos de roca). En diferentes regiones del mundo y de acuerdo con la latitud y la altitud se desarrollan ciclos de hielo-deshielo que aceleran los procesos referidos. En el caso del suelo, cuando existen cambios en el estado físico de la materia (agua-hielo) se saturan los suelos y de manera consecuente se fluidifican formado lodos dóciles al movimiento según la pendiente del terreno.
- Humedad: si bien se puede relacionar de manera directa al deshielo o a la herencia de la precipitación, puede relacionarse con el afloramiento de mantos freáticos, la presencia de algunos flujos internos de agua en el sub-

suelo y a fuentes de origen antrópico (tuberías rotas, fugas de agua).

- Viento: no representa un caso común para el desarrollo de procesos de remoción en masa en gran escala, no obstante, representa en superficies pequeñas el motivo de cierta inestabilidad de materiales deleznables (frágiles) que tras ser removidos provocan por choque, movimiento gravitacional y el consecuente desplazamiento de materiales pendiente abajo. Ello suele ocurrir en áreas específicas de tamaño muy pequeño relacionado con metros cuadrados. Se ha podido observar en escarpes con rocas deleznables como la pómez.

3. Variables bióticas

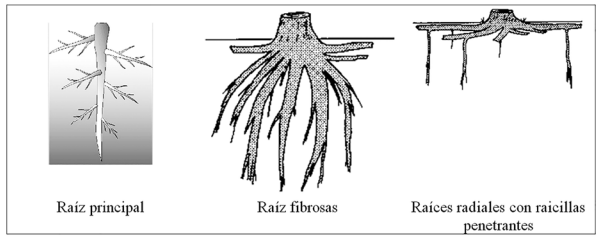
Los organismos vivos participan de forma activa en los procesos de remoción en masa. De manera particular la vegetación juega dos papeles trascendentes: el primero como elemento de identificación y datación de los procesos – que involucran tiempo, energía de acción¬¬¬– en las laderas; y en segundo, ayuda a fracturar las rocas e incrementar la potencialidad de un evento.

En el ámbito de la presencia o ausencia de superficies boscosas existe una creencia generalizada de que si una zona se encuentra bien conservada no será propensa al desarrollo de procesos gravitacionales y en la lucha de contrarios, una superficie degradada aumenta la exposición. Esta idea, casi mito, genera condiciones falsas de seguridad y resulta equívoca pues los procesos de remoción no dependen del grado de conservación de la cobertura vegetal.
En el medio biótico se destacan:

- Comunidades vegetales: algunas semillas de plantas y árboles caen dentro de diaclasas (pequeñas fracturas) que poseen las rocas, crecen y se desarrollan hasta formar raíces. Una vez que se han instalado y fijado en la superficie rocosa, las plantas engrosan las raíces para afianzarse en ellas al mismo tiempo que fracturan a las rocas huésped.

Por lo general, la vegetación influye en la filtración de agua y depende del tipo de raíz que el agua de infiltración sature con diferente velocidad el sustrato. Según Corvalán y Hernández (2010), las raíces son caracterizadas en función del hábito de arraigamiento, el cual se relaciona con la dirección morfológica y distribución de las raíces estructurales más grandes. Éstas se clasifican en tres tipos, ello debido al hábito de arraigamiento, el cual se relaciona con la dirección morfológica y distribución de las raíces estructurales más grandes:

Figura 4.1. Tipología de los sistemas Fuente: Corvalán y Hernández (2010)



- Comunidades animales: son responsables del apisonamiento del suelo y la remoción local de materiales debido al paso continuo sobre materiales no consolidados. Este efecto sólo se observa en una escala local y no se asocia con grandes movimientos de suelo y rocas.

4. Variables antrópicas:

Las obras de infraestructura relacionas con caminos, construcción de minas, presas o zonas habitacionales entre otras que tienden a cortar la secuencia de una pendiente formada por una ladera o un piedemonte pierden casi siempre estabilidad de materiales, y aunque se realicen obras de prevención de impactos, se mitigan pero no se eliminan.

Se destaca en el campo de la infraestructura el factor de las denominadas "Cargas vivas" generadas por el efecto del tráfico vehicular en las carreteras que de manera crónica facilitan movimientos de rocas y suelos pendiente abajo.

Por último, en el ámbito de la construcción del escenario de riesgo por procesos de remoción en masa, Oropeza et al., (1998) especificaron algunos indicadores elementales que deben observarse en campo para conocer la existencia de condiciones favorables a la remoción en masa. Estos autores definen en síntesis lo que "debe observarse":

a. Reptación

- Áreas permanentes o constantemente saturadas de agua, aún en el periodo seco del año.
- Sinuosidad, levantamientos y hundimientos en el terreno provocados por la expansividad de arcillas o materiales.
- Bloqueo en el drenaje y manantiales son indicadores de saturación en el terreno.

- Vegetación densa en la estación seca del año.
- Actividades del hombre que utilicen agua.
- Inclinación de árboles, torres o postes de luz, muros.
- Grietas en continuo aumento sobre infraestructura.

b. Deslizamientos

- Formación de escarpes o grietas paralelas o perpendiculares a la pendiente del terreno.
- Depresiones, hundimientos, escalonamientos perpendiculares a la pendiente, desniveles y cambios en la topografía del terreno.
- Acumulación de rocas o suelos al pie de superficies casi planas.
- Planos o superficies rocosas rectas o semi-rectas casi paralelas a la inclinación del terreno.
- Manantiales permanentes o estacionales.
- Levantamiento del terreno.
- Inclinación de árboles, verjas, caminos, muros y otros.
- Corrientes de agua u obras de drenaje bloqueados.
- Inclinación o agrietamiento rápido de la cimentación de construcciones, casas, tuberías soterradas.

c. Desprendimientos o volcaduras de rocas

- Existencia aislada o conjuntos de rocas al pie de escarpes.
- Rocas a punto de desprenderse.
- Grietas que indiquen un posible desprendimiento.
- Exposición de rocas por erosión, cortes o actividades de construcción.

d. Flujos

- Áreas permanente o constantemente saturadas de agua.
- Sinuosidad, levantamientos y hundimientos.
- Vegetación densa en la estación seca del año indica el área con mayor potencialidad a fluir en época de lluvias.
- Actividades o construcciones donde se utilicen líquidos.
- Canales, depresiones alargadas o barrancos abandonados.
- Amontonamiento de rocas o fango al pie de los barrancos, laderas o áreas montañosas.

e. Colapso o asentamiento

- Hundimiento parcial o total e inclinación de obras.
- Levantamiento inexplicable del terreno.

- Presencia de manantiales.
- Terrenos estacional o permanentemente encharcados.
- Expansión y contracción del suelo (formación de grietas de desecación).

f. Licuefacción – los autores consideran que resulta difícil identificar la licuefacción; sin embargo, lo que debe observarse es un terreno constituido por arenas sueltas, localizado en zonas costeras, sobre las riberas o llanuras inundables de los ríos. Asimismo, recomiendan determinar si el espesor de la arena en el terreno tiende a ser de 1 a 10 metros, y si el agua subterránea se localiza a menos de 10 metros de profundidad, pues todos estos aspectos indican zonas potenciales a la licuefacción en caso de que ocurra un sismo.

4.4 Impacto de los procesos de remoción en masa y su relación con otros fenómenos

De acuerdo con la Ecuación General del Riesgo (2015) todos los geosistemas perturbadores se encadenan con otros propiciando escenarios de riesgo complejos debido a la multifactorialidad que pueden desarrollar en el territorio.

La ocurrencia de geosistemas perturbadores enlazados tiende a ser energéticamente más alta y compleja; por lo que resulta ser en ocasiones más peligroso que los procesos que dieron origen al riesgo.

Tabla 4.2 Impacto de los procesos de remoción en masa y relación con otros procesos de enlace

Impacto de los procesos de remoción en masa y relación con otros procesos	
Procesos de remoción en masa	Procesos de enlace asociados
Caída libre	• Remoción de otros materiales pendiente abajo por fuerzas de tracción • Rompimiento de paredes y contendedores • Apisonado y compresión de personas, animales, automóviles y equipamiento
Deslizamientos y flujos	• Destrucción parcial y total de estratos de vegetativos, hábitats y nichos ecológicos • Destrucción parcial y total de infraestructura de caminos, habitacional, industrial o de otro tipo. • Hundimientos en obras de infraestructura

Impacto de los procesos de remoción en masa y relación con otros procesos	
Reptación (creep)	• Rompimiento parcial y total de obras de infraestructura: caminos, muros. • Inclinación, desplazamiento y caída de árboles, pastos y muros • Hundimientos en obras de infraestructura • Compresión de ventanas, vidrios, puertas y estallamiento
Hundimientos y subsidencia	• Rompimiento de sistemas de tubería de agua potable, drenaje y gas. • Rompimiento de infraestructura urbana, habitacional • Inestabilidad y caída de infraestructura • Generación de incendios • Contaminación de mantos freáticos

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Percepción del riesgo por procesos de vertientes

En el proceso de estimación de la vulnerabilidad total frente a los movimientos de vertientes, se conjuga un grupo de vulnerabilidades específicas; por ejemplo, las vulnerabilidades social, económica, estructural, ecológica y capacidad de respuesta, entre otras. De lo anterior se deriva que el nivel de incertidumbre de una evaluación de riesgo dependerá en gran medida de la cantidad de vulnerabilidades involucradas, y en la calidad de la información que sustentan los cálculos de cada una por separado.

La reducción de la vulnerabilidad estructural y económica requiere de un grupo de acciones que dependen especialmente de las circunstancias financiaras por las que eventualmente transitan los estados o comunidades. Sin embargo, en el ámbito de la vulnerabilidad social se pueden realizar un grupo importante de acciones dirigidas especialmente al aumento de la percepción del riesgo. En la generalidad de los casos para la estimación de la vulnerabilidad social frente a movimientos de remoción en masa, se consideran dos indicadores que aparentemente son inamovibles: población y percepción del riesgo. El primero involucra la densidad poblacional en el espacio geográfico objeto de investigación, descomposición por edades, nivel educacional, etc. Mientras el indicador "percepción del riesgo" pretende medir el nivel de consciencia o

conocimiento de un individuo o grupo de individuos frente a un peligro geológico que potencialmente lo puede afectar.

Pérez (2007) indica que la percepción es un producto sociocultural complejo y, por lo tanto, antes de ser un hecho aislado en términos de sensaciones, es en su totalidad una variedad de características de la personalidad y de la conformación histórica en relación con un determinado contexto ambiental, económico, político, social o cultural donde se plasma toda la vida humana.

Chardon (1999), en alusión a la percepción del riesgo, apuntaba que se trata de analizar variables cuya influencia sobre la vulnerabilidad es de difícil medición y que suelen llamarse "factores socioculturales". Se agrupa principalmente a los factores implicados en el conocimiento, la percepción y el comportamiento. En este contexto de exposición al riesgo, estos factores están vinculados esencialmente a los individuos, a la sociedad civil y a su organización tanto en la vida cotidiana, como en situación más excepcional de crisis o emergencia.

El instrumento actualmente más empleado para la medición de la percepción del riesgo es el cuestionario, escrito o mediante entrevista personal. La redacción y profundidad técnica de los cuestionarios y el estilo de aplicación está en función de los rasgos culturales específicos de la comunidad a evaluar. Los cuestionarios para la evaluación de la percepción del riesgo frente a movimientos de vertientes deben estar dirigidos para evaluar a los individuos o grupos de individuos, como mínimo en los siguientes aspectos:
- Reconocimiento sobre la ocurrencia de movimientos de remoción en masa en el pasado.
- Reconocimiento sobre la ocurrencia de afectaciones materiales o humanas como consecuencia de movimientos de remoción en masa acontecidos en el pasado.
- Logran establecer relación (vínculo) entre los movimientos de remoción en masa y fenómenos hidrometeorológicos extremos o sismos.
- El individuo o grupo de individuos evaluados perciben que en el futuro pueden ser afectados por desprendimientos, avalanchas, deslizamientos u otros los movimientos de remoción en masa.

Finalmente, los procedimientos para la estimación de la percepción del riesgo logran de forma aproximada, la clasificación (o distribución) de la población en grupos. Por ejemplo, el procedimiento propuesto por la Agencia de Medio Ambiente de Cuba (2012), propone los siguientes tres grupos:

Grupo I (GrpI), percepción adecuada del peligro y de las maneras de enfrentarlo; Grupo II (GrpII) percepción cercana a la realidad, pero insuficiente y el Grupo III (GrpIII) tiene una percepción errónea o nula del peligro y las maneras de enfrentarlo. Según este procedimiento, el índice de vulnerabilidad por percepción (Vulperc) para la muestra población quedará estimado de la siguiente manera:

Esto dará un valor entre 0.25 cuando toda la muestra es del grupo I y 1 cuando toda la muestra es del grupo III. Según la Agencia de Medio Ambiente de Cuba (2012), en el procedimiento anterior se debe prestar máxima atención en el proceso de selección, de la muestra encuestada, está última debe ser representativa.

4.6 Gestión de los escenarios de riesgos por procesos de vertientes

Como fue tratado en acápites anteriores, los procesos de vertientes o movimientos de remoción en masa son causados por variables naturales, antrópicas o por la combinación de ambas. Pero ¿cuándo podemos hablar realmente de riesgo de desastre debido a los procesos de vertientes? y ¿cómo gestionar escenarios vinculados a procesos de vertientes?

Según la UNGRD (2013), el calificativo de riesgo de desastre es aplicado cuando hay posibilidad de que una comunidad, una edificación, un sembrado, por ejemplo, sufra daño o pérdidas debido a las amenazas originadas en fenómenos naturales, socionaturales, tecnológicos, biosanitarios o humanos no intencionales, en un momento y lugar determinado. El riesgo está determinado por la vulnerabilidad de los elementos expuestos y por la magnitud o intensidad de la amenaza. Un ejemplo de riesgo de desastre por procesos de vertientes se refleja en la figura 4.2.

Sin embargo, en los casos donde no existan elementos expuestos (comunidades, sembrados, valores patrimoniales, etc.), no es aplicable el término "riesgo de desastre", aunque la magnitud o intensidad de la amenaza se clasifique como muy alta.

Figura 4.2. Deslizamiento ocurrido en diciembre de 2013, en el Km 93 de la carretera escénica entre Tijuana y Ensenada (Baja California. México)



Fuente: Agencia Informativa Reforma 29 de diciembre 2013.

Una vez identificados los niveles de riesgos por procesos de vertientes, mediante esquemas, atlas de riesgos o figuras simples, se procede a la gestión del escenario (país, estado, municipio o comunidad). La gestión del riesgo consiste en un conjunto de actividades ejecutadas especialmente a nivel local para planificar o alcanzar niveles de desarrollo deseables. Evidentemente, para alcanzar las metas de desarrollo planificadas, es importante la reducción de daños provocados por los riesgos de desastres y los movimientos de vertientes es uno de los más dramáticos. En la figura 4.3 se muestra un cuadro-resumen, con los propósitos herramientas y la finalidad de la gestión del riesgo de desastres.

Las tres etapas sugeridas para la gestión de los escenarios de riesgos son:

Etapa	Objetivo
Caracterización del escenario de riesgo.	Reconstruir la evolución del desarrollo natural, histórico, cultural y económico de la comunidad.
Integración comunitaria para elaborar los escenarios de riesgo.	Reconocer las amenazas, vulnerabilidades y riesgos.
Elaboración de políticas de desarrollo.	Elaborar planes de desarrollos.

Figura 4.3. Propósitos, herramientas y finalidad de la Gestión del Riesgo de Desastres



Fuente: tomado de UNGRD (2013).

4.7 Medidas de adaptación a procesos de remoción en masa

Los procesos de expansión de la mancha urbana conllevan a la ocupación paulatina de zonas inestable. A los inicios de la conformación de las primeras comunidades, éstas fueron estableciéndose preferencialmente en valles y sitios cercanos a fuentes de agua como ríos y lagos. Esto obligó a convivir con los evidentes riesgos por inundación. Con el curso del tiempo, los procesos de urbanismos descontrolados conllevaron a la ocupación paulatina de zonas de relieve inestable y generalmente abrupto, que inicialmente era improbable su ocupación. Pero no sólo en las zonas periféricas de las ciudades es alarmante esta problemática, también los procesos de remoción en masa impactan en la tierra de uso agrícola, lo que amenaza la base económica de la población rural (Mergili et al., 2015).

Los antecedentes mencionados, conducen evidentemente a adoptar medidas de adaptación a los procesos de remoción en masa. La primera y más importante de las medidas, debe transitar por el correcto ordenamiento de los territorios, pasando por el conocimiento del medio físico y de su dinámica para la obtención de atlas de riesgos cercanos a la realidad. Los atlas de riesgos son herramientas imprescindibles en las tomas de decisiones durante los procesos de ocupación del espacio geográfico, lamentablemente no son tomados en cuenta por múltiples factores que no serán abordados en este texto.

Al no aplicarse una buena práctica del ordenamiento del territorio, se ocupan zonas de vertientes inestables, conduciendo a la aplicación forzada de medidas estructurales para la estabilización de laderas o taludes (en caso de cortes artificiales). González de Vallejo (2002), enumera algunas de estas medidas, las cuales pueden consistir en:

- Modificación de la geometría del talud.
- Drenajes, mediante la construcción de pozos y/o drenes horizontales, con o sin conexión entre ellos.
- Aumento de la resistencia del terreno mediante la introducción en el talud de elementos estructurales resistentes.
- Construcción de muros u otros elementos de contención (Mallas metálicas y Muros de gaviones)

Margili et al. (2015) proponen otro grupo de medidas de adaptación a los procesos severos de vertiente, especialmente en entornos rurales. Según Margili y colectivo de autores, para el manejo de las laderas es importante la regularización de las actividades de pastoreo de ganado, la construcción de terrazas, el mantenimiento de bosques protegidos y vegetación adaptada. Además, agregan que a pesar de que estos métodos son utilizados principalmente para evitar la erosión del suelo y la degradación de la tierra, también pueden contribuir a la estabilidad de las laderas, en términos de balance hídrico y a la estabilidad mecánica. Asimismo, es necesario un cuidado especial y el mantenimiento de los canales de agua.

4.8 Otros movimientos del terreno

Aunado a los movimientos de remoción en masa, existen otros tipos de movimientos que pueden generar escenarios de riesgo, como son la subsidencia y los agrietamientos del terreno.
De acuerdo con Corapcioglu (1984), el término genérico de subsidencia hace referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o submarina. La subsidencia terrestre, en la cual se centra el presente trabajo, es un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido a varios factores, que pueden ser naturales o causados por el impacto de una gran variedad de actividades humanas. La subsidencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación.

Frecuentemente la subsidencia genera fallamientos o agrietamientos que dañan la infraestructura urbana. Existen muchas evidencias que indican que los agrietamientos se desarrollan comúnmente sobre estructuras geológicas sepultadas por capas de sedimentos, aunque este fenómeno no es exclusivo de este tipo de formaciones.

Las clasificaciones para el fenómeno de subsidencia son diversas, ya que algunas se relacionan con la génesis del proceso y otras, a los factores que generan el proceso. Vadillo (2013) propone la siguiente clasificación.

De acuerdo con su génesis:

- Subsidencia exógena: se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.
- Subsidencia endógena: hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, y vulcanismo.

Según el mecanismo desencadenante se clasifica de la siguiente forma:

- Por disolución subterránea en sal, yeso o rocas carbonáticas: debido a la gran solubilidad de estos materiales en agua en determinadas condiciones pueden llegar a formar sistemas de huecos interconectados, y que, en circunstancias extremas, provocan el hundimiento del terreno en determinadas zonas.
- Por obras mineras o construcción de galerías subterráneas: consiste en el hundimiento de la superficie del terreno con motivo de la deformación y/o colapso de galerías generadas para la extracción de minerales o la construcción de túneles respectivamente cuando los terrenos colindantes intentan ocupar el suelo el vacío generado.
- Por erosión subterránea: también conocido como "tubificación" o "piping" se produce por un proceso mecánico de arrastre de partículas de suelo causado por el flujo de agua subterránea. El agua, en su recorrido horizontal por el terreno, moviliza partículas de suelo generando una serie de canales que pueden desencadenar colapsos del terreno.
- Por flujo lateral: en torno a diversas formaciones evaporíticas se producen fenómenos de subsidencia asociados a la actividad diapírica. Este tipo de fenómenos de flujo lateral se ha observado en materiales arcillosos intercalados entre materiales más competentes como pizarras.
- Por compactación: Este proceso a su vez puede deberse a las siguientes causas:

- Vibraciones: Las vibraciones producidas por los terremotos, explosiones u otras causas pueden causar la densificación de terrenos granulares sueltos por reajuste de partículas al alcanzar este una estructura más compacta.
- Carga (presión litostática): La acumulación natural sucesiva de sedimentos o determinados tipos de cimentaciones pueden ocasionar la consolidación del terreno como consecuencia del peso que ejercen los sedimentos o las construcciones. Esta subsidencia se produce por una reducción gradual de los huecos del suelo.
- Extracción de fluidos: Puede causar importantes valores de subsidencia como consecuencia del cierre gradual de los huecos rellenos por el fluido extraído. Este tipo de hundimiento afecta a grandes ciudades como: Ciudad de México, Valle de San Joaquín (EEUU), Tokio (Japón), y Pekín (China).
- Hidrocompactación: Este fenómeno consiste en el asentamiento que se produce en determinados tipos de suelos, con un bajo contenido de humedad y situados sobre el nivel freático, al ser saturados. La presencia de agua puede causar dos tipos de efectos en este tipo de suelos, la disolución de los enlaces entre partículas o la pérdida de las tensiones capilares que en ambos casos sostienen las partículas de suelo para configurar su estructura.
- Tectónica: Los descensos de la superficie terrestre producidos por las fallas producen un efecto conocido como subsidencia tectónica. Este tipo de subsidencia es, en general, muy lenta y de pequeña magnitud (de pocos mm o décimas de mm al año) frente a otros tipos de subsidencia.
- Bombeo de pozos: Se da cuando se bombea de los pozos el agua a mayor velocidad de lo que pueden reemplazarla los procesos de recarga natural. Sobre todo en zonas con estratos potentes de sedimentos no consolidados, donde la presión del agua al extraerle disminuye, y el peso de la sobrecarga se trasmite al sedimento, compactando los granos y hundiendo el terreno.

Avalos (2014) por su parte propone otra clasificación más sintetizada sobre la subsidencia, tomando en cuenta los factores que generan el proceso (tabla 4.3). Según Tomás et al (2010) la subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos. Es de gran importancia su ocurrencia en zonas urbanas, donde los perjuicios ocasionados pueden llegar a ser ilimitados, suponiendo un riesgo importante para edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma.

Los costos económicos ocasionados por la subsidencia son muy difíciles de evaluar y cuantificar, debido principalmente a la dificultad de mapear la totalidad de las zonas que son afectadas, además de lo difícil de identificar los daños directos e indirectos que causan los hundimientos que son muy poco perceptibles. Se suma también a esto la dificultad de evaluar los daños al medio ambiente y lo subjetivo que es determinar la pérdida del valor de los predios afectados por el fenómeno entre otros muchos parámetros no muy fáciles de cuantificar.

Tabla 4.3 Tipos de subsidencia

SUBSIDENCIA	
Extracción de fluidos subterráneos	La explotación de fluidos confinados en el subsuelo genera un descenso de la presión y el consecuente colapso de los poros, dando como resultado la compactación de los suelos.
Compactación natural	Se produce por la compactación de sedientos antiguos cubiertos por sedimentos más recientes, generando una subsidencia del terreno regional, con tasas muy bajas. Puede aumentar la posibilidad de flujos de tierra.
Hidrocompactación	Se presenta en suelos colapsables compuestos por dos tipos de sedimentos: flujos de lodo y loess; debido a su baja densidad hay un colapso de la estructura del suelo que genera una compactación, dando lugar a una subsidencia del terreno muy localizada.
Licuefacción	La saturación del suelo provoca que los granos que lo componen dejen de estar en contacto y el material se comporta como un líquido.
Drenaje de suelo orgánicos	Los suelos orgánicos están expuestos a diferentes procesos que pueden inducir a la compactación y reducción de su volumen.
Derretimiento del permafrost	El suelo permanentemente congelado se denomina permafrost y es característico de algunas zonas de Canadá, Alaska y Siberia. Por lo general el volumen de hielo presente rompe la unión entre las partículas del suelo. El deshielo provoca entonces que el material que transforme en barro poco resistente.

Fuente: Avalos (2014)

Los hundimientos del terreno llevan consigo otro fenómeno que puede ser detonador de un escenario de riesgo, los agrietamientos. Las grietas pueden o no estar asociadas al hundimiento del suelo; sin embargo, hoy se sabe que el agrietamiento se hace más frecuente durante fuertes lluvias, ya que incrementa la presión de poros lo que causa esfuerzos de tensión del agua al suelo. La mayoría de las grietas se forman a profundidad y luego se propagan hacia arriba; sin embargo, existen varios mecanismos propuestos por distintos autores que pueden explicar su origen tales como: las deformaciones horizontales asociadas al hundimiento diferencial, las fuerzas de filtración que generan tensión en la estructura, la tensión provocada por la contracción horizontal de la zona donde se extrae el agua, entre otros (Pacheco, 2007).

Los hundimientos y grietas que se presentan como consecuencia de la sobreexplotación del agua del subsuelo (y de cualquier sólido o fluido) traen consigo problemas, no solo económicos por los daños que causan directamente sobre las propiedades de los particulares y en la infraestructura urbana, sino también sociales y legales por el riesgo que conlleva habitar en una zona donde los hundimientos provocan cada vez más frecuentes inundaciones, y donde la aparición de un nuevo agrietamiento es latente.

Los agrietamientos asociados a la subsidencia causan grandes pérdidas económicas por la afectación a la infraestructura urbana que ha edificado sobre su traza. Uno de los grandes problemas para los encargados de la planificación del desarrollo y crecimiento urbano en zonas de subsidencia, es definir las zonas futuras de fracturamiento para evitarlas o darles otro uso dentro de los planes de desarrollo.

En la actualidad no hay una metodología para predecir las zonas de fracturamiento asociados a la subsidencia, que sea económicamente factible y que arroje elementos para la toma de decisiones en cuestiones de planificación urbana.

Los riesgos causados por el hundimiento del terreno son fenómenos de amplia distribución en el mundo, principalmente los causados por la extracción intensiva de agua subterránea. Galloway-Burbey (2011) generaron una recopilación de algunos de estos casos los cuales se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Tasas de subsidencia para las regiones seleccionadas, las cuales representan la máxima medida locamente para el período específico

Localización	Tasa (mm/año)	Período	Fuente
Valle de Aguascalientes, México	111	1993-2003	Pacheco-Martínez et al. (2013)
Cuenca Anthemountas, Grecia	23	1995-2001	Raspini et al. (2013)

Bandung, Indonesia	230	2006-2009	Chaussard et al. (2013)
Bangkok, Tailandia	30	2006	Phien-Wej et al. (2006)
Ciudad de Beijing, China	115	2003-2009	Ng et al. (2011)
Bolonga, Italia	40	2002-2006	Bonsignore et al. (2010)
California, Estados Unidos	70	2003-2009	Sneed (2010)
Datong, China	20	2004-2008	Zhao et al. (2011)
Llanura de Gioia Tauro, Italia	23	1992-2006	Raspini et al. (2012)
Guangrao, China	65	2002-2008	Liu and Huang (2013
Texas, Estados Unidos	40	1996-1998	Buckley et al. (2003)
Yakarta, Indonesia	220	1997-2010	Chaussard et al. (2013)
Valle Mashhad, Irán	280-300	2003-2005	Motagh et al. (2007)
Ciudad de México, México	380	2002-2007	Yan et al. (2012)
Murcia, España	35	2008-2009	Herrera et al. (2010)
Valle Quetta, Pakistán	100	2006-2009	Khan et al. (2013)
Planicie de Saga, Japón	160	1994	Miura et al. (1995)
Semarang, Indonesia	130	2007-2009	Chaussard et al. (2013)
Cuenca de Teherán, Irán	205-250	2004-2008	Dehghani et al. (2013)
Cuenca Tesalónica, Grecia	45	1995-2001	Raspini et al. (2014)
Tianjin, China	30-40	2007-2010	Yi et al. (2011)
Tokio, Japón	40	1977-1988	Hayashia et al. (2009)
Valle de Toluca, México	90	2003-2008	Calderhead et al. (2011)
Vila de Arista, México	184	2007-2011	Chaussard et al. (2014)
Yunlin, Taiwán	100	2002-2007	Hung et al. (2010)
Zamora, México	128	2007-2011	Chaussard et al. (2014)

Fuente: Galloway y Burbey (2011).

Tal como se observa en la tabla anterior, México no se escapa de esta problemática. La Faja Volcánica Transmexicana aloja a varias de las principales ciudades del país, como Aguascalientes, Ciudad de México, Toluca, Querétaro, Zamora, Morelia, Guadalajara, Puebla, Chapala y Ciudad Guzmán en Jalisco. Estas ciudades tienen en común la presencia de subsidencia, y todas enfrentan los problemas asociados a ésta (Pacheco-Martínez et al. 2007; Cigna et al. 2012; Pacheco Martínez et al. 2013; Castellazzi et al. 2005). De igual forma todas ellas están emplazadas en zonas lacustres, cuyos rellenos sedimentarios son muy heterogéneos, se componen desde sedimentos lacustres finos hasta aluviales gruesos y depósitos volcánicos; además, están bordeadas por relieves volcánicos y algunas son limitadas por fallas. Otra coincidencia es que el origen de la subsidencia se debe principalmente a la extracción del agua subterránea y la actividad tectónica propia de la zona.

Las evidencias anteriores, sugieren la necesidad de incrementar los esfuerzos tanto a nivel nacional como local en torno a la gestión de los escenarios de riesgo producidos por este fenómeno, que si bien no se encuentra asociado a los movimientos de remoción en masa, si resulta relevante tomarlo en cuenta por el potencial daño económico que puede causar.

4.9 Bibliografía

Agencia de Medio Ambiente de Cuba (2012), Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos de terreno a nivel municipal, pp. 31.

Alcántara Ayala, I. (2000), "Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología", Investigaciones Geográficas, núm. 41, pp. 7-25.

Alcántara-Ayala, I. (2004), "Hazard assessment of rainfall induced landsliding in Mexico", Geomorphology, V. 61, pp. 19-40.

Arroyo Domínguez, Norma, 2016: Distribución espacial y evaluación temporal del proceso de consolidación del terreno por la sobreexplotación del agua subterránea, Tesis de Doctorado en Ciencias del Agua, México: Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Avalos Ortiz, Dennise, 2014: Análisis espacial de subsidencias por el abatimiento del acuífero a partir de imágenes Multiespectrales y el comparativo de dos Técnicas InSAR. Estudio de caso: Cuenca Alta del Río Lerma, Tesis de Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática, México: Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Ayala, F. y Olcina J. (2002) Riesgos Naturales Editorial Ariel S.A.

Ayala, F., Elizaga, E., González de Vallejo l., Duran, J., Beltrán, F, Oliveros A., Guillamont Y. y Capote R. (1987). Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España, Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Bonsignore, F., Bitelli, G., Chahoud, A., Macini, P., Mesini, E., Severi, P., Villani, B., Vittuari, L. (2010), "Recent Extensometric Data for the Monitoring of Subsidence in Bologna (Italy)", Carreon-Freyre, D., Cerca, M., Galloway, D.L., Silva-Corona, J.J. (Eds.), Land Subsidence, Associated Hazards and the Role of Natural Resources Development (EISOLS) (2010). IAHS Publ. 339, IAHS Wallingford, UK, pp. 333–338.

Buckley, S.M., Rosen, P.A., Hensley, S., Tapley, B.D. (2003). "Land subsidence in Houston, Texas, measured by radar interferometry and constrained by extensometers", Journal of Geophysical Research, Vol. 108, No. B11, 2542. Disponible en: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2002JB001848.

Buma, J. y Van Asch, T. (1996), "Soil (debris) spreading", pp. 137-148. En:

Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L., e Ibsen, M. L (Eds.): Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. Wiley, Chichester,

Calderhead, A.I., Therrien, R., Rivera, A., Martel, R., Garfias, J. (2011), "Simulating pumpinginduced regional land subsidence with the use of InSAR and field data in the Toluca Valley, Mexico". Adv. Water Resour. 34, 83–97.

Chardon A.C. (1999). "La percepción del riesgo y los factores socioculturales de vulnerabilidad. El caso de la ciudad de Manizales, Colombia". Memorias del primer seminario internacional sobre territorio y cultura, Manizales, Colombia.

Charley, R. y Keneddy A. (1971), Physical Geography: a systems approach, Prentice-Hall, London.

Chaussard, E., Amelung, F., Abidin, H., Hong, S.H. (2013), "Sinking cities in Indonesia: Alos Palsar detects rapid subsidence due to groundwater and gas extraction. Remote Sens". Environ, pp. 150–161.

Chaussard, E., Wdowinski, S., Cabral-Cano, E., Amelung, F. (2014). "Land subsidence in central Mexico detected by ALOS InSAR time-series. Remote Sens". Environ. 140, pp. 94–106.

Ciampalini, A., F., Raspini, S., Bianchini, W. Frodella, F., Bardi, D., Lagomarsino, F., Di Traglia, S., Moretti, C. Proietti, P., Plagiara, R., Onori, A., Corazza, A., Duro, G. Basile, N., Casagli (2015), "Remote sensing as tool for development of landslides databases: The case of the Messina Province (Italy) geodatabase", Geomorphology, v. 249, pp. 103-118.

Cigna F., Osmanoglu B., Cabral-Cano E., Dixon T.H., Ávila-Olivera J.A., Carduño-Monroy V.H., DeMets C., Wdowski S. (2012), "Monitoring land subsidence and its induced geological hazard with synthetic apertura radar interferometry: a case study in Morelia, México". Remote Sensing of Environment 117, pp. 146-161.

Corapcioglu, M.Y. (1984), "Land subsidence a state of the art review. Fundamentals of Transport Phenomena in Porous Media". En: Bear and M. Y. Corapcioglu (Ed.), NATO ASI Series E.82, Martinus Nijhoff Publishers, pp. 369-444.

Corminias, J. (s/a) "Tipos de Rotura en Laderas y Taludes, Universidad Politécnica de Cataluña", Disponible en: etcg.upc.edu, clasificacióndeslizamientos, Consultado en mayo de 2016.
Corvalán, P. y Hernández J. (2010), "Apuntes de Dendometría, Medicion de Copas y Raíces". Universidad de Chile. Disponible en: ucursos.cl/forestal, consultado el 28 de junio de 2013.
Cruden, C., y Varnés J. (1996), "Landslide types and processes. En: Turner, A. K., y Schuster, R. L. (Eds.): Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report", National Academy Press. Washington, pp. 36-75.
Cruden, D. M. y D. J., Varnes (1996), "Landslides types and processes, in landslides", in Turner, A. K. y R. L. Schuster (eds.) Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D. C., pp. 36-75.
De Pedraza, J. (1996), Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones, Madrid: Editorial Rueda, S.L.
Dehghani, M., Valadan Zoej, M.J., Hooper, A., Hanssen, R.F., Entezam, I., Saatchi, S. (2013). "Hybrid conventional and persistent scatterer SAR interferometry for land subsidence monitoring in the Tehran Basin", Iran. J. Photogramm. Remote. Sens. 79, pp. 157–170.
Espinosa, L. y Báez J. (2016). "Cartografía de la geometría de laderas: base para la evaluación de procesos de remoción en masa", Desafíos de las metrópolis: efectos ambientales y sociales. Tendencias Geográficas II, pp. 630-648.
Espinosa, L. y Hernández J. 2015. "Estudio del riesgo. Análisis multifactorial, multinivel y multitemporal", Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias, pp. 1-27.
Freeman, P., L., Martin, R., Mechler, K., Warner (2003), "A Methodology for Incorporating Natural Catastrophes into Macroeconomic Projections", in van der Veen, A. A., V., Arellano y J. P. Nordvik (2003), Proceedings: Point NEDIES and University of Twente Workshop, in search of a common methodology for damage estimation, Report EUR 20997 EN (2003), Bruxelles, Office for Official Publications of the European Communities, European Union, pp. 51-165.
Fritzpatrick, E A, (1980), Suelos, su formación, clasificación y distribución, Editorial CECSA.
Gobierno de la República Mexicana (2014), Estrategia Nacional de Cambio Climático (Visión 10-20-40). Anexo 1.
González de Vallejo, L.I. (2002). Ingeniería Geológica. España: Editorial Pearson Prentice Hall. Madrid, pp. 720.

Goudie, A. S. (2006), Encyclopedia of Geomorphology, Taylor and Francis e-Library, v. 1.

Gutiérrez, M. (2008) Geomorfología, Pearson, Prentice Hall: ciudad y editorial, Pp.229-274.

Hayashia, T., Tokunaga, T., Aichi, M., Shimada, J., Taniguchi, M. (2009), "Effects of human activities and urbanization on groundwater environments: an example from the aquifer system of Tokyo and surrounding area". Sci. Total Environ. 407, pp. 3165–3172. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.012.

Hernández, Z. (2008), Mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa con base en análisis multivariado: La Región de Zapotitlán de Méndez, Puebla, UNAM.

Herrera Pérez, Iván L (2012): Análisis de la susceptibilidad a la subsidencia en el estado de San Luis Potosí (México) como herramienta de la Gestión Ambiental, México: Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Herrera, G., Tomás, R., Monells, D., Centolanza, G., Mallorquí, J.J., Vicente, F., Navarro, V.D., Lopez-Sanchez, J.M., Sanabria, M., Cano, M., Mulas, J. (2010), "Analysis of subsidence using TerraSAR-x data: Murica case study". Eng. Geol. 116 (3–4), 284–295. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2010.09.010.

Hung, W.C., Hwang, C., Liou, J.C., Lin, Y.S., Yang, H.L. (2012), "Modeling aquifer–system compaction and predicting land subsidence in central Taiwan". Eng. Geol. 147-148, 78–90. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.07.018.

Ibsen, L.; Brunsden D.; Bromhead E., y Collison, A. (1996), "Flow Slide". En Dikau R.; Brunsden, D.; Schrott, R., e Ibsen, M. L. (Eds.); Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. Wiley. Chichester 202-211.

Keller, A. E., Blodgeh H. R. (2004), Riesgos Naturales: Procesos de la tierra como riesgo, desastres y catástrofes. Editorial Pearson, Madrid. pp. 182-204.

Khan, A.S., Khan, S.D., Kakar, D.M., 2013. "Land subsidence and declining water resources in Quetta Valley, Pakistan". Environ. Earth Sci. 70, pp. 2719–2727. http://dx.doi.org/10. 1007/s12665-013-2328-9.

Liu, Y., Huang, H.J., (2013) "Characterization and mechanism of regional land subsidence in the Yellow River Delta, China". Nat. Hazards 68, pp. 687–709. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/ s11069-013-0648-4.

Lomoschitz Mora-Figueroa, A., M., Ferrer Gijón, A., Cilleros Conde (2005), "Reconocimiento de deslizamientos volcánicos y no volcánicos en la Isla de Gran Canaria", VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Valencia, V. II, pp. 843-853.

Magaz García, A. R., J. R., Hernández Santana, J. L., Díaz Díaz, A., Venereo Morales, F., Pérez Cárdenas, P., Blanco Segundo (1991), "El complejo de formas del relieve gravitacional en la franja costera Baitiquirí-Punta Maisí, provincia de Guantánamo, Cuba", Morfotectónica de Cuba Oriental, Ed. Academia, La Habana, pp. 28-43.

Marfai, M. A., y King, L. (2007), "Monitoring land subsidence in Semarang", Indonesia. Environmental Geology, 53, pp. 651-659.

Mergili, M.; Marchant C. y Moreiras S. (2015), "Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina", Cuadernos de Geografía, V. 24, N. 2.

Miura, N., Hayashi, S., Madhav, M.R., Hayashi, Y. (1995), "Problems of subsidence and their mitigation in Saga plain, Japan". In: Barends, F.B.J., Brouwer, F.J.J., Schroder, F.H. (Eds.), Land Subsidence, Proceedings of the Fifth International Symposium on Land Subsidence, Vol 2., The Hague, Netherlands. IAHS pub. 234, pp. 463–469. Disponible en: (http://iahs.info/redbooks/a234/iahs_234_0463.pdf).

Motagh, M., Djamour, Y., Walter, T.R., Wetzel, H.U., Zschau, J., Arabi, S. (2007), "Land subsidence in Mashhad Valley, Northeast of Iran, results from InSAR leveling and GPS". J. Geophys. 168 (2), pp. 518–526. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-246x.2006.03246.x.

Ng, H.-M., Ge, L., Li, X., Zhang, K. (2011), "Monitoring ground deformation in Beijing, China, with persistent scatterer SAR interferometry". J. Geod. 86, pp. 375–392. Disponible en: http://dx.doi.org/ 10.1007/s00190-011-0525-4.

Oropeza O., Ortiz M. y Zamorano J. (1988), "Peligros geomorfológicos en México: remoción en masa". Los desastres en México. Una perspectiva multidisciplinaria. Programa Universitario Estudios sobre la Ciudad. UNAM, pp. 149-184.

Pacheco Martínez, Jesús (2007), Modelo de Subsidencia del Valle de Querétaro y predicción de Agrietamientos Superficiales, Tesis de Doctorado en Ciencias de la Tierra, México: Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Pacheco-Martínez J., Arzate-Flores J. (2007), "Análisis multicapa de la subsidencia en el valle de Querétaro, México". Revista Mexicana de Ciencias Geológicas V.24:3, pp. 389-402.

Pacheco-Martínez J., Hernández-Marín M., Burbey T.J., González-Cervantes N., Lozano J.A., Zermeño-De-León M., Solís-Pinto A. (2013), "Land subsidence and graund failure associated to groundwater exploitation in Aguscalientes Valley, México". Engineering Geology 164, pp. 172-186.

Pérez, J.I. (2007), Manejo del ambiente y riesgos ambientales en la región fresera del Estado de México. Disponible en: www.eumed.net/libros/2007a/235/.

Phien-wej, N., Giao, P.H., Nutulaya, P. (2006), "Land subsidence in Bangkok, Thailand". Eng. Geol. 82, pp. 187–201. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.10.004.

Raspini, F., Cigna, F., Moretti, S. (2012) "Multi-temporal mapping of land subsidence at basin scale exploiting Persistent Scatterer Interferometry: case study of Gioia Tauro plain (Italy)". J. Maps 8 (4), 514–524. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2012. 743440.

Raspini, F., Loupasakis, C., Rozos, D., Adam, N., Moretti, S. (2014), "Ground subsidence phenomena in the delta municipality region (Northern Greece): Geotechnical modeling and validation with Persistent Scatterer Interferometry". Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation 28, pp. 18–89. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2013.11.010.

Raspini, F., Loupasakis, C., Rozos, D., Morettis, S. (2013), "Advanced interpretation of land subsidence by validating multi-interferometric SAR data: The case study of Anthemountas basin (Northern Greece)". Nat. Hazarsds. Earth Sci. 13, pp. 2425–2440. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5194/nhess-13-2425-2013.

Seco, R. (1982), Procesos Exogenéticos, Ministerio de Educación Superior, Universidad de la Habana.

Sneed, M. (2010), "Measurement of land subsidence using interferometry, Coachella Valley, California". In: Carreon-Freyre, D., Cerca, M., Galloway, D.L., Silva-Corona, J.J. (Eds.), Land Subsidence Associated Hazards and the Role of Natural Resources Development (EISOLS), (2010), IAHS Publ 339, pp. 260–263.

Tarbuck, E. y Lutgens F. (2005), "Ciencias de la Tierra, Una Introducción a la Geología Física", Pearson, Prentice Hall, pp. 425-444.

Tomás, et al (2009), "Subsidencia del terreno" Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (173), pp. 295-302, España.

Tomás, R. (2009), Estudio de la ciudad de Murcia mediante Interferometría SAR diferencial avanzada. Tesis doctoral. Universidad de Alicante.

UNGRD, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - Colombia (2013), Guía Comunitaria para la Gestión del Riesgo de Desastres, Colombia.

Vadillo et al, (2013), "Subsidencia" en Boletín de la Sociedad Mexicana de Geología (130) pp. 7-13, México.

Wicander, R., y Monroe S. (2000), Fundamentos de Geología, International Thomson Editores, segunda edición, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 226.

Yan, Y., Doin, M.-P., Lopez-Quiroz, P., Tupin, F., Fruneau, B., Pinel, V., Trouve, E. (2012), "Mexico City subsidence measured by InSAR time series: Joint analysis using PS and SBAS approaches". IEEE Journal of selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing 5(4), pp. 1312–1326. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1109/jstars.2012.2191146.

Yi, L., Zhang, F., Xu, H., Chen, S., Wang, W., Yu, Q. (2011), "Land subsidence in Tianjin, China". J. Environ. Earth Sci. 62, pp. 1151–1161. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s12665-010-0604-5.

Zhao, C.Y., Zhang, Q., Yang, C., Zou, W. (2011), "Integration MODIS data Short baseline Subset (SBAS) technique for land subsidence monitoring in Datong, China". J. Geodyn. 52, pp. 16–23. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.jog.2010.11.004.

Zieger, T., F. Perzl, M., Rössel, M., Rutzinger, G., Meibi, G., Markart, C., Gleitner (2016), "A multi-annual landslide inventory for the assessment of shallow landslide susceptibility - Two test cases" in Vorarlberg, Austria, Geomorphology, V. 259, pp. 40-54.

Zócalo Saltillo (2015), La Pintada: el pueblo devorado por el lodo. Reportaje de Agencias, 23 de septiembre de 2013. Disponible en: http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/la-pintada-el-pueblo-devorado-por-el-lodo-1379951467. Consultado el 28 de julio de 2015.

Capítulo 5. Susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en México: una alerta a la vulnerabilidad construida

Jorge López Blanco
José Ramón Hernández Santana
Rafael Aragón González
Ana Patricia Méndez Linares
Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)[1]

5.1 Introducción

Por su elevada recurrencia a nivel mundial, sobre todo durante los períodos pluviales extremos e intensos estremecimientos sísmicos, entre diversas circunstancias, los procesos de remoción en masa figuran entre las noticias más frecuentes de la prensa internacional. RPP Noticias (2014) relacionó un total de 23 eventos de esta naturaleza con gran relevancia entre los años 2000 y 2013, indicando un total de 6 847 víctimas mortales y varios centenares de desaparecidos, destacando los desastres de la Isla de Leyte, Filipinas (17 de febrero de 2006) con 3 000 muertes; de Santiago Atitlán, Guatemala (6 de octubre de 2005) con unos 800 fallecidos; y de Río de Janeiro, Brasil (6 de abril de 2010 y 1 de enero de 2011) con 249 muertos y 902 respectivamente.

Independientemente de las condiciones y los factores naturales que actúan como detonantes de estos procesos, la inmensa mayoría de las muertes y daños materiales responde a la vulnerabilidad construida por las comunidades a lo lar-

1 Dirección: Ciudad Universitaria, C. P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México., teléfono: (52-55) 5622-4351, correo electrónico: jlopezblanco@hotmail.com, santana@igg.unam.mx, rafa_ag68@hotmail.com.

go de su historia, como reflejo del desconocimiento sobre el origen y desarrollo de los fenómenos, de una inadecuada planeación urbana y territorial, así como del elevado nivel de marginación social imperante, sobre todo en los países en desarrollo. A gran parte de este pliego de causalidades y efectos no se escapan los países del denominado primer mundo, en los cuales las pérdidas humanas y materiales alcanzan cifras también desorbitantes. A manera de ejemplo, en los Estados Unidos de América se reportan un total de 658 muertes entre los años 1900 al 2015, con pérdidas de unos US $20 000 millones (EM-DAT, 2015).

Estas situaciones requieren, como manifiesta Herzer (2011), "enfatizar la naturaleza social del problema y resaltar que la construcción del riesgo es un proceso social e histórico", en definitiva, la construcción del riesgo depende directamente de la construcción de la vulnerabilidad. Las sociedades serán más vulnerables a los procesos de remoción en masa, en la medida en que se asienten en los sitios con las condiciones geológicas, geotécnicas y geográficas potencialmente óptimas para el desarrollo de esta amenaza. Cruden y Varnes (1996) clasifican sus causas como de índole geológica, físico-geográfica, morfológica y antrópica, y sus combinaciones, lo que muestra la complejidad espacial y la difícil previsibilidad en el tiempo.

La amenaza geólogica-geomorfológica por procesos gravitacionales o de remoción en masa, también conocidos por la población mexicana como deslaves, constituyen junto con las inundaciones, una de las más comunes y recurrentes que impactan tanto a los asentamientos humanos, sobre todo en regiones montañosas, como a sus infraestructuras socioeconómicas. Dentro de las etapas de prevención y mitigación, se hace indispensable el conocimiento de las condiciones más propicias para el desarrollo de estos procesos, y así determinar la distribución de las zonas más susceptibles, con vistas a reducir la vulnerabilidad construida por la propia sociedad en sitios inestables de laderas o en la base de estos morfo-elementos dinámicos del relieve.

En las últimas décadas, algunos esfuerzos se han realizado en el estudio de los procesos de remoción en masa en México, a escala de país. Alcántara-Ayala (2000) presenta un análisis de la nomenclatura internacional de los procesos de remoción en masa, con vistas a esclarecer los aspectos terminológicos, causales y dinámicos, muy útil para la homogeneización de las investigaciones sobre todo en los países en desarrollo, para la información temática y en la consecución de un inventario nacional de estos procesos en México (Alcántara-Ayala et al., 2008), así como criterios sobre los deslizamientos inducidos por

lluvias en este país (Alcántara-Ayala, 2004). Además, a partir del año 2000, se han caracterizado y evaluado estos fenómenos en varias regiones y localidades mexicanas, tales como Zacapoaxtla (Hernández, 2005), Tlatlauquitepec (Borja, 2006), Teziutlán, Zapotitlán de Méndez, Totomoxtla (Capra et al., 2006), en la Sierra Norte de Puebla (Lugo-Hubp et al., 2005), y en la ciudad de Chilpancingo, estado de Guerrero (Sotelo, 2008); así como se ha establecido el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana para la mitigación de estos procesos en el poblado de Tlatlauquitepec (Borja, 2012), con un fuerte apoyo por parte de las autoridades y la comunidad.

El estudio de las condiciones geológico-geomorfológicas es vital para conocer el desarrollo ambiental biofísico, pues representan de manera general, la plataforma del desarrollo para los restantes factores geográficos y actividades humanas, como la distribución espacio-temporal del régimen hidroclimático, el espectro de los pisos altitudinales de la vegetación, las condiciones de estabilidad de las laderas para la expansión urbana y el desarrollo socioeconómico, entre muchos aspectos. Es por ello, que dentro de la caracterización nacional mexicana para el "Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio" (SEMARNAT, 2009), se incluyó el estudio evaluativo sobre la susceptibilidad a estos peligros, aunque de acuerdo a su escala cartográfica 1: 2 000 000 para toda la República Mexicana, no pudo satisfacer las necesidades locales de evaluación, limitándose sólo a ofrecer un panorama de gran visión, tanto general como regional de las zonas más comprometidas, con vistas a estudios futuros más detallados a nivel de localidades.

En esta dirección, Ayala y Corominas (2002) plantean que para la ordenación urbana y territorial los mapas de susceptibilidad a movimientos de laderas deben tener una escala adecuada, no menor a una escala 1:25 000 en las fases preliminares, y de 1:5 000 a 1:2 000 para fases más avanzadas.

A nivel mundial existen muy pocos inventarios nacionales sobre los tipos morfogenéticos de procesos geomórficos exógenos y la intensidad de sus potenciales manifestaciones. Una de las primeras experiencias, a escala pequeña, está recogida en el Atlas Nacional de Eslovaquia (Slovak Cartography, 1983), retomada y modificada para la preparación del mapa de procesos exógenos recientes del Atlas Nacional de Cuba, a escala 1:2 000 000 (Blanco et al., 1989) y en la evaluación de la dinámica de estos procesos en el proyecto hidroeléctrico "La Parota", en el Estado de Guerrero, México, a escala 1:100 000 (CFE, 2003). Además, en México, dicho enfoque también se insertó en el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial

del Estado de Guerrero, a escala 1:250 000 (Instituto de Geografía-UNAM, 2004); en el diagnóstico ambiental de las cuencas de México, Alto Lerma y Valle de Bravo, a escala 1:250 000 (Instituto de Geografía, 2005; Hernández-Santana et al., 2009); en el Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Territorial, a escala 1:1 000 000 (SEDESOL-UNAM, 2005); y en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (López, 2009).

Las caracterizaciones nacionales y regionales, a escalas pequeñas, sólo brindan una visión estratégica del fenómeno estudiado, pero las evaluaciones con fines operativos sólo se obtienen a escalas detalladas. En este sentido, el presente capítulo ofrece una visión orientativa de los niveles de susceptibilidad potencial a las amenazas geológico-geomorfológicas de remoción en masa en México, elaborada a partir de una tipología sustentada por los criterios del nivel de susceptibilidad litológica a dichos procesos y de las condiciones energéticas propiciadas por las pendientes del terreno, para detectar las zonas con condiciones vulnerables más críticas.

Los objetivos perseguidos por esta tipología integrada son: (a) identificar las áreas en donde, de acuerdo con la susceptibilidad litológica a los procesos de remoción en masa y el grado de inclinación de la superficie terrestre, dichos procesos pueden desarrollarse con diferentes grados de intensidad; (b) presentar una base orientativa sobre los niveles de susceptibilidad territorial, ante el desarrollo de los procesos de remoción en masa, que permita sobre la base del uso actual del suelo, detectar cuáles de dichos usos por localidades podrían incrementar la dinámica de dichos procesos; y (c) brindar información sobre las regiones más propensas a estos procesos con vistas a orientar la reducción de la vulnerabilidad construida.

Por supuesto que para este tipo de evaluaciones se requieren otras consideraciones y ponderaciones naturales, como: las condiciones de yacencia geológica; las características geotécnicas del substrato geológico; las variaciones climáticas temporales; la intensidad de precipitaciones en cortos períodos de tiempo; el régimen hidrogeológico; la estructura, textura y grado de saturación hídrica de los suelos; el tipo y la densidad de la cobertura vegetal; entre muchos aspectos involucrados. No obstante, para una primera visión general sobre la distribución de las condiciones favorables al desarrollo de los procesos de remoción en masa en el territorio nacional y a una escala pequeña 1:2 000 000, se consideró el método correlativo entre diferentes grupos litológicos y su susceptibilidad potencial ante dichos procesos, para diferentes intervalos de

pendientes del terreno, con la propuesta de siete categorías de susceptibilidad: nula (N), muy baja (MB), baja (B), media (M), media alta (ML), alta (A) y muy alta (MA).

5.2 Sierra Norte de Puebla: un polo nacional de los procesos de remoción en masa

Para México, según Alcántara-Ayala (2004) los deslizamientos inducidos por las lluvias son muy frecuentes e intensos, como ocurrió durante la depresión tropical de octubre del año 1999, cuando fueron azotados los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo por inundaciones y por procesos de remoción en masa, dejando una secuela de 263 víctimas y casi un millón y medio de personas con afectaciones, fundamentalmente en los municipios montañosos, donde además de las condiciones geológicas y geográficas favorables para estos procesos, la vulnerabilidad construida por la población la conduce a un notable desamparo. Según Vázquez-Conde et al. (2001) los estimados económicos por daños ocasionados por esta depresión tropical para el estado de Puebla superó los US $ 200 millones.

Capra et al. (2006) analizaron diferentes imágenes satelitales antes y después del año 1999, reportaron miles de eventos por remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla y, en especial, en el entorno de Totomoxtla se reporta la alternancia de horizontes de filitas y pizarras con rocas calcáreas, que, bajo las condiciones de sobresaturación de los estratos metamórficos, propiciaron los deslizamientos en esta localidad. Por otra parte, Lugo-Hubp et al. (2005) reportaron cambios en el relieve, como abanicos aluviales, barrancos con longitudes de hasta 20m y profundidades de 1 a 3m, formación de un lago temporal en el Río Zempoala y el surgimiento de cerca de 3 000 surcos y formas erosivas en un área de 4 000 km2, lo que según estos autores imprime a este acontecimiento un carácter muy singular a nivel mundial.

Por supuesto, en la extensión de la vulnerabilidad construida han operado las actividades humanas, como la deforestación intensa, la ruptura de las pendientes mediante taludes de vialidades, el pastoreo intensivo en laderas de fuerte inclinación, el crecimiento de la población y la expansión de los asentamientos humanos de manera descontrolada, con posicionamiento en zonas muy susceptibles a estos procesos.

Esta vulnerabilidad construida en las últimas décadas determinó que, durante el evento hidrometeorológico del año 1999, un total de 1 476 000 personas fueran afectadas (Bitrán, 2000), lo que equivalía a un 29.5 % de la población del estado poblano en aquel año. Los costos por los daños se desglosaron en 520 millones de pesos en el sector social, en 1 541 millones en infraestructura

y servicios, 225.7 en sectores productivos y 38.69 por atención a la emergencia (Cuanalo y Melgarejo, 2002).

La Sierra Norte de Puebla es considerada uno de los focos de mayor amenaza por estos procesos, pero otros eventos catastróficos se han reportado en otros estados del país, como el gran deslizamiento del cerro "El Rempujón" de San Juan de Grijalba, en Chiapas, el 4 de noviembre de 2007, luego de intensas precipitaciones durante la segunda parte del mes de octubre. De acuerdo con Hinojosa-Corona et al. (2011), el cuerpo del deslizamiento presentó una extensión de 8 hectáreas y acarreó 55 millones de m3 de roca y suelo, dejando un saldo de 25 muertos, producto de una ola de impacto de 50m de altura en el espejo de agua de la presa Peñitas.

En las vertientes montañosas y de lomeríos en el Golfo de México y en el Océano Pacífico es recurrente la aparición de intensos procesos de remoción en masa, como sucedió durante el paso del huracán Stan por los estados de Veracruz y Chiapas, en el año 2005 (The Nature Conservancy, 2010). Uno de los registros más trágicos durante el paso de la tormenta tropical Manuel fue el deslizamiento en el poblado "La Pintada" en el estado de Guerrero (Figura 5.1), donde el 85 % del poblado desapareció bajo el lodo y se estima que más de 100 personas quedaron sepultadas (Zócalo Saltillo, 2015).

Figura 5.1 Deslizamiento en el poblado "La Pintada", estado de Guerrero



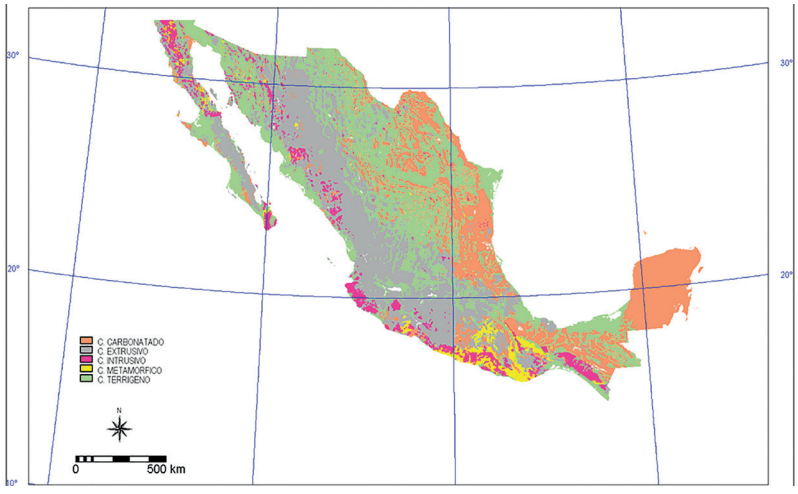
Fuente: Foto de Saúl Ruiz Mata, Diario El País, 25 de septiembre de 2013

Lluvias extremas en enero de 1993 en la ciudad de Tijuana y su entorno propiciaron fuertes procesos de erosión y de remoción en masa con daños en 112 hectáreas y afectaciones potenciales a unas 47 928, debido a la localización de la ciudad y al crecimiento desordenado (Bocco et al., 1993), claras expresiones una notable vulnerabilidad construida a lo largo del tiempo.

5.3 Enfoque metodológico: susceptibilidad litológica del substrato e inclinación de las laderas

Para el análisis correlativo general de las características litológicas del subsuelo con las condiciones de pendientes, se consideraron los cinco grandes grupos de complejos lito-estratigráficos propuestos por Ortega et al. (1992), en relación con su grado de susceptibilidad a la acción de los procesos geomórficos de remoción en masa. Para ello, se determinaron cinco complejos litológicos básicos: I. Complejo metamórfico regional: gneis, esquisto, pizarra, otros tipos metamórficos no diferenciados; II. Complejo intrusivo: rocas graníticas y gabroides; III. Complejo extrusivo: rocas volcánicas continentales de composición ácida, intermedia y básica, tobas y rocas volcano-sedimentarias; IV. Complejo terrígeno: areniscas, lutitas, conglomerados, depósitos aluviales); y V. Complejo carbonatado: calizas, dolomías, calcarenitas y otras litologías (Figura 5.2).

Figura 5.2 Complejos lito-estratigráficos de México



Fuente: Ortega-Gutiérrez et al., 1992.

El relieve del territorio nacional está compuesto por las principales categorías geomorfológicas de tipos de relieve (montañas muy altas, H, altitud > 5 000 m; altas, 2 500 < H £ 5 000 m; medianas, 1 300 < H £ 2 500 m; bajas, 800 < H £ 1 300 m; premontañas, 400 < H £ 800 m; lomeríos indiferenciados, 200 < H £ 400 m; piedemontes indiferenciados; y llanuras de diferente génesis, 220 m < H), mostrando una expresión contrastante del mismo y una composición diversa de sus pendientes. Para este trabajo se consideraron siete intervalos de inclinación de sus laderas: 1) 0-2 º, 2) >2º-4º, 3) >4º-8º, 4) >8º-16º, 5) >16°-32°, 6) >32°-45°, y 7) >45° (Figura 5.3).

De acuerdo con las condiciones litológicas del substrato geológico, con la energía del relieve y con los ángulos de inclinación de las laderas del territorio, se elaboró una matriz de valoración, que permitió distinguir los principales niveles de susceptibilidad potencial al desarrollo de los procesos de remoción en masa y, por tanto, de escenarios de peligrosidad. Sus combinaciones determinaron una clasificación de siete niveles de peligrosidad (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Niveles de susceptibilidad potencial de peligrosidad geológico-geomorfológica por procesos de remoción en masa en México
Fuente: Elaboración, propia.

Intervalo / Complejo	I Complejo metamórfico	II Complejo intrusivo	III Complejo extrusivo	IV Complejo terrígeno	V Complejo carbonatado
>0º-2º	MB	N	N	MB	MB
>2º-4º	B	MB	MB	MB	MB
>4º-8º	M	MB	MB	B	B
>8º-16º	ML	B	B	M	M
>16°-32°	MA	ML	A	A	ML
>32°-45°	MA	A	MA	MA	MA
>45°	MA	MA	MA	MA	MA

Estos niveles de susceptibilidad presentan las siguientes características:

Susceptibilidad potencial muy alta (MA): Regiones constituidas por complejos metamórfico, extrusivo y terrígeno, fuertemente intemperizados, en escenarios geomorfológicos esencialmente montañosos (montañas altas, medias y bajas

y premontañas), con gran energía del relieve y con pendientes del terreno superiores a los 32º, así como regiones formadas por rocas carbonatadas con pendientes entre 32º y más de 45º.

Susceptibilidad potencial alta (A): Regiones constituidas por complejos extrusivo y terrígeno, en escenarios geomorfológicos montañosos (montañas altas, medias y bajas, premontañas), con gran energía del relieve y con pendientes del terreno entre los 16º y 32º, así como en regiones sobre rocas del complejo intrusivo, con pendientes entre 32º-45º.

Susceptibilidad potencial media-alta (ML): Regiones constituidas por complejos metamórfico en escenarios geomorfológicos de montañas bajas, premontañas y grandes lomeríos, con pendientes entre 8º-16º, así como en regiones sobre complejos intrusivo y carbonatado, en escenarios geomorfológicos con energía alta a moderada del relieve (montañas bajas y premontañas, y lomeríos grandes) y con pendientes del terreno entre 16º y 32º.

Susceptibilidad potencial media (M): Regiones constituidas por complejos terrígeno y carbonatado en escenarios geomorfológicos de montañas bajas, premontañas y lomeríos grandes, con pendientes entre 8º-16º, así como en regiones sobre complejos metamórfico intemperizado, en escenarios geomorfológicos con energía moderada del relieve (lomeríos medianos y pequeños, y llanuras altas) y con pendientes del terreno entre 4º y 8º.

Susceptibilidad potencial baja (B): Regiones constituidas por complejos intrusivo y extrusivo, con pendientes del terreno entre 8º y 16º, así como sobre complejos terrígeno y carbonatado, con pendientes del terreno entre 4º y 8º, y metamórfico entre 2º-4º, fundamentalmente en lomeríos bajos, piedemontes y llanuras medias y bajas, de diferente génesis.

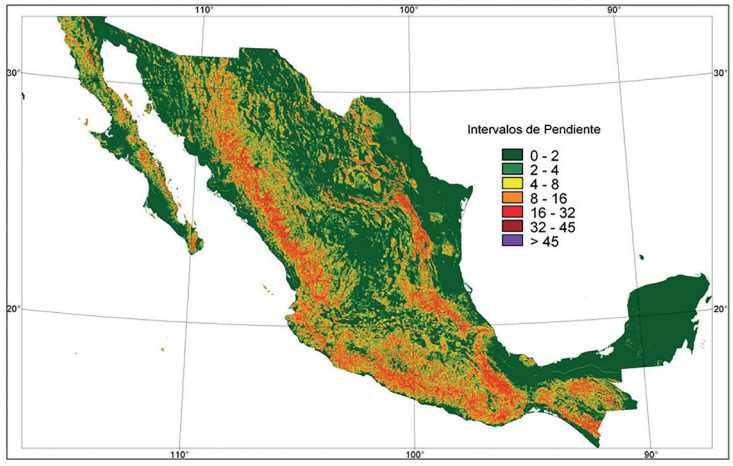
Susceptibilidad potencial muy baja (MB): Regiones constituidas por complejos intrusivo, extrusivo, terrígeno y carbonatado, en escenarios geomorfológicos de muy baja energía (llanuras bajas y muy bajas, y superficies de planeación de diferente génesis: marina, fluvial, lacustre, palustre, erosivo-denudativa, y otras), con pendientes del terreno entre 2º-4º; así como sobre complejos metamórfico, terrígeno y carbonatado con pendientes entre 0º -2º.

Susceptibilidad Nula (N): En regiones con complejos intrusivos y extrusivos con pendientes entre 0º -2º.

El procesamiento automatizado de esta matriz de decisiones facilitó la elaboración de la cartografía de la susceptibilidad potencial a los procesos de remoción en masa (Figura 5.3).

Figura 5.3. Inclinación de las laderas del relieve mexicano, en grados.

Fuente: Elaboración, propia.



La generación del mapa de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa, a escala 1:2 000 000, se basó en el cálculo y modelación dentro del Sistema de Información Geográfica (SIG) Ilwis versión 3.0 e información temática. Para el cálculo de los mapas se utilizó álgebra booleana con los operadores lógicos: and y or. Finalmente, la modelación dentro del SIG, se realizó de la manera siguiente: (a) se correlacionaron los dos mapas: complejos litológicos y pendientes; (b) se obtuvo una tabla de datos, la cual fue analizada y de ésta se tomaron los criterios de asignación de los niveles de susceptibilidad; (c) con enunciados booleanos se asignaron los niveles de susceptibilidad (muy alto, alto, medio alto, medio, bajo, muy bajo y nulo); y (d) todos los procesos se realizaron con mapas en formato raster, por lo que el mapa final se exportó a formato ASCII. Este formato permitió que el mapa pudiera ser editado en ArcMap de ArcGIS.

5.4 Panorama regional de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa

Indiscutiblemente, los peligros de remoción en masa se concentran en las regiones montañosas del país, aunque insistimos que las condiciones locales ante este fenómeno no pueden valorarse a la presente escala, pues se requieren

incorporar otros factores naturales e incluso antrópicos, imposibles de representar a la escala cartográfica 1:2 000 000. En el nivel local suelen presentarse situaciones y contactos inestables del relieve, como bordes de terrazas fluviales y marinas, laderas acentuadas en lomeríos, taludes de obras de ingeniería en vialidades, etc., donde habitualmente se presentan estos desplazamientos del terreno por la combinación con otros factores detonantes, como precipitaciones intensas en cortos períodos de tiempo, estremecimientos intensos por liberación de energía sísmica, a veces por explosiones en canteras y minas, sobrecargas urbanas en pendientes inestables, y otros muchos escenarios, en su mayoría reflejando un alto grado de vulnerabilidad construida.

De hecho, en muchos casos la población rural se asienta en los bordes de las llanuras y terrazas marinas y fluviales en busca de visibilidad, tanto de sus cultivos como para su propia seguridad. Esta postura ha facilitado en levantamientos morfogenéticos del relieve, el trazado de dichos bordes fluviales o frentes de escarpas acantiladas en las costas aterrazadas por la acción marina.

Para estos casos, las entidades de prevención ante desastres deben facilitar la ejecución de estudios a escala grande, superiores a 1:25,000, para detectar a tiempo dichas áreas críticas y evitar la pérdida de vidas humanas y de recursos materiales. En el panorama general, que nos presenta la figura 5.4, se puede apreciar que las zonas costeras mexicanas presentan niveles de susceptibilidad nulo, bajo y muy bajo, exceptuando los sectores de los Tuxtlas, en la costa del Golfo; y en sitios aislados de la llanura costera del Pacífico, y de la costa oriental de la Península de Baja California, donde se presentan áreas con niveles de susceptibilidad media y alta.

Figura 5.4 Susceptibilidad a los procesos de remoción en masa



Fuente: Elaboración propia

A su vez, existen territorios como la Península de Yucatán, donde sobre un fondo de antiguas llanuras y terrazas marinas operan, debido a la litología del substrato calcáreo y carbonatado, procesos disolutivos kársticos, pudiendo presentarse el desarrollo de derrumbes en un marco estrictamente local, como expresión de estos procesos de remoción en masa, en el frente de antiguas líneas de costa aún con rasgos acantilados. En su gran extensión, este territorio posee muy bajas potencialidades para la actuación de estos procesos, exceptuando los frentes de las líneas antiguas de costa y en los bordes de grandes geoformas kársticas.

Los valores medios de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa se distribuyen en los niveles montañosos más bajos (premontañas, montañas bajas, en ocasiones medias) de las grandes Sierras Madres del país (Oriental, del Sur, Occidental y de Chiapas) y en algunas sierras periféricas, de las costas de Veracruz (prolongaciones del macizo de Teziutlán), de Tamaulipas (Sierra San Carlos), en las sierras del Norte de Chiapas y en los extremos de la Península de Baja California.

Los niveles de alta susceptibilidad ocupan los núcleos de las montañas altas y medias del país, así como en las edificaciones volcánicas del Cinturón Volcánico Transmexicano. En la figura 5.3, se aprecia una gran extensión de la Sierra Madre Occidental; los principales centros montañosos de la Sierra Madre del Sur, como la Sierra de Juárez, la Sierra de Miahuatlán; la vertiente del Golfo del Macizo de Teziutlán; múltiples localidades de la Sierra Madre Oriental; y la costa oriental de la Península de Baja California.

Las zonas de susceptibilidad muy alta están localizadas en la Sierra Madre Oriental (Sierra Norte de Puebla y sierras centro-septentrionales de los estados de Tamaulipas y de Nuevo León), en la Mixteca Alta de Oaxaca y el flanco noreste de la Sierra de Juárez, en los extremos norte y suroriental de la Sierra Madre de Chiapas y en el núcleo de las montañas transpresivas de la Sierra Atravesada, en el Istmo de Tehuantepec, así como en innumerables localidades de la Sierra Madre Occidental.

Asimismo, las áreas que presentan este nivel de susceptibilidad muy alta y que además coinciden con el dominio morfoclimático húmedo (López-Blanco, 2010), se identifican también por presentar procesos de fuerte erosión fluvial remontante, asociados con los procesos de remoción en masa.

Dentro del dominio morfoclimático húmedo, las áreas principales de distribución se concentran en las Sierras Orientales de Oaxaca y del Sur de Chiapas (Soconusco), y en las porciones surorientales de la Sierra Madre Oriental y del extremo oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano. Estos procesos son característicos de las laderas superiores y medias de los relieves montañosos, con régimen de escurrimiento concentrado y, de manera general, con muy altas cantidades de lluvia totales anuales.

5.5 Consideraciones finales

La escala cartográfica pequeña empleada en este análisis nacional, como la selección de dos de los innumerables factores que intervienen en el desarrollo de esta amenaza multifactorial, condicionaron los resultados del diagnóstico, a una visión general, de las zonas más susceptibles a la acción de los procesos de remoción en masa.

En el futuro inmediato, fundamentalmente en investigaciones preventivas y de alerta temprana ante los procesos de remoción en masa y en la elaboración de los programas municipales de ordenamiento ecológico territorial, se deben emprender evaluaciones multifactoriales, a escala detallada superior a 1:25 000, siempre que sea factible, con vistas a precisar sus zonas potenciales y críticas ante el desarrollo de estos procesos geomórficos de respuesta rápida, ante factores detonantes acumulados o instantáneos.

Las condiciones geólogica-geomorfológicas potencialmente más favorables al desarrollo de los procesos de remoción en masa son: la presencia de características del substrato geológico, con litologías susceptibles a un elevado intemperismo físico y químico; la estructura del subsuelo y las condiciones de yacencia; la sobresaturación hídrica; el nivel de consolidación, compactación y agregación de su composición petrológica; y las condiciones de inclinación de las laderas del relieve, como expresión geométrica de aceleración o no de los procesos de remoción en masa.

Las mayores potencialidades de desarrollo de estos procesos se concentran en aquellos territorios, donde las pendientes superen los 32º, e incluso superior a los 45º, en condiciones litológicas susceptibles a un alto nivel de intemperización, a elevadas sobresaturaciones hídricas y contrastantes diferencias mineralógicas de su composición, como las rocas de los complejos

metamórfico, extrusivo y terrígeno. Estas condiciones también se presentan, aunque con menos potencialidad, en las rocas intrusivas y carbonatadas. En estas últimas es más frecuente el desarrollo de procesos de derrumbe en grandes bloques rocosos.

En las regiones con pendientes entre 16º y 32º, todas las litologías pueden presentar susceptibilidad al desarrollo de estos procesos, pero fundamentalmente en las rocas terrígenas. Ya en pendientes inferiores a los 16º y en función de las litologías imperantes, los procesos disminuyen sus potencialidades a niveles de medio, bajo y muy bajo.

5.6 Bibliografía

Alcántara-Ayala, I. (2000), "Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología", Investigaciones Geográficas, 41, pp. 7-25.

Alcántara-Ayala, I. (2004), "Hazard assessment of rainfall induced landsliding in Mexico", Geomorphology, pp. 61, 19-40.

Alcántara-Ayala, I., Murillo García, F. G. (2008), "Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional", Investigaciones Geográficas, 66, 47-64.

Ayala-Carcedo, F. J. y Corominas, J. (Eds.) (2002), Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Bitrán, D. (2000), "Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana, durante 1999" Cuadernos de Investigación, 50, México.

Blanco Segundo, P., Magaz García, A. R., Díaz Díaz, J. L., Hernández- Santana, J. R., Bouza Alonso, O., González Ortiz, R. (1989), "Procesos exógenos recientes", En G. Oliva Gutiérrez (Coord.) Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Madrid: Ed. Instituto Geográfico Nacional de España, p. IV.3.1.

Bocco, G., Sánchez, R. A., Riemann, H. (1993), "Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana (enero de 1993). Uso integrado de percepción remota y sistemas de información geográfica". Frontera Norte, 5 (10), pp. 54-83.

Borja Baeza, R. C. (2006), Inestabilidad de laderas en Tlatlauquitepec, Sierra Norte de Puebla: análisis y modelación en materiales sedimentario. Tesis de Maestría, UNAM, México, D. F.

Borja Baeza, R. C. (2012), Diseño e implementación de un sistema de alerta temprana para mitigar el impacto generado por inestabilidad de laderas: Tlatlauquitepe, Sierra Norte de Puebla. Tesis de Doctorado, UNAM, México, D. F.

Capra, L., Lugo-Hubp, J., Zamorano Orozco, J. J. (2006), La importancia de la geología en el estudio de los procesos de remoción en masa: el caso de Totomoxtla, Sierra Norte de Puebla, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, LVIII (2), 205-214.

CFE (2003), "Manifestación de impacto ambiental modalidad regional del proyecto hidroeléctrico "La Parota", Guerrero (Capítulo IV, Geología y Geomorfología)", Informe técnico. México, D. F.

Cruden, D. M. and Varnes, D. J. (1996), "Landslides types and processes. In A. K. Turner and R. L. Schuster (Eds.) Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board, Special Report 247". Washington: National Academy Press, pp. 36-75.

Cuanalo Campos, O. A. y Melgarejo Palafox, G. (2002), "Inestabilidad de laderas. Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla". Elementos, 9 (47), pp. 51-55.

EM-DAT (2015), Landslide, United States, 1900-2015. Disponible en: http://emdat.be/country_profile/index.html. Consultado el 24 de julio de 2015.

Hernández Madrigal, V. M. (2005), Caracterización de los procesos de remoción en masa en la Región de Zacapoaxtla, Sierra Norte de Puebla, México. Tesis de Doctorado, México: UNAM.

Hernández Santana, J. R., Miguel López, C., Méndez Linares, A. P., Bollo Manent, M., Ricardez Cabrera, M. M. (2009), "Geomorphic compatibility of the agricultural land use on the higher basin of Lerma River, Mexico", Journal of Maps, v. 2009, pp. 253-262. DOI: 10.4113/jom.2009.1015.

Herzer, H. M. (2011). "Construcción del riesgo, desastre y gestión ambiental urbana. Perspectivas en debate", REDESMA, 5 (2). Disponible en: http://www.mundourbano.unq.edu.ar/index.php/ultimo-numero/257-articulo-hilda. Consultado el 26 de julio de 2015.

Hernández Madrigal, V. M. (2005), Caracterización de los procesos de remoción en masa en la Región de Zacapoaxtla, Sierra Norte de Puebla, México. Tesis de Doctorado, UNAM, México, D. F.

Hinojosa-Corona, A., Rodríguez-Moreno, V. M., Munguía-Orozco, L., Meillón-Menchaca, O. (2011), "El deslizamiento de ladera de noviembre de 2007 y generación de una presa natural en el río Grijalva, Chiapas, México". Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 63 (1), pp. 15-38.

Instituto de Geografía, UNAM (2004), Programa Estatal de Ordenamiento Territorial del Estado de Guerrero, México, D. F.

Instituto de Geografía-PUMA (2005), Intensidad orientativa de los procesos geomórficos exógenos. Plan de manejo ecosistémico de las cuencas de México, de Toluca y de Valle de Bravo. México D. F.: Secretaría de Ecología del Estado de México.

López Blanco, J. (2009), "Procesos de remoción en masa", J. R., Hernández-Santana (Coord.) Caracterización y diagnóstico integrado para el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. SEMARNAT, México, D. F., t. I-II, pp. 103-112.

López-Blanco, J. (2010), "Procesos geomorfológicos dominantes en México", En I. Alcántara Ayala y J. Delgado Campos (Coords.) Geografía Física de México. Colección Geografía para el siglo XXI, 6, 106-120.

Lugo-Hubp, J., Zamorano Orozco, J. J., Capra, L., Inbar, M., Alcántara Ayala, I. (2005), "Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, octubre de 1999: Causas y efectos", Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22 (2), 212-228.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre Salazar, L. M., Roldán Quintana, J., Aranda-Gómez, J., Morán-Zenteno, D., Alaniz-Álvarez, S., Nieto-Samaniego, A. (1992), Carta Geológica de la República Mexicana a escala 1:2 000 000. México, D. F.: Instituto de Geología, UNAM.

RPP Noticias (2014), "Cronología de graves deslizamientos de tierra desde el año 2000 (2014, 2 de mayo)", Sección Internacional. Disponible en: http://www.rpp.com.pe/2014-05-02-cronologia-de-graves-deslizamientos-de-tierra-desde-el-ano-2000-noticia_688982.html. Consultado el 24 de julio de 2015.

SEDESOL-UNAM (2005), "Peligros geológico-geomorfológicos". En A. G. Aguilar, J. López Blanco (Coords.) Integración del Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Territorial en la Fase Correspondiente a la Caracterización del Territorio, México, D. F.

SEMARNAT (2009), Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. México, D. F.

Slovak Cartography [Slovenská kartografia] (1983), "Atlas of the Slovak Socialist Republic". In E. Mazur and J. Jakal, (Eds.). Bratislava: Veda Publishing House of the Slovak Academy of Sciences.

Sotelo Leyva, J. F. (2008), Análisis de riesgos por procesos de remoción en masa en zonas de asentamientos irregulares de la Ciudad de Chilpancingo, Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias, México: Universidad Autónoma de Guerrero.

The Nature Conservancy (2010), Deslizamientos de tierra, erosión de canales y sedimentación en la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas, México, durante el huracán Stan en 2005. Chiapas, México.

Vázquez Conde, M. T., Lugo-Hubp, J., Matías, L. G. (2001), "Heavy rainfall effects in Mexico during early october 1999", In E., Gruntfest and J. Handmer (Eds.) Coping with flash floods. Netherlands: Kluwer Academic Press, pp. 289-299.

Zócalo Saltillo (2015), La Pintada: el pueblo devorado por el lodo. Reportaje de Agencias, 23 de septiembre de 2013. Disponible en: http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/la-pintada-el-pueblo-devorado-por-el-lodo-1379951467. Consultado el 28 de julio de 2015.

Capítulo 6. Determinación o zonificación del peligro Sísmico

Carlos I. Huerta López, Ph.D.
Profesor/Investigador,
Departamento de Ingeniería Civil y Topografía
de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez e
Instituto Tecnológico de Tijuana
del Tecnológico Nacional de México

Juan Carlos Garatachia Ramírez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

José Emilio Baró Suárez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

6.1 Introducción

El contexto de riesgo sísmico aquí presentado confiere al riesgo de daño producido por un temblor (sismo) a las edificaciones civiles, a los sistemas, o a cualquier otro ente de importancia. En el contexto amplio del manejo de riesgo, se define al riesgo como el potencial de daño y sus consecuencias en lo económico, lo social, y lo ambiental a consecuencia de algún evento que implícitamente conlleva peligro, que pueden ocurrir en un periodo de tiempo especificado. A manera de ejemplo, un edificio localizado en una zona de alta amenaza sísmica está en bajo riesgo sísmico si fue construido atendiendo los principios y los estándares de diseño antisísmico. Por otro lado, un edificio localizado en una región cuya historia de actividad sísmica es baja, o un edificio de mampostería localizado en material de relleno sujeto a licuefacción puede ser que esté en un moderado o alto riesgo, respectivamente.

Un apartado especial del tema se refiere a riesgo sísmico urbano, que considera además de lo anterior, características específicas de las ciudades, como o puede ser pueden ser: (i) una topografía accidentada, (ii) un marco geológico complejo (factores naturales), (iii) asentamientos humanos irregulares, (iv) desarrollo urbano anárquico sin atender normas técnicas de construcción (factores antropogénicos), por mencionar solo algunas. La determinación del riesgo y respuesta a la emergencia pueden ser también estimadas a través de escenarios ante la ocurrencia de temblores (sismos) de ciertas características y en ciertas localidades.

6.1.1 Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad

El significado llano de riesgo implica la "contingencia o proximidad de algún daño", técnicamente se expresa en términos de "la posibilidad de pérdida, daño o exposición al cambio de daño o pérdida" (Souter, 1996; Dowrick, 1997). Por su parte, peligro en términos llanos es la "situación que se caracteriza por la viabilidad (nivel de peligro) de ocurrencia de un incidente capaz de causar daño", técnicamente se expresa como "amenaza impuesta por ciertos fenómenos naturales, como son los huracanes, erupciones, terremotos, etc., que pueden causar consecuencias adversas a la actividad humana, impacto social negativo, pérdidas humanas y económicas" (Souter, 1996; CSSC, 1999). Finalmente, vulnerabilidad se define como "algo que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente" y en el contexto técnico "como una escala para expresar las diferentes formas de responder de las edificaciones al ser sometidos a un terremoto" (Grünthal, 1998).

Es evidente que las tres palabras tienen una relación directa entre ellas, por lo que antes de utilizarlas se debe encontrar una definición estándar que permita distinguirlas para su correcto uso en el campo de la sismología e ingeniería. Algunos comités y trabajos científicos se han encargado de establecer una nomenclatura adecuada dentro del área de la sismología e ingeniería sísmica, para aclarar las diferencias existentes. Los comités involucrados incluyen, entre otros, a: (i) el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Sísmica (EERI), (ii) la Comisión de Seguridad Sísmica de California (CSSC), y (iii) el Servicio Geológico de los E.U. (USGS). De los trabajos científicos implicados en esta dirección, se pueden mencionar, por ejemplo, los de Dolce et al (1994) y el de Yépez (1996).

6.1.2 Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad Sísmica

En base a lo anterior, el riesgo, el peligro y la vulnerabilidad sísmica se pueden definir de la siguiente manera:

Riesgo sísmico. "Son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto".

Peligro sísmico. "Es la condición latente de que ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, provocando efectos adversos a la actividad humana. Estos fenómenos además del movimiento de terreno pueden ser, la falla del terreno, la deformación tectónica, la licuefacción, inundaciones, tsunamis, etc".

Vulnerabilidad sísmica. "Es un valor numérico dentro de una escala que permite clasificar a las estructuras de acuerdo con la calidad estructural intrínseca de las mismas, dentro de un rango de nada vulnerable a muy vulnerable ante la acción de un terremoto".

A nivel mundial hay evidencias de que ciudades modernas expuestas al peligro sísmico moderado o bajo, tienden a restar importancia al peligro sísmico y descuidan la precaución básica de protección frente a los terremotos. Esto conlleva un aumento de vulnerabilidad y, en consecuencia, suelen presentar un elevado riesgo sísmico que, a su vez, aumenta con el tiempo. Contrariamente a lo que pudiera pensarse, mientras mayor es el desarrollo de una región, mayor es también su vulnerabilidad ante sismos de magnitud alta. Por tal razón, e independientemente de que la predicción de temblores se considere aún como una meta lejana de la sismología, la ingeniería se enfrenta en forma continua al problema del diseño y desarrollo de estructuras importantes (hospitales, presas, puentes, edificios, etc.) que sean capaces de resistir las excitaciones generadas por grandes sismos. Para dar solución a este problema, y prevenirse contra los efectos destructores de los terremotos, se requiere de un conocimiento adecuado sobre el riesgo sísmico de los sitios elegidos para la construcción de estas grandes obras. La obtención de una evaluación correcta del riesgo sísmico requiere que sismólogos, geólogos e ingenieros consideren y analicen la información sísmica disponible conjuntamente a datos geológicos e información relacionada con el comportamiento dinámico del suelo, de las estructuras que éste soporta y de la interacción entre ambos.

El sismólogo/geofísico, por su parte, tiene como uno de sus retos principales explicar las características de los movimientos del suelo (aceleración, velocidad y desplazamiento) ya registrados y, predecir estos movimientos para terremotos futuros. Trata de interpretar de la mejor manera posible la información contenida en los sismogramas, o registros instrumentales del movimiento del terreno causado por los temblores. La modelación de las ondas sísmicas (sismograma sintético) registradas sobre la superficie de la Tierra requiere de un buen conocimiento sobre la fuente sísmica, sobre la forma en que las ondas elásticas se propagan por el medio y sobre la estructura interna. En las últimas décadas se ha logrado avanzar sustantivamente en estos aspectos, así como en el conocimiento de las formas de onda, de sus amplitudes y de los tiempos de arribo a los puntos de observación. El propósito del sismólogo, por tanto, es tratar de modelar las ondas registradas de una forma cada vez más realista, de manera que sus resultados sean más precisos y de mayor utilidad en evaluaciones del riesgo sísmico de áreas con altas densidades de población.

Además de los objetivos fundamentales de la sismología antes mencionados, se han derivado esquemas de estudios tanto teóricos como experimentales para aplicaciones prácticas tanto de exploración del interior de la Tierra a escala global, como en el campo de la ingeniería civil. Por ejemplo, la búsqueda de diversos tipos de yacimientos minerales y de hidrocarburos se basa en la prospección sísmica, es decir, en el estudio de las características de las capas del subsuelo a partir de su comportamiento frente a las ondas sísmicas. La realización de grandes obras, por otro lado, requiere asimismo de un estudio sísmico previo para conocer las características estructurales y elásticas de las zonas donde se han de asentar.

6.2 Introducción a la Sismología

En este apartado, se aborda a la sismología, en el contexto de "sismología pasiva" (sismología de terremotos) bajo la perspectiva observacional que implica descripciones conceptuales del fenómeno, de las causas y del origen de los terremotos y de la propagación de ondas (propagación de energía), bajo el contexto de un fenómeno natural. Las descripciones que a continuación se describen sucintamente en este texto, pueden ser consultadas en las fuentes bibliográficas originales como; Lee y otros (2003, parte A y B), Udías A (2012), Sheader (2009), asi como Stein y Wysession (2005), de entre entre otras, que agrupan tanto libros como artículos relacionados al tema contenido en este capitulo 6, que incluye: (i) Las causas y modalidades de los fenómenos sísmicos,

orientada hacia su posible previsión y control con el objetivo de mitigar los graves daños y el gran número de víctimas que producen, (ii) La propagación de las ondas sísmicas por el interior de la Tierra, así como el comportamiento de la respuesta sísmica del terreno (suelos) en la parte más superficial, que es donde se desplantan la gran mayoría de las estructuras civiles. Es de resaltar que la mayor parte de los datos de que se dispone en la actualidad sobre el interior de la Tierra han sido proporcionados por la sismología.

6.2.1 Generalidades de la Sismología

Los temblores han ocurrido y continuarán ocurriendo en el futuro porque no existe posibilidad de evitarlo, de esto se tienen evidencias en muchas regiones sísmicas del mundo. Mundialmente, en la década de los 90, aproximadamente ocurrieron anualmente en promedio 120 sismos de magnitudes entre 6.0 y 6.9, 18 sismos de magnitud entre 7.0 y 7.9 y solamente 1 o 2 sismos de magnitud 8.0 ó mayor. (datos obtenidos de consulta directa en https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/, después de generar sub-catalogo de temblores) A medida que la magnitud de los temblores disminuye el número anual de sismos se incrementa rápidamente.

A escala global, la gran mayoría de los sismos ocurren en las zonas de contacto de las principales placas tectónicas de la Tierra, sin embargo su distribución tanto en tiempo como espacio muestra claramente que el fenómeno sísmico fundamentalmente es un proceso aleatorio, pues existe incertidumbre en la distribución de los eventos, tanto en tiempo como en el espacio, en primer lugar, en la calidad de los datos sísmicos y en segundo lugar, el requerimiento para introducir conceptos probabilísticos. Un sismo (o temblor) es la vibración de la tierra producida por una liberación rápida y espontanea de energía. Lo más frecuente es que esta energía se produzca por el movimiento o rompimiento de la corteza terrestre, y la energía liberada se propaga en todas direcciones desde su origen por medio de las ondas sísmicas.

Los sismos se clasifican en función de la fuente que los origina. Esto es, existen básicamente dos tipos de sismos. Los sismos generados por una fuente artificial (por ejemplo, una explosión) y los generados por una fuente natural. La diferencia es que la energía que puede liberarse por medio de una fuente artificial es mucho menor que la fuente natural.

Los temblores o sismos son probablemente los fenómenos ante los cuales el hombre se siente más indefenso y aterrado. Ocurren sin advertencia alguna tanto en tiempo como en espacio, y aun cuando la gran mayoría de sismos fuertes duran en promedio de entre 30 a 40 segundos en su máxima intensidad (https://www.omicsonline.org/articles-images/geography-natural-disasters-comparison-duration-values-s6-007-g006.png), este tiempo es más que suficiente para causar graves daños al hombre y sus centros de población.

La rama de la geofísica que estudia los sismos o temblores se denomina sismología. Sus objetivos principales son:

- La investigación de las causas y modalidades de los fenómenos sísmicos, orientada hacia su posible previsión y control con el objetivo de mitigar los graves daños y el gran número de víctimas que producen.
- El estudio de la propagación de las ondas sísmicas por el interior de la Tierra, a fin de conocer la estructura interna de nuestro planeta, así como el comportamiento de la respuesta sísmica del terreno (suelos) en la parte más superficial, que es donde se desplantan la gran mayoría de las estructuras civiles. La mayor parte de los datos de que se dispone en la actualidad sobre el interior de la Tierra han sido proporcionados por la sismología.

6.2.2 Tipos de temblores

A causa de un temblor, ocurre la liberación súbita de energía dentro de una región confinada del interior de la Tierra. Atendiendo al tipo de los sismos, estos pueden ser clasificados como: artificiales (inducidos), y naturales (tectónicos, volcánicos o de colapso). Sismos que están relacionados con liberaciones de energía de deformación elástica reciben el nombre de sismos tectónicos. Las fallas o fracturas en la corteza cuyos desplazamientos relativos se pueden observar directamente, están asociados con sismos superficiales. Para temblores de foco profundo, donde las temperaturas y presiones son elevadas, se ha pensado que cambios súbitos de volumen asociados con cambios de fase en la composición de los materiales e inestabilidad de flujo de calor pueden ser explicaciones atinadas del mecanismo focal.

Sismos volcánicos: están directamente relacionados con la actividad volcánica de una región de la Tierra y usualmente su máxima magnitud raramente excede de 6.5 (https://www.researchgate.net/publication/223109782_Seismic_hazard_of_volcanic_activity), pero pueden ser muy dañinos cuando son

muy superficiales. El origen de la energía que causa este tipo de sismos puede ser químico y cinético, asociado este último a los movimientos magmáticos bajo los volcanes. Por otro lado, también las explosiones de los gases que se llevan a cabo durante la erupción de los volcanes dan lugar a sismos de poca intensidad. Otra posibilidad más es la creación de esfuerzos compresionales en la corteza debido al movimiento ascendente de la cámara magmática por efectos boyantes. Tanto el incremento en frecuencia de estos sismos como la migración de focos a la superficie pueden ser indicativos de una inminente erupción. Estudios de este tipo de actividad sísmica ayudan a prevenir grandes catástrofes.

Sismos tectónicos: se generan por la actividad propia de las placas tectónicas. De estos sismos, se han definido dos clases: los interplaca, ocasionados por la interacción en las zonas de contacto entre placas (subducción, extensión, y desplazamiento lateral), y los intraplaca, que se generan en la parte interna de las placas, aun en zonas donde se ha llegado a suponer un nivel nulo de sismicidad. Estos terremotos, menos frecuentes que los interplaca, pueden tener profundidades similares a éstos (15-30 km) o mayores (60 ó 70 km) profundidades similares a éstos (15-30 km) o mayores (60 ó 70 km) (https://civildigital.com/classification-earthquakes/). Los sismos de mayor magnitud que se han presentado en el mundo han sido sismos tectónicos.

Sismos de colapso: sismos generados por el colapso de techos y paredes en antiguas minas o cavernas. Debido a las dimensiones que puede tener este tipo de fuentes, la magnitud de estos sismos es pequeña y solamente es percibido por personas que se encuentren muy cerca del área afectada.

Sismos artificiales son sismos originados por la actividad del hombre, por ejemplo, en la industria minera, donde se realizan detonaciones para poder extraer el material de interés; lo mismo ocurre en zonas de pruebas nucleares. En el caso de estas últimas, la energía liberada se compara burdamente a la de un sismo de magnitud 4 o 5, en la escala de Richter.[1]

En México, la mayor cantidad de sismos son generados por el movimiento de subducción y desplazamiento lateral entre placas tectónicas. El movimiento de subducción entre placas es el causante de la mayoría de los sismos que se presentan en gran parte de la costa del Pacífico, en estados costeros que van desde Jalisco hasta Chiapas; este movimiento se caracteriza porque una porción de la corteza oceánica (cubierta por mar) se introduce por debajo de la corteza continental, dando origen a la zona sísmica más activa del país. El

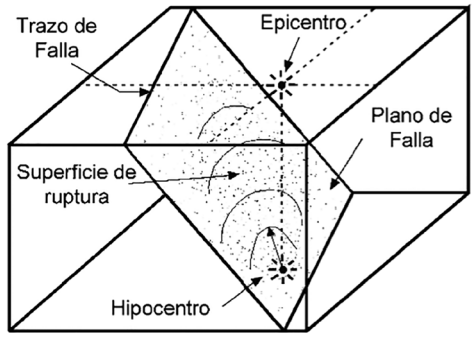
1. Si se usan actualmente una gran variedad de escalas, entre esas la magnitud local/Richter y la escala de intensidades. La magnitud de momento no las remplaza

movimiento de desplazamiento lateral entre placas se presenta en la porción central del Mar de Cortés, donde la corteza oceánica (que incluye a la península de Baja California) y la continental (en los estados de Sonora y Sinaloa) se están desplazando una con respecto de la otra, lo que genera los sismos en dichos estados. Además de los sismos con epicentro cercano a la costa del Pacífico, generados por los movimientos mencionados anteriormente, se presentan sismos dentro de la corteza continental, por lo que se les conoce como intraplaca, y que son generados por fallas activas en la corteza o por rompimientos en las placas subducidas. Se tiene registro de sismos históricos intraplaca que superan los 6 grados de magnitud, tal es el caso del sismo de Acambay en el año de 1912, con una magnitud de 7. Recientemente, dos sismos intraplaca de gran magnitud ocurrieron en territorio Mexicano (septiembre 7, y 19 de 2017) con magnitudes de 7.1 y 8.2, en la región central de México y en Chiapas (Istmo de Tehuantepec), respectivamente. (https://en.wikipedia.org/wiki/2017_Chiapas_earthquake, (Servicio Sismológico Nacional, 2017).

6.2.3 Conceptos elementales sobre temblores

El temblor o sismo es un movimiento vibratorio que se origina en zonas internas de la Tierra y se propaga a través de sus materiales en todas direcciones en forma de ondas elásticas u ondas sísmicas (ondas de cuerpo [P, S], y superficiales [Rayleigh, Love]). El punto interior de la Tierra donde se origina un temblor se denomina hipocentro o foco, y el de la superficie terrestre donde se proyecta desde el foco a la superficie, epicentro (Figura 6.1).

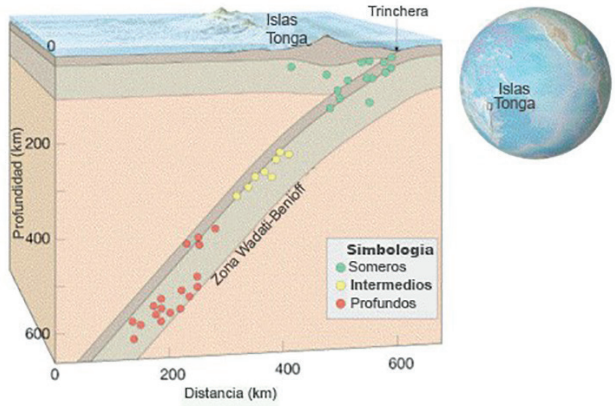
Figura 6.1 Definiciones de epicentro, hipocentro, falla, área de ruptura



Fuente modificada de : http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~/pmoze/esdep/master/wg17/0200.htm.

La profundidad a que se encuentra el foco de un sismo varía desde unos cuantos kilómetros hasta algo más de seiscientos cincuenta kilómetros. Dicha profundidad tiene gran importancia en los efectos que produce el sismo. En consecuencia a lo anterior, los temblores pueden ser clasificados como superficiales, intermedios y profundos, si se toma en consideración su profundidad focal. Se ha observado que la mayor parte de los epicentros sísmicos están distribuidos en áreas de grandes trincheras oceánicas y que los hipocentros correspondientes yacen sobre planos inclinados que son paralelos a grandes fallas. (http://web.arc.losrios.edu/~borougt/EarthquakesDiagrams.htm).

Figura 6.2 Clasificación por profundidad focal de temblores



Fuente: modificada de: http://web.arc.losrios.edu/~borougt/EarthquakesDiagrams.htm.

Hugo Benioff ha descrito cómo la distribución de focos sísmicos indica que estas fallas constan de tres secciones con diferentes movimientos tectónicos y a diferentes ángulos de inclinación. La primera de estas secciones comprende la capa superficial de la corteza, y cerca de la falla ésta se extiende hasta una profundidad de 60 km. La capa intermedia se extiende del extremo final de la sección superficial hasta 250 o 300 km, y la sección profunda va de 300 a 650 km aproximadamente (Figura 6.2).

Con base en las profundidades focales, h, estimadas para un gran número de sismos, se hace la clasificación de éstos como sigue: Temblores superficiales: si 0 <= h <= 60 km, Temblores intermedios: si 60 <= h <= 300 km, y Temblores profundos: si 300 <= h <= 650 km. La profundidad de la fuente de un temblor tiene notable importancia respecto a los efectos que produce. Los sismos de foco superficial actúan sobre áreas reducidas, pero sus efectos son considera-

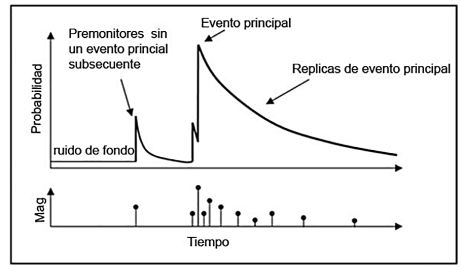
bles, pues las ondas sísmicas generadas en el foco apenas se amortiguan antes de llegar a la superficie. En cambio, los de foco profundo afectan a zonas mucho mayores, pero la intensidad, en igualdad de magnitud, es menor, ya que las ondas sísmicas llegan más debilitadas a la superficie.

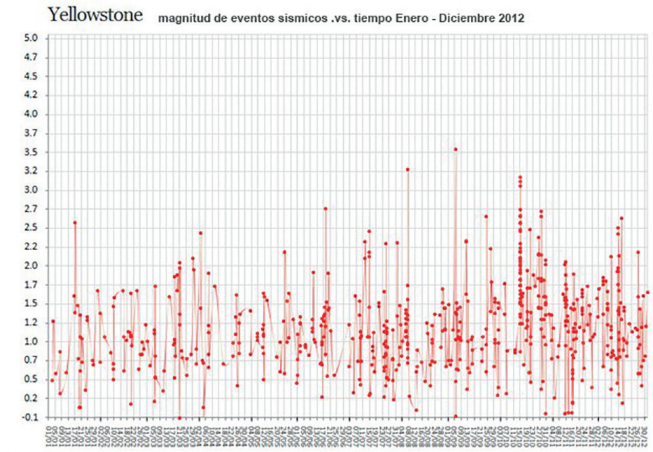
Los grandes temblores raramente son fenómenos aislados; con frecuencia van precedidos de sacudidas poco importantes denominadas precursores y seguidos, a veces durante largos períodos de tiempo, de otras de menor importancia al sismo principal, denominadas réplicas. Otro patrón de ocurrencia de temblores se manifiesta en secuencias de enjambres cuya particularidad se manifiesta en que no existe un claro patrón que distinga entre la secuencia de sismos premonitores, sismo principal, y replicas.

Frecuentemente se observa que, siguiendo a un sismo de gran magnitud principalmente, ocurren una serie de temblores más pequeños a los cuales corresponden a las réplicas. La magnitud y número de estas réplicas depende de la magnitud del evento principal, notándose en algunos casos que la magnitud de la réplica mayor es alrededor de un orden de magnitud menor que la magnitud del temblor principal. La duración de una serie de réplicas es muy variable, pude ser de horas, días o aún hasta más de un año, como fue el caso de la serie de réplicas que siguió al gran terremoto de Alaska en 1964. La zona que comprende los epicentros de las réplicas se conoce como la zona epicentral o área de réplicas y sus dimensiones son indicación de las dimensiones de la falla asociada con el temblor principal.

En algunas regiones (California, Baja California, Golfo de California, Japón, Alemania, América del Sur) han ocurrido grandes series de temblores de diferente magnitud que no han seguido de un evento principal. A estas series de temblores, en las que ninguno de los eventos destaca como sismo principal, se les llama enjambres de temblores y se les observa, principalmente, en regiones de actividad volcánica (Figura 6.3).

Figuras 6.3 Clasificación de patrones de ocurrencia (premonitores, sismo principal, replicas, enjambres) de temblores.





Fuente: modificada de: https://www.slideshare.net/BellevueOEM/iris-presentation-on-march-12-earthquake).

Al tiempo en que se produce el temblor se le llama tiempo de origen, y a la diferencia entre este tiempo y aquél al que se registra la onda en un punto sobre la superficie de la Tierra se le llama tiempo de viaje o tiempo de recorrido. La distancia entre el epicentro de un sismo y el punto de observación se conoce como distancia epicentral y se define como el ángulo (en grados) formado en el centro de la Tierra entre radios dibujados a estos dos puntos. Para sismos cercanos a la estación de registro esta distancia se mide en kilómetros. De acuerdo con esta definición, los temblores se pueden clasificar como locales, regionales, o telesismos, esto es si su distancia epicentral correspondiente es menor que alrededor de 100 km, de 1000 km, o mayor que 1000 km, respectivamente.

Los sismos son también clasificados en términos de su tamaño. Una forma de medir el tamaño de un sismo es calculando la energía que se libera y se propaga por el medio, misma que se describe con números arábigos. Es un valor único que, a diferencia de la intensidad, no depende de que haya observadores que describan el movimiento. Una de las escalas más utilizada es la Escala de Richter, aunque en la actualidad se utilizan otras, como la de ondas superficiales (Ms) o de momento sísmico (Mw). El sismo más grande registrado hasta ahora es el ocurrido en Chile en 1960, con una magnitud de 9.5 grados. En la sismicidad histórica de México, el evento de mayor magnitud registrado hasta la fecha ocurrió en 1932 en las costas del Jalisco, con una magnitud de 8.2 grados.

Otra forma de medir los sismos, aunque de forma cualitativa, se basa en los efectos en el terreno natural, los daños que se producen en las construcciones y de la percepción del movimiento por parte de las personas; para ello se utiliza la Escala de Intensidad de Mercalli, empleando números romanos. El nivel de intensidad sísmica cambia de una región a otra (Tabla 1).

Charles Richter, el creador de la escala de magnitud Richter, explica la distinción entre intensidad y magnitud como sigue: "él utiliza la analogía de la transmisión de la señal de radio. Esta aplica en sismología porque los sismógrafos, o receptores, registran las ondas de la perturbación elástica, u ondas de radio, que son radiadas de la fuente del sismo o de la estación de transmisión de la señal de radio. Magnitud puede ser comparada con la potencia con que la señal es transmitida desde la estación de radio, dada en kilowats. La intensidad local, dada en la escala de Mercalli, es entonces comparable con la fuerza con que se recibe la señal en el receptor de cierta localidad, que es en efecto la calidad de la señal. Intensidad es entonces, análoga con la fuerza de la señal de radio, generalmente decaerá con la distancia desde la fuente, aunque esta dependerá también de las condiciones locales y de la trayectoria de las ondas partiendo desde la fuente puntual".[2]

Tabla 6.1 Relación entre Intensidad-Magnitud-Aceleración y Descripción del movimiento

Escala Intensidad Rossi-Forel	Escala de Intensidad Mercalli Modificada	Magnitud (Ritcher)	Descripción del movimiento	Aceleración Máxima del Terreno(G's)
I	No sentido (Muy Débil).	< 2.0	No Perceptible	< 0.002
II	III Sentido en el interior. Muchas personas no lo reconocen como un temblor. Automóviles parados se balancean. Vibraciones como el paso de un camión pequeño. Duración apreciable (Leve).	2.0-2.9	Apenas Perceptible	0.002-0.003
III	III Sentido en el interior. Muchas personas no lo reconocen como un temblor. Automóviles parados se balancean. Vibraciones como el paso de un camión pequeño. Duración apreciable (Leve).	3.0-3.9		0.004-0.007

2 Información obtenida del siguiente link: https://en.wikipedia.org/wiki/Seismic_scale#cite_note-Richter_interview-1.

Escala Intensidad Rossi-Forel	Escala de Intensidad Mercalli Modificada	Magnitud (Ritcher)	Descripción del movimiento	Aceleración Máxima del Terreno(G's)
IV	IV Sentido en el interior por muchos, en el exterior por pocos. Ventanas, platos, puertas vibran. Las paredes crujen. Vibraciones como el paso de un camión grande; sensación de sacudida como de un balón pesado. Automóviles parados se balancean apreciablemente (Moderado).	4.0-4.5	Menor	0.015-0.02
V	V Sentido por casi todo el mundo; muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, etc. se rompen; algunas casas de mampostería se agrietan. Objetos inestables volcados. Los péndulos de los relojes se detienen. Las puertas se balancean, se cierran, se abren. Árboles, arbustos sacudidos visiblemente (Poco Fuerte).	4.5-4.9	Levemente Moderado	0.03-0.04
VI	VI Sentido por todos; muchos se asustan y corren al exterior. Es difícil andar. Ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Algunos muebles pesados se mueven; se caen algunas casas de mampostería; chimeneas dañadas. Daños leves (Fuerte).	5.0-5.9	Moderado	0.06-0.07
VII	VII Todos corren al exterior. Daños muy pequeños en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en las mal construidas; algunas chimeneas se rompen. Sentido por conductores (Muy Fuerte).	6.0-6.5	Fuerte	0.1-0.15
VIII	VIII Daño leve en estructuras especialmente diseñadas para terremotos; considerable hasta con colapso parcial en edificios corrientes; mayor en estructuras pobremente construidas. Los paneles de las paredes se salen de los marcos. Se caen chimeneas, monumentos, columnas y paredes. Se viran muebles pesados. Pequeños corrimientos de arena y fango. Cambios en el caudal de fuentes y pozos. Difícil conducir (Destructivo).	6.6-6.9	Muy Fuerte	0.25-0.3
IX	IX Daño considerable en estructuras de diseño y construcción buena, estructuras bien diseñadas, desplazadas de sus cimientos; mayor en edificios corrientes con colapso parcial y total. Amplias grietas en el suelo. Eyección de arena y barro en áreas de aluvial. Tuberías subterráneas rotas (Muy Destructivo).	7.0-7.5	Violento	0.5-0.55

Escala Intensidad Rossi-Forel	Escala de Intensidad Mercalli Modificada	Magnitud (Ritcher)	Descripción del movimiento	Aceleración Máxima del Terreno(G's)
X	X Algunas estructuras bien construidas en madera y puentes destruidos, la mayoría de las construcciones y estructuras de armazón destruidas con sus cimientos. Grietas grandes en suelo. Deslizamientos de tierra, agua rebasa las orillas de canales, ríos, lagos, etc. Arena y barro desplazados lateralmente (Desastroso). XI Colapso de la mayoría de las estructuras de cemento y hormigón. Puentes y otras vías de transporte seriamente afectadas (Muy Desastroso). XII Pérdida total en la infraestructura. Grandes masas de rocas desplazadas. Objetos pesados lanzados al aire con facilidad (Catastrófico).	7.6 - 8.5 8.5 - 9.0 > 9.0	Muy Violento	> 0.6

Fuente modificada de: http://www.lpi.tel.uva.es/nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io3/public_html/Escala/Escalas.html.

Históricamente, el sismo más grande de que se tiene registro instrumental alcanzó una magnitud apenas superior a 9, aunque no existe un límite real posible de magnitud. Por cada incremento de una orden de magnitud, hay aproximadamente 30 veces de incremento en energía liberada. Por ejemplo, un sismo de magnitud 6.0 libera 30 veces más energía que un sismo de magnitud 5.0, y un sismo de magnitud 7.0 libera aproximadamente 900 (30x30) veces más de energía que el de magnitud 5.0. Por ejemplo, un sismo de magnitud 8.6 libera una cantidad de energía equivalente a 10,000 bombas atómicas similares a las utilizadas al final de la segunda Guerra Mundial.[3]

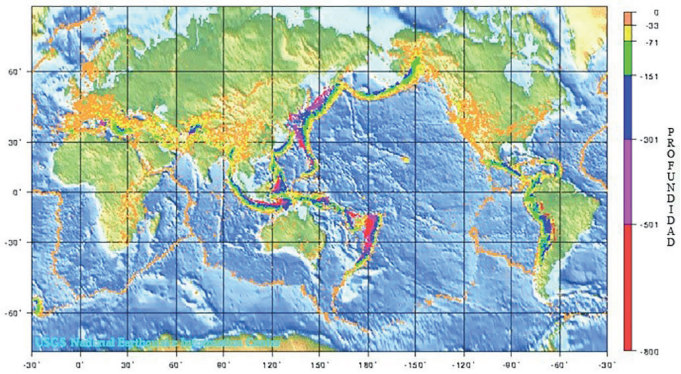
6.2.4 Temblores y Tectónica de Placas

Los epicentros de los temblores que ocurren a nivel mundial no se distribuyen aleatoriamente sobre la superficie de la Tierra, como puede observarse en la Figura 6.4, sino que existe definitivamente un orden bien definido en la actividad sísmica global. Esta sismicidad se concentra en bandas o zonas estrechas, continuas y sinuosas, las cuales definen las fronteras de alrededor de las veinte o más placas que constituyen la parte más superficial de la Tierra (Figura 6.5). La configuración geométrica de esta estructura de mosaicos no es simétrica ni simple, y se caracteriza por un continuo movimiento relativo de sus elementos. Estas placas colisionan en algunas zonas y se separan en otras, desplazándose

3 Información obtenida del siguiente link: https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake#cite_note-4.

con velocidad de movimiento relativo entre ellas de entre menos de 1 cm y unos 10 cm por año. Aun cuando estas velocidades parecen bajas, es posible que las placas se desplacen unos 75 km en sólo un millón de años, un intervalo corto geológicamente. Donde dos o más placas interactúan importantes procesos geológicos se generan. A medida que éstas se mueven, se acumula tensión. Con el tiempo, las fallas existentes a lo largo de los bordes de las placas o cerca de ellos se desplazan abruptamente y se producen terremotos. A partir de ahí se inicia nuevamente el ciclo de recarga de tensión que da lugar a sismos futuros. Debido a esta interacción global entre placas existe una actividad sísmica continua en nuestro planeta.

Figura 6.4 Sismicidad mundial 1975-1995

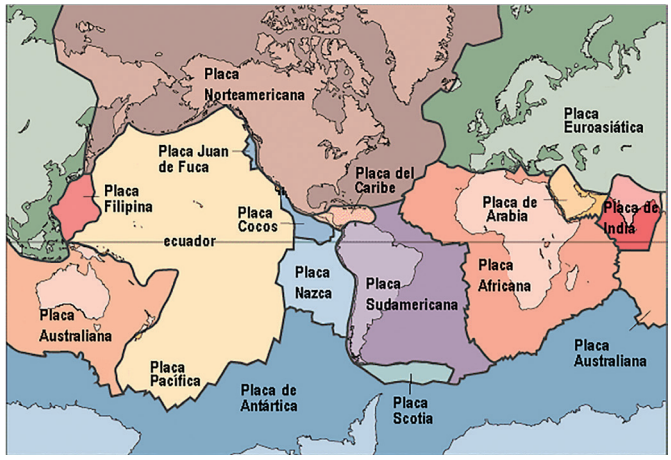


Fuente: modificada de: https://www.researchgate.net/figure/200002314_fig1_Figure-11-Global-seismicity-1975-1995).

La teoría que explica el proceso cinemático y las implicaciones de los movimientos relativos entre placas se conoce como Tectónica de Placas. Esta teoría evolucionó de Sismicidad mundial 1975-1995 la hipótesis de la dispersión del fondo oceánico y fue claramente establecida entre los años 1963-1967.

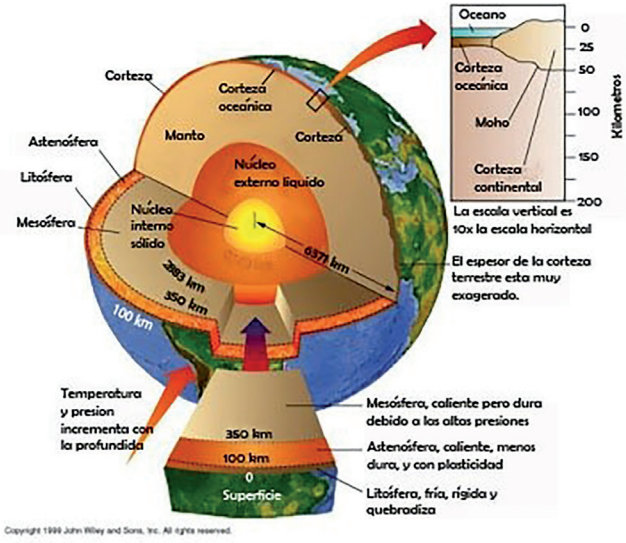
La tectónica de placas se basa en la idea de una capa rígida superficial de la Tierra constituida por la corteza y la parte más externa del manto, la litósfera. Supone que esta capa tiene una resistencia considerable y espesores de 100 a 150 km bajo los continentes y 70 a 80 km bajo los océanos. La litósfera (la porción superior más fría y rígida de la Tierra) "flota" sobre una segunda capa, la astenósfera, la cual se define como una capa constituida de un material plástico y débil que no soporta esfuerzos de cizalla. La astenósfera ha sido identificada como la zona de baja velocidad del manto superior. Se extiende de la base de la litósfera hasta varios cientos de kilómetros por abajo de ella (Figura 6.6).

Figura 6.5 Principales placas tectónicas



Fuente: modificada de: http://www.uwiseismic.com/Images/EqVolc_plate_map.gif.

Figura 6.6 Estructura interna de la Tierra



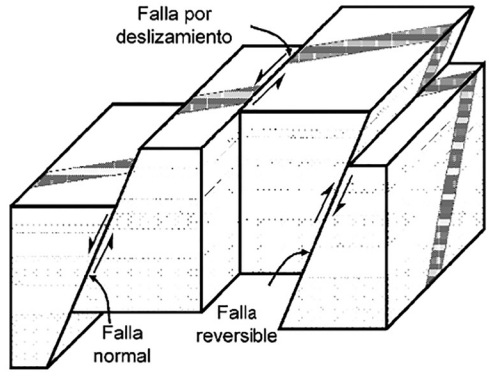
Fuente: modificada de: http://vicsigmund.blogspot.com/2013/03/structure-of-earth.html.

La teoría de la Tectónica de Placas tuvo su origen, como ya se indicó anteriormente, en el concepto de la extensión del fondo marino. Cuatro experi-

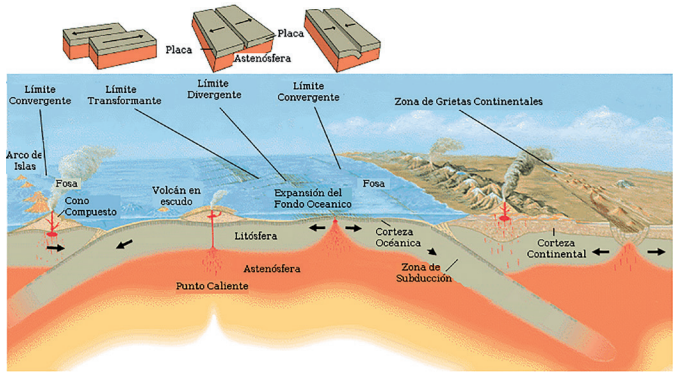
mentos independientes entre sí fueron básicos para ello: a) la posibilidad de determinar la topografía del fondo marino, mediante el uso de ecosondas de profundidad, b) las mediciones precisas del campo magnético en el fondo de los océanos, c) el fechamiento de las inversiones N-S del campo magnético de la Tierra y d) la localización precisa de los epicentros de temblores. La contribución principal a la hipótesis de la Tectónica de Placas fue proporcionada por la sismología. Con base en un gran número de sismos ocurridos entre 1961 y 1967 Barazangi y Dorman delinearon las múltiples zonas de actividad sísmica del mundo. Estas zonas sísmicas, estrechas, continuas y que nunca se cruzan, marcan las fronteras de varias placas rígidas que encajan perfectamente unas con otras para constituir la superficie entera de la Tierra. A primera aproximación, estas placas no se deforman internamente, sino que toda la deformación ocurre en sus fronteras que es donde se llevan a cabo los deslizamientos relativos entre ellas (actualmente se sabe que, aunque a un nivel menor, es posible que exista deformación en el interior de las placas.). Los epicentros de los temblores son la información más precisa disponible para la ubicación de las fronteras entre placas. La distribución de placas, por otro lado, nada tiene que ver con la distribución de océanos y continentes, por lo que bien pueden existir placas constituidas de porciones oceánicas y porciones continentales.

Límites de placas: las fronteras entre placas pueden ser de tres tipos: 1) cordilleras oceánicas o centros de expansión del fondo oceánico, 2) fallas transformación o transcurrentes y 3) zonas de subducción. Cada placa está rodeada por alguna combinación de estos tres tipos de límite. La descripción de estos tipos de límite se presenta a continuación (Figura 6.7).

Figura 6.7.1 y 2 Fronteras entre placas y mecanismos de movimiento.



Fuente Modificada de: http://theory.uwinnipeg.ca/mod_tech/node193.html



Fuente: modificada de: https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io3/public_html/Placas/Placas.html.

Cordilleras oceánicas o centros de expansión del fondo oceánico. A lo largo de estas estructuras oceánicas las placas se apartan una de la otra, dando lugar a que se genere nueva corteza. Tales centros de expansión del fondo oceánico muestran: (i) bandas magnéticas en el material rocoso simétricamente ubicadas uno y otro lado del eje del centro de expansión del fondo oceánico, un flujo de calor que es varias veces mayor que en cualquier otra zona de la corteza, y levantamientos topográficos elevados. El patrón de anomalías magnéticas fue explicado por primera vez por Vine y Matthews en 1963.

Los centros de dispersión forman los sistemas de cordilleras oceánicas que existen en todo el mundo, de los cuales los más conocidos son las cordilleras del Atlántico y del Este del Pacífico. Las cordilleras son zonas de la litósfera en las que se observa divergencia entre placas, caracterizándose, por tanto, de una distribución de esfuerzos tensionales, lo cual da lugar a fallamiento normal, con sismos de profundidad somera y magnitudes bajas a intermedias.

Fallas transformación o transcurrentes: Tuzo Wilson fue el primero en definir las fallas transformación para explicar las terminaciones abruptas de sistemas montañosos, cordilleras oceánicas y fallas importantes con movimiento horizontal. Las fallas transformación permiten que las placas se desplacen una con respecto a la otra sin que se origine o destruya la corteza.

Ocasionalmente los sismos que se generan con este mecanismo resultan de gran magnitud y devastadores, como el sismo de San Francisco de 1906. A cierta distancia de los centros de dispersión, las zonas de fracturas son casi

inactivas, mostrando escarpes, grandes cuencas y líneas de volcanes. La gran falla de San Andrés se considera como una falla transformación de alrededor de 1600 km de longitud. A lo largo de esta falla, la Placa del Pacífico se desplaza hacia el noroeste con velocidad de alrededor de 6 cm/año, con respecto a la Placa de Norteamérica. La falla de San Andrés conecta la Cordillera Juan de Fuca con la cordillera que existe en el interior del Golfo de California, y la que a su vez es continuación hacia el norte de la Cordillera del Este del Pacífico.

Zonas de subducción – en este tipo de frontera el borde de una de las placas se mete por abajo del borde de la otra, penetrando a profundidades donde el material del manto es más deformable debido a las altas temperaturas. Tales zonas se caracterizan por grandes trincheras oceánicas y por altas montañas. La actividad sísmica está confinada a una zona estrecha e inclinada (~ 450) llamada Zona de Benioff, en honor de Hugo Benioff, quién fue el primero en observarla. Los temblores más fuertes ocurren principalmente en la interface entre las placas, aunque se ha observado también la ocurrencia de sismos en el interior de la porción de la placa en subducción. Estos sismos intraplaca son un resultado de los esfuerzos producidos al contraponerse los efectos del peso de la placa y la resistencia viscosa que le presenta el material del manto que la rodea.

Dependiendo de los detalles del balance entre estas fuerzas, las placas pueden estar sometidas a compresiones o tensiones, dando lugar a temblores de carácter compresional o tensional. Prácticamente todos los eventos con profundidades focales de más de 70 km ocurren en el interior de la capa fría y densa que se hunde. Por la mayor densidad de esta capa, ésta experimenta una fuerza de cuerpo debido a su boyancia negativa.

Mecanismos del movimiento entre placas – la idea que se tiene sobre el mecanismo que genera el movimiento entre las placas es aún vaga, pero se cree que tanto las celdas de convección térmica del manto como la gravedad terrestre juegan un papel preponderante en la generación del movimiento entre placas. En la proximidad de los centros de dispersión, las celdas de convección magmática tienen una circulación ascendente, mientras que en las zonas de subducción la circulación es descendente. El arrastre viscoso que estas celdas ejercen en la base de la litósfera podría resultar suficiente para producir el movimiento de las placas. La litósfera en su porción oceánica es una gran capa que se desliza de las elevadas cordilleras hacia las profundidades abisales de las zonas de subducción. Esta placa es delgada en comparación con sus dimensio-

nes horizontales, las cuales son del orden de 10,000 km en el caso de las placas mayores. Por lo tanto, la interfase entre la litósfera y la astenósfera debe estar muy bien lubricada como para que el coeficiente de fricción se reduzca prácticamente a cero, si tales placas tienen que moverse sin interrupción alguna.

6.3 Peligro y Riesgo Sísmico

Como antes se mencionó, peligro y riesgo sísmico son fundamentalmente conceptos diferentes. Puntualmente podemos enfatizar y resumir que el peligro sísmico describe la acción generada por los temblores que tienen potencial de causar daño. Por su parte, riesgo sísmico concierne a la posibilidad (probabilidad) de experimentar cierto nivel específico dada cierta ventana de tiempo de exposición. El peligro sísmico ocurre naturalmente y puede ser evaluado mediante observaciones instrumentales e históricas de disciplinas como la geología y/o la geofísica/sismología. El riesgo sísmico no solo depende del peligro sísmico y la exposición, sino también de los modelos (i.e., estadísticos/probabilísticos dependientes del tiempo y/o independientes del tiempo) utilizados para describir la ocurrencia de los sismos.

6.3.1 Principales factores implícitos en el peligro sísmico

Vibración (movimiento) del terreno: es el principal de los factores del peligro sísmico. Las edificaciones pueden experimentar daños a causa de la vibración del terreno en su vecindad, al modificarse las condiciones del terreno (hundimientos) respecto de antes de la ocurrencia del temblor. Cuando las ondas sísmicas se propagan y alcanzan la superficie del terreno, producen vibraciones (movimientos) que pueden durar desde algunos segundos hasta minutos. Para cualquier sitio de observación, la fuerza y duración de los movimientos (vibraciones) depende del lugar y tamaño del sismo y de las características locales del sitio. Sitios cercanos a la fuente de un sismo fuerte, experimentarán grandes daños. De hecho, se puede considerar que la vibración del terreno es el peligro más importante porque los otros peligros asociados suceden debido a la vibración del terreno.

Desplazamientos del terreno: el segundo factor de importancia del peligro sísmico es el desplazamiento del terreno (movimiento del terreno) a lo largo de la falla. Si la estructura (edificio, carretera, etc.) esta desplantada a travesando la falla, el desplazamiento del terreno puede seriamente dañar o partir la

estructura. El escarpe de falla es la expresión superficial de movimiento diferencial de bloques de la Corteza terrestre. El escarpe del fallamiento puede ser un simple movimiento lateral masivo de bloques, o la manifestación principal del escarpe de la falla, o inclusive puede ser no evidentemente visible.

Inundaciones: Ante la eventual ocurrencia de un temblor de gran magnitud, con el potencial de romper la cortina de una presa o de un dique que contiene y almacena agua proveniente de lagos existentes o de los ríos, el agua escapara del reservorio e inundara áreas que el agua proveniente de los ríos o los reservorios inundara entonces áreas que usualmente están secas y/o libres de agua, y causara daño a los inmuebles y posiblemente arrasará con bienes materiales y personas. La primera falla de una presa a consecuencia de un temblor, reportada en la literatura es la presa de Augusta GA, durante el temblor de Charleston, SC en 1886.

Fuegos/incendios: el cuarto factor de suma importancia del peligro sísmico son los incendios. Esos fuegos pueden iniciarse por líneas de gas rotas y líneas de corriente que caen o la inclinación o caída de estufas de carbón. Esto puede ser un serio problema, principalmente si también las líneas de conducción de agua a los hidrantes se rompen. Por ejemplo, después del gran temblor de San Francisco en 1906, la ciudad ardió por tres días. Prácticamente toda la ciudad quedó destruida y 250,000 personas quedaron sin hogar.

Deslizamiento de masas de terreno/avalanchas: los temblores pueden causar la falla del terreno (suelos y/o rocas) con inclinaciones pronunciadas, particularmente aquellos marginalmente estables. Los deslizamientos más comunes causados por eventos sísmicos incluyen: (i) caída de rocas, (ii) deslizamiento de suelos (sedimentos), y (iii) deslizamientos de rocas en pendientes relativamente pronunciadas que están cubiertas cuerpos desagregados de rocas y suelos. Dichos materiales (rocas y suelo desagregados) producto de dichas fallas del terreno, pueden cortan carreteras y arroyos, inclusive pueden dañar puentes, edificios y otro tipo de estructuras. La pérdida de vidas a cause de deslizamientos del terreno es común que ocurra. De especial preocupación son los terrenos en pendientes en que el deslizamiento puede desarrollarse rápidamente. Un trágico ejemplo de lo anterior es el caso del deslizamiento de la montaña Huascaran ocurrido a causa del temblor de Perú en 1970. Sepulto totalmente el poblado de Yungay y parte del poblado de Ranrahirca, con una pérdida de 18,000 vidas.

Licuefacción: es la pérdida temporal fuerza de cohesión y fluidización que ocurre en ciertos suelos granulares saturados debido a las cargas sísmicas

transmitidas a causa de un temblor, representa un peligro significativo en áreas costeras y otras regiones con un nivel freático alto (somero). La reducción de la capacidad de cohesión que acompaña al proceso de licuación puede llevar al hundimiento de edificios, puentes y otras estructuras pesadas, usualmente sin causar, o muy pequeño, daño a la estructura misma. La presencia de estratos licuables es identificada por la presencia de volcancillos de arena expuestos en superficie, que son formados por la mescla suelo-agua expulsada hacia la superficie con la presencia de residuos de suelo depositados en su vecindad.

Tsunami: son olas de mar (ondas) de período largo que se producen por un rápido movimiento vertical del piso oceánico a causa de una falla (ruptura en el piso oceánico) producto de un temblor. En mar abierto, las olas de Tsunami viajan grandes distancias a gran velocidad (~700 a 900 km/h) pero son difíciles de detectar. Ellas usualmente tienen alturas a lo mas de ~1 m y longitudes de onda de varios cientos de kilómetros. Conforme la ola de Tsunami se aproxima a la costa, debido a la reducción de la profundidad del tirante de agua, su velocidad decrece y la altura de la ola se incrementa. En ciertas áreas costeras, la forma del piso oceánico es tal que amplifica la altura de la ola del Tsunami y se convierte prácticamente en una pared vertical de agua que penetra grandes distancias dentro de las islas y causa grandes daños.

6.3.2 Análisis y estimación del peligro sísmico

Evaluar el peligro sísmico, involucra responder las siguientes preguntas en un contexto de la evaluación probabilística de los siguientes aspectos (Larsson and Mattson, 1987):

- ¿Cuándo ocurre el terremoto? Se calcula la probabilidad de ocurrencia del terremoto,
- ¿Cuál es el tamaño de los terremotos? Se define la máxima magnitud que se puede esperar sobre un cierto intervalo de tiempo,
- ¿Dónde ocurre el terremoto? Se calcula la distancia a las fuentes sísmicas que podrían afectar el sitio bajo investigación,
- ¿Cuál es la influencia del sitio? Se establece una relación de atenuación de las ondas sísmicas,

Los conceptos más importantes para definir la acción sísmica, incluye el periodo de retorno y la probabilidad de excedencia. Estos conceptos son asociados con la vida útil (o vida económica) de las estructuras.

Probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno – el periodo de retorno se puede definir como el tiempo entre los eventos sísmicos de iguales características. Comúnmente, el fenómeno sísmico se idealiza como un proceso de Poisson. La distribución de Poisson se basa en que los eventos son independientes también con respecto al tiempo entre cada uno.

La razón de usar esta distribución es la simplicidad y la comodidad del manejo en lugar de la adaptación de tal hipótesis a la realidad (Barbat and Canet, 1994).

En el contexto de la ocurrencia de sismos, que siguen una distribución de un proceso de Poisson, establece que los temblores ocurren aleatoriamente, sin seguir un patrón en el tiempo, el tamaño, y localidad respecto de un evento anterior. Este modelo no considera agrupamiento temporal de eventos por lo que puede ser apropiadamente utilizado para grandes extensiones de área, conteniendo entonces una gran variedad de fallas de diferentes regímenes tectónicos. La probabilidad de la ocurrencia de al menos un evento sísmico que exceda cierta magnitud particular en un periodo de t años P[N≥1] es dada por:

$$P[N \geq 1] = 1 - e^{(-\lambda t)},$$

donde: λ: es el promedio de la razón de ocurrencia del temblor considerado de cierta magnitud.

De lo antes expuesto, es claro que el análisis del peligro sísmico involucra la estimación cuantitativa de los peligros asociados con la vibración (movimiento) del terreno, la tasa de actividad sísmica en las fuentes generadoras de temblores, y los periodos de retorno de intensidades sísmicas relevantes para la región o el sitio particular designado.

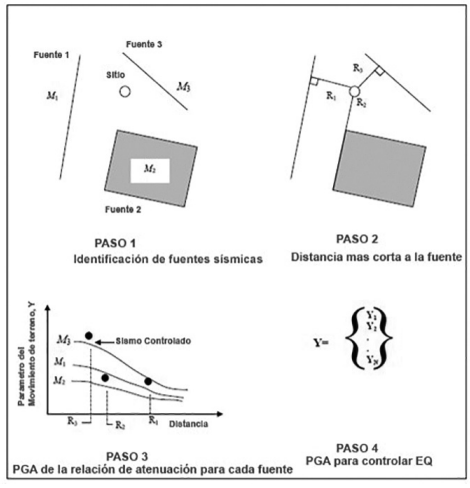
El peligro sísmico puede ser analizado en su contexto determinístico, al considerar un escenario que asume un sismo en particular, o probabilísticamente, en el cual las incertidumbres del tamaño del temblor, su localización, y tiempo de ocurrencia son explícitamente consideradas. Los factores más importantes directamente asociados con el peligro sísmico para cierta localidad son: (i) la magnitud del temblor, (ii) la distancia fuente-a-sitio, (iii) la razón de ocurrencia de temblor (periodo de retorno) — es una estimación del intervalo de tiempo entre temblores. Formalmente, corresponde a una medida estadística que denota el promedio del intervalo de recurrencia (periodo de retorno) para un periodo de tiempo extendido, y es usualmente requerido para el análisis de riesgo —, y (iv) la duración del movimiento fuerte del terreno.

Análisis determinístico de peligro sísmico – asume la hipótesis de estacionariedad de la sismicidad, considerando que los terremotos en el futuro se producirán de forma análoga a como lo hicieron en el pasado y conducen a la

estimación de los límites superiores del movimiento, expresados por los valores máximos del parámetro empleado para su descripción. Éstos concluyen, p.e., con una intensidad esperada en el emplazamiento de VIII, que se interpreta como la mayor intensidad que se va a sentir en el mismo como consecuencia de cualquier terremoto en la zona circundante. El análisis determinístico de peligro sísmico (DSHA, por sus siglas en inglés) puede entonces describirse en cuatro pasos a seguir (Figura 6.3, p 186.).

1. Caracterización de la fuente, incluye la identificación y caracterización de todas las fuentes de terremotos capaces de producir movimientos significativos del terreno en el área de estudio,
2. Selección de la distancia más corta entre la fuente y el sitio de interés,
3. Selección del sismo fuerte típico (*controlling earhquake*) capaz de producir el movimiento vibratorio más severo,
4. Definición formal del peligro para el sitio en términos de los movimientos del terreno producidos en el sitio por el sismo fuerte típico (*controlling earthquake*).

Figura 6.8 Pasos para el análisis determinístico de peligro sísmico



Fuente: Modificada de: Kramer, 1996.

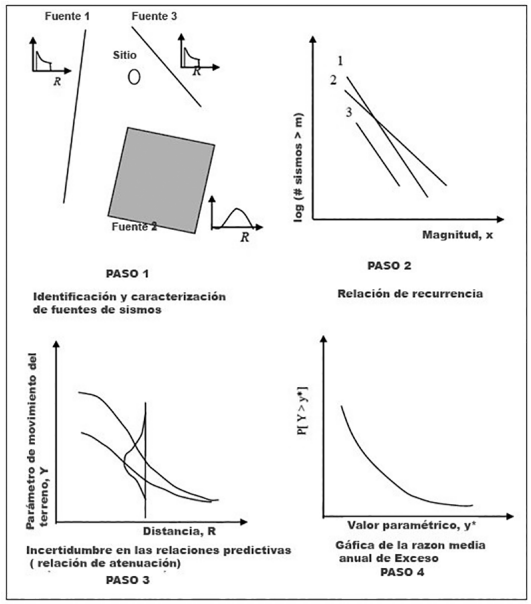
• Análisis probabilístico de peligro sísmico – deducen las relaciones de recurrencia de los fenómenos sísmicos de una zona a partir de la información existente en la misma y con ellas obtienen las funciones de probabilidad de los

parámetros buscados. Estas funciones asocian a cada valor del parámetro una probabilidad anual de excedencia, o bien un periodo de retorno, que se define como el valor inverso de esa probabilidad. Así un posible resultado sería una intensidad VIII en el emplazamiento con probabilidad anual de ser superada de 0.002, o bien esa misma intensidad con periodo de retorno de 500 años. En contra de lo que intuitivamente cabe suponer, el periodo de retorno no indica el intervalo de tiempo promedio entre dos terremotos que generan esa intensidad, sino el periodo en años en el que se espera que la intensidad del movimiento sobrepase el nivel de referencia (en el ejemplo VIII), con probabilidad del 64 %. El análisis probabilístico de peligro sísmico (PSHA, por sus siglas en inglés) puede describirse en los siguientes cuatro pasos a seguir (Figura 6.9).

1. Identificación de las zonas de fuentes de sísmicas asociadas a fallas activas, que pueden afectar el área de estudio. Caracterizar la probabilidad de la distribución de localidades con el potencial de ruptura en las fuentes sísmicas identificadas,
2. Caracterización de la actividad sísmica de cada una de las zonas de fuentes sísmicas utilizando relaciones de recurrencia, que especifica el promedio de la ocurrencia al cual, algún temblor de pre-designado tamaño (magnitud), será excedido,
3. Estimación del movimiento del terreno producido en el sitio, por sismos de cualquier posible magnitud que ocurrirían en cualquier localidad de cada fuente sísmica usando relaciones predictivas,
4. Estimar la probabilidad del parámetro del movimiento del terreno que será excedido durante un periodo particular de tiempo.

El periodo de retorno teórico es el inverso de la probabilidad, de que el evento considerado sea excedido en cualquiera de cada uno de esos años. En tanto sea verdad que el "*evento-10-anios*", ocurre en promedio una vez cada 10 años y que el "*evento-100-anios*" es muy grande y que se espera ocurra solo una vez cada 100 años, esto es solo un enunciado estadístico: el numero esperado de "*eventos-100-anios*" en un periodo de n años es n/100, esto es en el sentido del valor esperado. De forma similar, el tiempo esperado hasta que otro "*evento-100-anios*" es 100 años, y si en cualquier año o años el evento no ocurre, el tiempo esperado hasta que ocurra permanece en 100 años, con los 100 años iniciando en cada ocasión. Los anterior no significa que el "*evento-100-anios*" ocurrirá regularmente cada 100 años, a pesar de la connotación del nombre "periodo de retorno" en cualquier periodo de 100 años, "*temblore-100-anios*" pueden ocurrir una, dos…, o más veces, o ninguna.

Figura 6.9 Análisis probabilístico de peligro sísmico.



Fuente: Modificado de: Kramer, 1996.

En lo siguiente, se da un ejemplo numérico-conceptual que persigue aclarar el concepto para un lector no experto en el tema. Dado un periodo de retorno (TR) para un evento (concretamente, un terremoto), la probabilidad de ocurrencia en 1 año (P (1)) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P(1) = 1/T_R.$$

La probabilidad de que ese mismo terremoto no ocurra en ese año (P'(1)), será:

$$P'(1) = 1-P(1) = 1-(1/T_R).$$

Para calcular la probabilidad de que ocurra dentro de un intervalo de tiempo determinado (IT), se hace a partir de la probabilidad de que no ocurra en ese intervalo temporal, de la siguiente manera:

$$P'(IT) = (P'(1))\,IT = (1-(1/TR))^{IT},$$

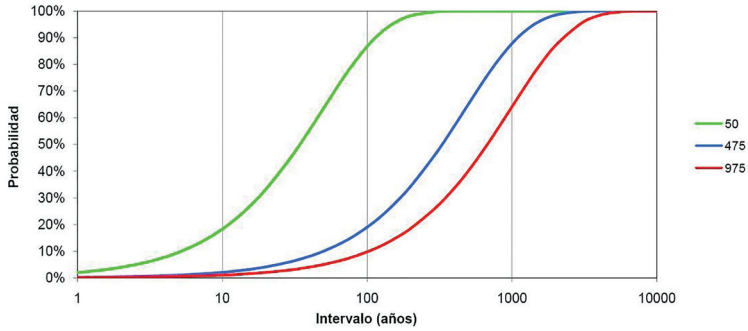
y por tanto, la probabilidad de que sí ocurra en IT, será:

$$P(IT) = 1-P'(IT) = 1-(1-(1/T_R))^{IT}.$$

Se presentan los cálculos en forma tabular y gráficamente, para terremotos con los periodos de retorno de 475 y 975 años, de la probabilidad de ocurrencia en intervalos de tiempo de 1, 10, 50, 100, 475 y 975 años.

Figura 6.10 Cuadro y gráfica: Valores comparativos de probabilidad de ocurrencia versus periodos de recurrencia.

Probabilidad de ocurrencia en el intervalo de tiempo	Probabilidad de ocurrencia de los periodos de recurrencia (TR)	
	T_R = 475 años	T_R = 975 años
1 año	0.21 %	0.1 %
10 años	2.09 %	1.02 %
50 años	10 %	5 %
100 años	19 %	9.75 %
475 años	63.25 %	38.58 %
975 años	87.19 %	63.23 %



Fuente: tomada parcialmente de: http://mirincondeingenieria.blogspot.com/2012/09/periodos-de-retorno-y-probabilidad-de.html.

Por su parte, para evaluar el periodo de retorno se presenta el siguiente ejemplo. Sea "p" la probabilidad de un evento extremo: $p = P(X \geq x_T)$. Esa probabilidad está relacionada con el periodo de retorno, T_R, en la forma: $p = 1/T_R$. Por tanto, la probabilidad de no ocurrencia de un evento extremo, para un año, será:

$$P(X < xT) = 1-p = 1-(1/T_R).$$

Para *N* años, de vida útil del proyecto, la probabilidad de no ocurrencia del evento extremo es:

$$P(X < x_T) = (1-(1/T_R))^N.$$

En el caso que nos ocupa:
-Periodo de vida útil del proyecto es de: *N*=50 años.
-Probabilidad de no ocurrencia del evento extremo para N=50 años:

$P(X < xT)$ = 10%. Sustituyendo en la expresión anterior y despejando para T_R:

$P(X < xT) = 0.1 = (1-(1/T_R))^{50}$, Entonces: $\rightarrow 0.1^{(1/50)} = 1-1/T_R \rightarrow T_R =$ 22.219 años.

Relación Gutenberg-Richter – otro aspecto importante y bien conocido es que la ocurrencia de sismos sigue la relación Gutenberg-Richter, magnitud versus frecuencia.

$$\log(N) = a - bM, \text{ o } N = 10^{(a-bM)},$$

donde: (i) N es el número acumulativo de temblores con magnitud igual o mayor a M que ocurren anualmente, y (ii) a y b son constantes. Lo anterior se puede reescribir como:

$$N = e^{2.303a-2.303bM}, \text{ o } 1/N = e^{-2.303a+2.303bM}.$$

La relación Gutenberg-Richter que describe la relación entre el promedio de la razón de ocurrencia (N) o el intervalo de recurrencia (1/N) y de temblores iguales o mayor que una magnitud específica (M), por lo tanto:

$$\tau = 1/N = e^{-2.303a+2.303bM}.$$

La evaluación del peligro sísmico para cierta región o sitio en particular requiere de identificar y de evaluar todas la posibles Fuentes de actividad sísmica y de su potencial de generar futuros movimientos fuertes del terreno. La identificación de las fuentes sísmicas requiere de un trabajo de "investigación" para identificar indicios, algunos obvios, y otros no tanto que deben ser observados e interpretados. Para el caso de estructuras, el peligro sísmico se cuantifica en términos de los periodos de retorno de intensidades (o sus inversos, las tasas de excedencia) sísmicas relevantes. La tasa de excedencia de una intensidad sísmica se define como el número de veces, por unidad de tiempo, en que el valor de esa intensidad sísmica es excedido.

Resumiendo, sucintamente lo antes expuesto, el peligro sísmico es la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, como pueden ser el movimiento mismo del terreno, la licuefacción, los deslizamientos de tierra, inundaciones, ruptura de fallas, etc.

El tamaño y localización del o los fenómenos físicos, a consecuencia de un terremoto, dependerán de diversos factores, principalmente de las características geológicas y geotécnicas del lugar, pero indudablemente de las características del terremoto (hipocentro, mecanismo focal, intensidad, magnitud, duración, contenido de frecuencias, etc.).

El primer paso en la evaluación del peligro sísmica es caracterizar las zonas sismo-tectónicas, para posteriormente entender mejor las características de los terremotos. Generalmente, se utilizan métodos o modelos probabilísticos simplificados de cálculo basados en el establecimiento de leyes estadísticas para definir el comportamiento sísmico de una zona, las fuentes sísmicas y la atenuación del movimiento del suelo, expresando los resultados en forma de: (i) probabilidad de ocurrencia de los distintos tamaños de los terremotos, (ii) la probabilidad de excedencia de distintos niveles de intensidad del movimiento o a los valores máximos (aceleración, velocidad, desplazamientos, periodo dominante de sitio) esperados en un lugar y en un intervalo de tiempo determinado. Estos modelos involucran una gran cantidad de incertidumbres lo que lleva inevitablemente a ser calculados a partir de la extrapolación de datos, a la adaptación de estudios de otras regiones para que estos modelos sean funcionales y en muchos casos simplifarlos (Somerville, 2000).

6.3.2.1 Modelos de la Sismicidad Local

Para caso específico de la República Mexicana, en estudios previos, la han dividido en 476 fuentes generadoras de sismos, mismas que están dictadas por la tectónica del país y por la historia instrumental de sismos registrados en el pasado. Cada una de estas fuentes genera temblores a una tasa constante.

La actividad de cada una de las fuentes sísmicas se específica en términos de $\lambda(M)$, la tasa de excedencia de magnitudes que ahí se generan. La tasa de excedencia de magnitudes mide qué tan frecuentemente se genera en una fuente temblores con una magnitud superior a una dada. Para la mayor parte de las fuentes sísmicas, la función $\lambda(M)$ es una versión modificada de la relación de Gutenberg y Richter. En estos casos, la sismicidad queda descrita de la siguiente manera:

$$\lambda_i(M) = \lambda_{Oi} \frac{e^{-b_i M} - e^{-b_i M_{ui}}}{e^{-b_i M_O} - e^{-b_i M_{ui}}},$$

donde: (i) M: es la magnitud sobre la cual se calcula la excedencia, (ii) MO: es la magnitud mínima relevante (i.e. 4.5), y (iii) λ_{-Oi}, $-e^{-b_i M_{ui}}$, $e^{-b_i M_{ui}}$: son parámetros diferentes para cada fuente estimados por procedimientos estadísticos bayesianos que incluyen información de regiones tectónicas similares. (p.e., México está dividido en 476 regiones, i = 1, 2, 3….., 476).

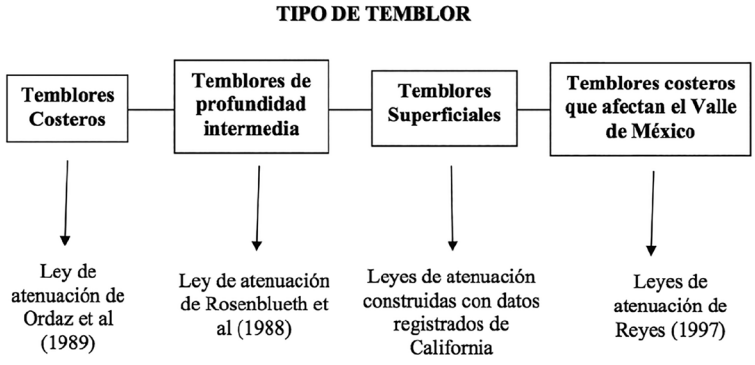
6.3.2.2 Atenuación de las ondas sísmicas

Una vez determinada la tasa de actividad de cada una de las fuentes sísmicas, es necesario evaluar los efectos que, en términos de la intensidad sísmica, que produce cada una de ellas en un sitio de interés. Para ello se requiere saber qué intensidad se presentaría en el sitio en cuestión (supuesto en terreno firme), si en la i-ésima fuente ocurriera un temblor con magnitud dada. A las expresiones que relacionan magnitud, posición relativa, fuente-sitio e intensidad se les conoce como leyes de atenuación.

Dadas la magnitud y la distancia epicentral, la intensidad sísmica no está exenta de incertidumbre por lo que no puede considerarse determinista.

Ejemplificando para el caso de México, es posible utilizar cuatro diferentes leyes de atenuación dependiendo de las trayectorias que recorren las ondas de la fuente al sitio. Se utilizan leyes de atenuación espectrales que toman en cuenta el hecho de que la atenuación es diferente para ondas de diferentes frecuencias, por lo que se tienen parámetros de atenuación diferentes para cada periodo de vibración considerado.

Figura 6.11 Tipo de Temblor región de México



Fuente: modificada de: http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc10005/doc10005-4a.pdf.

6.3.2.3 Efectos de la geología local

El efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas ha sido reconocido desde hace mucho tiempo como crucial en la estimación del peligro sísmico. Este es particularmente importante donde las amplificaciones por efectos de la geología local son notables.

El movimiento del terreno se estima en términos de las ordenadas del espectro de respuesta de pseudo-aceleraciones. Un sismo se define por su magnitud y distancia focal. Dadas una magnitud y una distancia, es posible estimar el espectro de respuesta de aceleraciones (ER) por medio de regresiones semi-empíricas (Reyes, 1997).

6.3.3 Cálculo de peligro sísmico

Una vez conocidas la sismicidad de las fuentes y patrones de atenuación de las ondas generadas en cada una de ellas, incluyendo los efectos de la geología local, pueden calcularse el peligro sísmico considerando la suma de los efectos de la totalidad de las fuentes sísmicas y la distancia entre cada fuente y el sitio donde se encuentra la estructura. El peligro v(Sa), expresado en términos de las tasas de excedencia de intensidades Sa, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v(S_a) = \sum_{i=1}^{N} \int_{M_O}^{M_{ui}} -\frac{d\lambda_i(M)}{dM} \Pr\left(SA > Sa \middle| M, R_j\right) dM,$$

donde: (i) la sumatoria se hace para la totalidad de las fuentes sísmicas *N, M*, y la distancia entre la i-esima fuente y el sitio R, (ii) la integral se realiza desde M_O hasta M_{Ui}, lo que indica que se toma en cuenta, para cada fuente sísmica, la contribución de todas las magnitudes; esto es adecuado ya que interesa también el daño que pueden provocar inclusive sismos pequeños y medianos que se presentan más seguido que los sismos grandes, (iii) *Pr (SA>Sa M,R$_j$)* es la probabilidad de que la intensidad exceda un cierto valor dadas la magnitud del sismo, y (iv) $(^{d\lambda i\,(M)})/_{dM}$ son las tasas de actividad de las fuentes sísmicas.

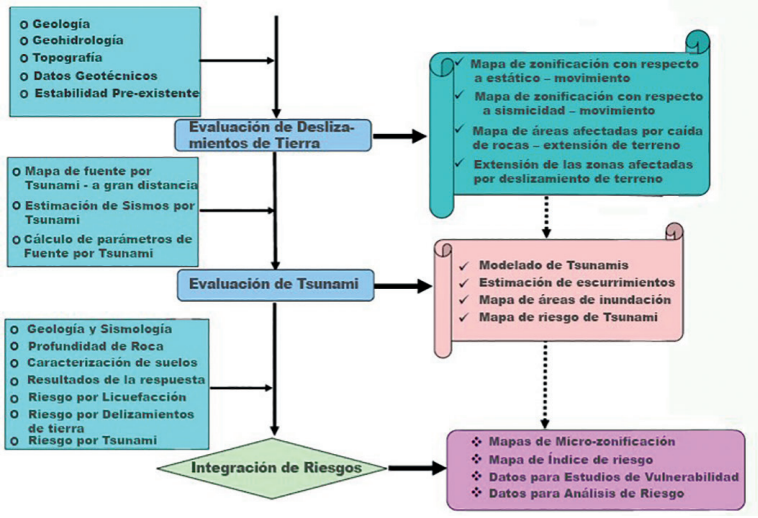
El peligro sísmico se expresa en términos de las tasas de excedencia de valores dados de intensidad sísmica. Como se ha indicado, la intensidad sísmica Sa, se mide con las ordenadas del espectro de respuesta de pseudo-aceleraciones para 5% del amortiguamiento crítico y *T*: el periodo natural de la vibración de la edificación de interés.
La tasa de excedencia de intensidad indica que tan frecuentemente se exceden intensidades sísmicas de cierto valor. Por ejemplo, para una intensidad Sa=100 cm/s2, un valor de v(*Sa*)= 0.002/año quiere decir que esta intensidad se excederá en promedio, 0.002 veces por año, o una vez cada 500 años.

El análisis de peligro sísmico y de micro-zonación es agrupado en los siguientes 7 grupos principales.

i. El primer paso ilustra la asignación del valor esperado de movimiento del terreno usando ambos métodos, determinístico y probabilístico del análisis de peligro sísmico,
ii. El Segundo paso se involucra con la caracterización del área de estudio a una escala local (1:20000) utilizando información geotécnica y estudios geofísicos someros del subsuelo,
iii. El tercer paso es el estudio de los efectos de sitio usando los datos de (i) y (ii) para generar el parámetro del nivel de peligro,
iv. El cuarto paso es la asignación del potencial de licuación considerando la amplificación de sitio y las propiedades del terreno,
v. El quinto paso es la estimación del peligro de deslizamiento del terreno (necesario solo para terrenos en pendientes),
vi. El sexto paso es la identificación de peligro de Tsunami (necesario solo para zonas costeras),
vii. El último paso, es la integración de todos los mapas anteriores asignando los rangos/categorías apropiadas y pesos basados en la importancia para preparar el mapa de zonificación de la región,

Finalmente, los mapas de micro-zonación deben ser preparados en términos de los parámetros de movimiento del terreno y los factores de seguridad contra licuación del terreno.

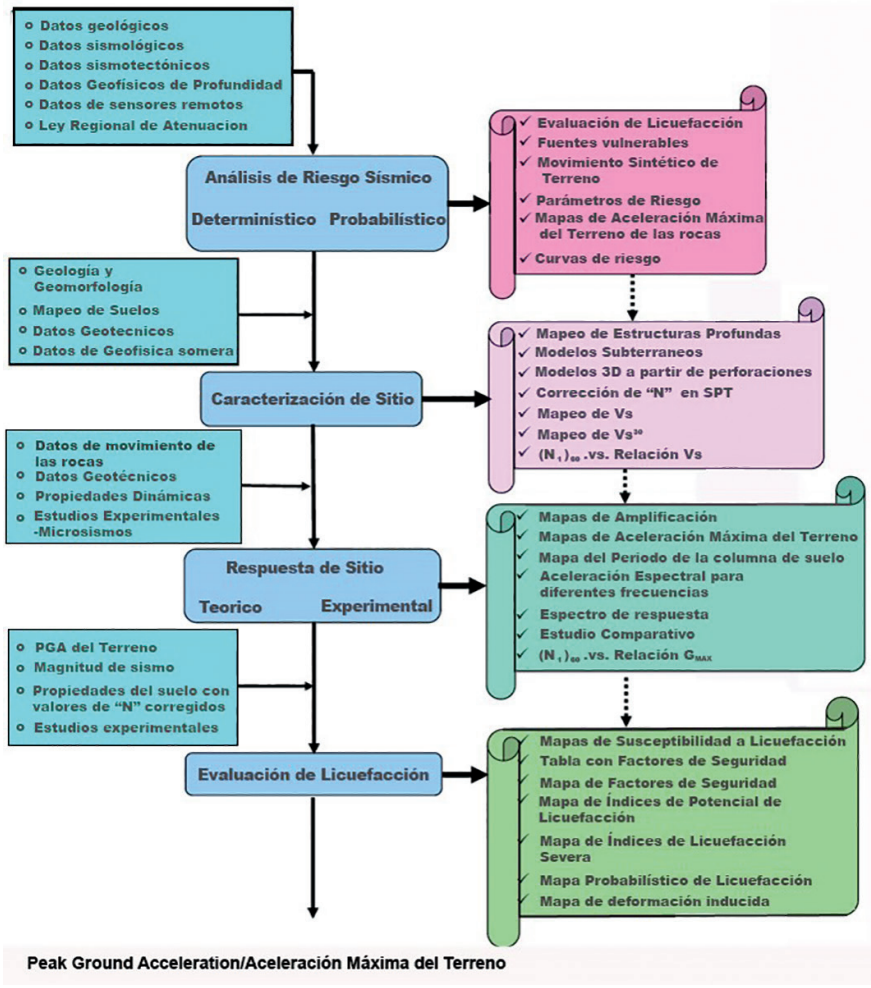
Figura 6.12. Parte (a): Paso a seguir para micro-zonación y peligro sísmico



Fuente: modificado de http://www.ejge.com/Bouquet08/Sitharam/Sitharam_ppr.pdf.

Figura 6.12.2 Parte (b): Paso a seguir para micro-zonación y peligro sísmico

Fuente: modificado de http://www.ejge.com/Bouquet08/Sitharam/Sitharam_ppr.pdf.



6.4 Vulnerabilidad sísmica

La otra parte importante para evaluar el riesgo sísmico de una región es la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras construidas por el ser humano. La experiencia ha enseñado, a través de los terremotos pasa dos que existen estructuras de una misma tipología que pueden sufrir un mayor grado

de daño debido a un terremoto a pesar de localizarse en el mismo sitio. Esto se debe a que existen estructuras con una calidad estructural mejor que otras, o en otras palabras, su vulnerabilidad es menor. Por lo tanto, se puede llegar a plantear que la vulnerabilidad sísmica de una estructura o grupo de estructuras es la calidad estructural o capacidad de sus elementos estructurales para resistir un terremoto.

El que una estructura sea más o menos vulnerable ante un terremoto de determinadas características, es una propiedad intrínseca de cada estructura, es decir, es independiente de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento, por lo tanto, una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica. Puede observarse, desde este punto de vista que los estudios de vulnerabilidad sísmica se pueden aplicar a cualquier obra de ingeniería civil, como son edificaciones, presas, carreteras, puentes, taludes, depósitos, centrales nucleares y, en general, a toda obra en la que se requiera conocer su comportamiento ante un posible terremoto y las consecuencias que puedan producir.

Una de las primeras tareas que hay que plantearse en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, es el alcance que tendrán los estudios de riesgo sísmico. El conocimiento del comportamiento de una estructura es generalmente complejo y dependiente de un sin número de parámetros que en su mayoría son difíciles de obtener. Algunos de estos parámetros incluyen, la obtención de las características del movimiento sísmico del lugar, la resistencia de los materiales con los que está construida, la calidad de la construcción, la interacción con los elementos no estructurales, el contenido existente en la estructura en el momento del terremoto, entre otros muchos.

Sin embargo, la realización de estudios a nivel urbano se puede reducir al conocimiento de algunos parámetros básicos para poder clasificar la estructura, o, en otras palabras, al conocimiento de su calidad estructural. A menudo, la estimación de la vulnerabilidad se realiza basada en observaciones visuales sin referencia en cálculos del comportamiento estructural.
Aunque no existe una metodología estándar o procedimiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, algunas instituciones (como la Comisión de Seguridad Sísmica de California, CSSC, 1999) proponen clasificarlas en tres grupos principales, de acuerdo con:

1. La experiencia obtenida en sismos pasados basada en el hecho de que ciertas clases de construcciones tienden a compartir características comunes y

a experimentar tipos similares de daño debidos a un terremoto. En base a esto se han desarrollado una serie de funciones de vulnerabilidad sísmica de edificios, para las cuales sólo se requiere identificar la clase de edificio para hacer referencia a la función.

2. La experiencia obtenida en los desarrollos de ingeniería. En este caso, los cálculos estructurales se utilizan para cuantificar la cantidad de fuerza y deformación inducida en la construcción por el movimiento del terremoto, y compararlas con la capacidad de la estructura. En ingeniería las estimaciones de la vulnerabilidad también tienden a tener incertidumbres asociadas con ellas, debido a que en ocasiones es muy difícil cuantificar la capacidad y resistencia exacta de la estructura y también la predicción de la respuesta.
3. Una combinación de ambos, en este caso se utilizan tanto los cálculos estructurales como la experiencia de los datos para estimar la vulnerabilidad, obteniendo menos incertidumbres y permitiendo la calibración de los cálculos estructurales con el comportamiento observado de los edificios.

6.5 Riesgo Sísmico

Además de lo antes expuesto, y una vez revisados los conceptos de peligrosidad sísmica y vulnerabilidad sísmica se puede observar que existe una relación directa entre ellos, es decir, para que exista verdaderamente riesgo sísmico en un lugar, ambos conceptos deben producirse y existir respectivamente, es decir, el riesgo sísmico evalúa y cuantifica las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de las estructuras cuya capacidad resistente fue excedida.

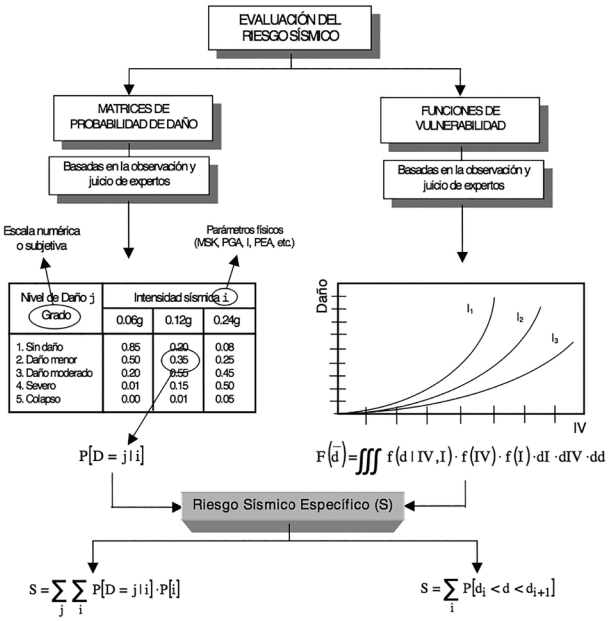
Un marco conceptual para relacionar estos parámetros se puede definir por medio de un riesgo sísmico específico, S, representado como la convolución entre las probabilidades de ocurrencia de todas las intensidades posibles de los terremotos o peligrosidad sísmica, H, y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, V, a través de la siguiente expresión:

$$S=H \otimes V,$$

y finalmente, el riesgo sísmico como la convolución entre el valor de riesgo sísmico específico, S, y el valor económico de los elementos en riesgo, por la expresión

$$R=S \otimes E$$

Figura 6.13 Metodologías utilizadas para la evaluación del Riesgo Sísmico especifico a nivel urbano



Fuente: tomado de: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/03CAPITULO_2.pdf?sequence=3.

6.6 Estudios sobre Riesgo Sísmico

Las catástrofes recientes han obligado a los gobiernos y el sector privado de todo el mundo a desarrollar estudios de riesgo sísmico para reducir los daños provocados por los terremotos. Estos estudios deben elaborarse basándose en el desarrollo del país o en la peligrosidad existente en él. Una gran cantidad de trabajos que tratan de evaluar el riesgo sísmico en zonas urbanas, han sido auspiciados por organismos internacionales y gobiernos, con el fin de implementarlos dentro de sus programas de protección civil, algunos de ellos se han desarrollado como normas o recomendaciones como las de la Comisión de Seguridad Sísmica de California (CSSC, 1999).

Los informes del "Consejo de Tecnología Aplicada (ATC–13 y ATC–25)", resultado de trabajos fueron financiados por la Federal Emergency Managemnet Agency (FEMA), tienen una amplia difusión y aceptación internacional, coherencia metodológica y facilidad de uso y, por lo tanto, constituyen una excelente referencia para orientar este tipo de estudios.

El informe ATC–13 titulado " Earthquake Damage evaluation data for California", forma parte de un proyecto para la evaluación de daño sísmico causado por los terremotos en California, en cuanto al informe ATC–25 titulado "Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States" forma parte de un proyecto con el objetivo de obtener un mejor conocimiento del impacto de la interrupción de las líneas vitales durante y por causa de los terremotos y ayudar a la identificación y priorización de las medidas y estrategias para disminuir el riesgo sísmico.

Por otra parte, el Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado (OEA, 1993), hace una introducción a la planificación para el desarrollo integrado y el manejo de los peligros naturales, además describe las técnicas que se usan para la evaluación del peligro, incluyendo los sistemas de información geográfica, percepción remota, técnicas especiales de cartografía, y muestra nuevos enfoques para la evaluación y mitigación en el contexto de la planificación para el desarrollo integrado.

Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud (OPS/OMS, 1999), en este documento trata específicamente la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales y de metodologías para la mitigación del riesgo. Además, hace referencia a las medidas que se deben tomar para la mitigación, poniendo especial énfasis en los requisitos necesarios para que los establecimientos puedan mantener su función durante y después de un evento.

Los estudios de riesgo demuestran su potencialidad, analizando incluso otros elementos en riesgo, diferentes a las estructuras de edificación, como son líneas vitales, puentes, depósitos, instalaciones industriales, redes eléctricas, etc.

6.7 Mitigación del Riesgo Sísmico

Por mitigación del riesgo sísmico se entiende "cualquier acción preventiva que se toma antes de la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo intentando reducir sus consecuencias". Es decir, son todas las medidas tomadas para incrementar la resistencia y mejorar el comportamiento de los edificios y líneas vitales para la seguridad de las personas y para la reducción de las pérdidas económicas y su impacto social.

La peligrosidad sísmica no se puede modificar ya que es un factor que depende de la naturaleza. Sin embargo, sí se puede decidir edificar las estructuras en zonas lo suficientemente alejadas de las fallas, de rellenos, de zonas sismo-

genéticas en general y de lugares de posibles asentamientos, deslizamientos, avalanchas o de un alto potencial de licuefacción y, de ser necesario, se estudiaría la posibilidad de utilizar técnicas de mejoramiento de las condiciones del suelo, siempre buscando disminuir la posible amplificación de la acción del terremoto.

En cuanto a la vulnerabilidad sísmica de las estructuras como se ha visto anteriormente, es un factor que se encuentra más al alcance de hombre, ya que corresponde a la calidad estructural de los edificios y en este caso sí se puede modificar utilizando algún método de refuerzo, cambio de uso del edificio, entre otras acciones y, en el caso de edificios nuevos, aplicando correctamente las normas sismo-resistentes y utilizando materiales de buena calidad. Para el caso de los edificios construidos se necesita realizar un estudio económico costo-beneficio, para decidir la factibilidad de su reforzamiento, readecuación, cambio de uso o destino, mejoramiento o demolición futura.

Otras estrategias para la mitigación del riesgo que se pueden aplicar a las zonas urbanas es evitar las grandes concentraciones en zonas cuya peligrosidad sísmica sea alta.

El problema en la elaboración de los programas de mitigación de desastres es sin duda la realización formal de la evaluación de los estudios de riesgo sísmico a pesar de saber que los terremotos son una causa real de desastres.

El proceso de la toma de decisiones que se ilustra en la Figura 6.7.1, está dividido en tres pasos principales:

(i) La estimación del Riesgo

En esta etapa se define el problema, es decir, los bienes que son propensos a sufrir daño, así como un comportamiento mínimo aceptable de las estructuras, para proteger la vida humana, y conservar la capacidad de la infraestructura para proveer servicios mínimos y minimizar las pérdidas económicas. Se cuantifica el Riesgo Base con el apoyo de técnicos, economistas, consultores para determinar el potencial de daño de vidas, heridos, pérdidas económicas o infraestructura, dependiendo de las condiciones actuales del lugar.

(ii) Revisión de las alternativas de mitigación

Se seleccionan las bases del análisis, para determinar las restricciones bajo las cuales las instituciones podrán actuar. Una vez realizado esto se identifican las alternativas de mitigación (reforzamiento de las estructuras, cambio de uso, etc.). Analizando la disponibilidad de recursos y restricciones se pueden descartar las alternativas que no se puedan aplicar o sean poco

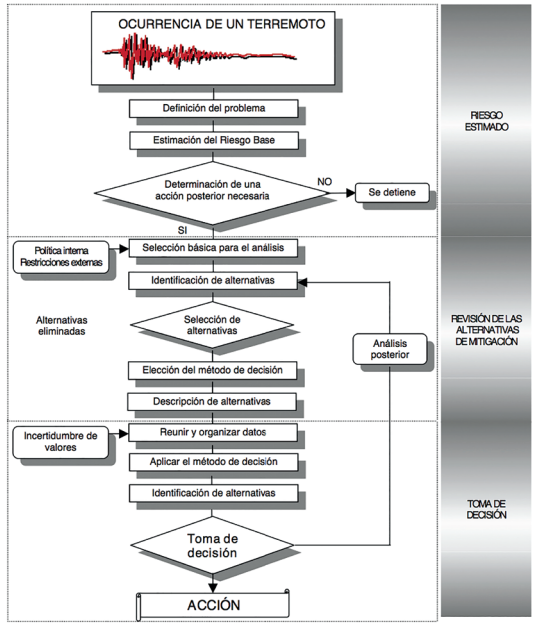
fiables, utilizando métodos de decisión, esto se hace apoyándose en métodos de calificación, análisis de costo – beneficios y algunas teorías de multi-atributos. Una vez elegida la alternativa se describe para implementarla y después calcularla.

(iii) La toma de decisiones

En esta etapa se reúnen y organizan los datos y se estudia el costo de la implementación sobre el Riesgo Base de cada alternativa. Se aplica el método de decisión y se comunican los resultados, explicando la forma de obtención a las partes que deben aprobar la decisión. Normalmente la toma de decisiones no es sencilla y se necesita repetir el proceso para varias alternativas, para obtener finalmente la mejor.

Una vez seleccionada la mejor alternativa para la mitigación del riesgo, se necesita hacer efectivo el proceso, sin embargo, para esto se requieren fondos, estrategias, recursos humanos asignados al programa que los lleve a cabo (CSSC, 1999) (figura 6.14).

Figura 6.14 Proceso de decisión del manejo del Riesgo Sísmico



Fuente: tomado de: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/03CAPITULO_2.pdf?sequence=3).

6.8 Bibliografía

Forsyth, D. W. and S. Uyeda (1975), "On the relative importance of the driving forces of plate motion. Geophys", J. R. Astron. Soc., 43, pp. 162 – 200.

Stein, S. and Wysession, M. (2003), An introduction to seismology, earthquakes and earth structure. Blackwell Publishing Co.

Thorne, L. and T. Wallace (1995), Modern global seismology. Academic Press.

Shearer, P. (1999), Introduction to seismology, Cambridge University Press.

W. H. K. Lee, H. Kanamori, P. C. Jennings y C. Kisslinger (2002), International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology (Vols. A y B).

Aki, K. and P. Richards (2001), Quantitative seismology, W.F. Freeman and Co.

Introduction to seismology, Peter M. Sheader . Cambridge University Press. 2nd Edition, 2009.

Principles of Seismology. Agustin Udías. Cambridge University Press, 2012

https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/. Consultado Enero, 2018.

https://www.researchgate.net/publication/223109782_Seismic_hazard_of_volcanic_activity. Consultado Diciembre, 2017.

https://civildigital.com/classification-earthquakes/. Consultado Marzo, 2018.

http://web.arc.losrios.edu/~borougt/EarthquakesDiagrams.htm.Consultado, Marzo 2018.

https://en.wikipedia.org/wiki/2017_Chiapas_earthquake. Consultado Diciembre, 2017.

Reporte especial: Sismo de Tehuantepec (2017-09-07 23:49 Mw 8.2). Servicio Sismológico Nacional. UNAM, México, 2017.

Capítulo 7. Reducción del Riesgo Volcánico

Amiel Nieto Torres
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México

María del Carmen Jaimes Viera
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México

Héctor Víctor Cabadas Báez
Facultad de Geografía
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

7.1 Introducción

Las erupciones volcánicas catastróficas son menos frecuentes que otro tipo de fenómenos naturales, como las inundaciones o lluvias extremas. Los periodos de retorno en las erupciones volcánicas violentas son de cientos o incluso miles de años. Esto puede generar una percepción subestimada del riesgo asociado a las erupciones por lo que el costo en vidas y daños asociados a la falta de preparación puede ser muy alto. Los suelos formados a partir de materiales volcánicos suelen ser muy fértiles, sus excepcionales recursos hídricos y la gran belleza paisajística han fomentado que grandes poblaciones se asienten en las cercanías de los volcanes; esto trae como consecuencia que el riesgo de desastre asociado a la actividad volcánica sea alto.

Al menos 1,500 volcanes en el mundo han hecho erupción una o más veces durante los últimos 10 mil años, y son considerados como activos. De éstos, 550 han tenido actividad en tiempos históricos (Tilling, 1989; Simkim y Siebert, 1994) y aproximadamente entre 50-70 volcanes alrededor del mundo

hacen erupción cada año (Tilling, 1989). Se estima que alrededor del 9% de la población mundial vive a menos de 100 km de distancia de algún volcán activo. Los volcanes activos mantienen una tasa eruptiva global de 50 a 60 erupciones por año, y en promedio, existen en todo momento unos 20 volcanes en actividad en distintos puntos del planeta (Simkin y Siebert, 2002).

A lo largo de la historia de la humanidad, poblaciones asentadas cerca de esos 550 volcanes en distintas partes del mundo han soportado los efectos de la actividad volcánica. Se estima que cerca de 270,000 personas han perecido por efecto de desastres volcánicos desde el año 1,700 de nuestra era (Tilling, 1989). El potencial destructivo de los volcanes representa actualmente una amenaza a la vida y a propiedades de millones de personas. Es sumamente difícil estimar el valor de los daños materiales ocasionados por las erupciones, pero en algunos casos éstas han involucrado la pérdida de ciudades enteras, la destrucción de bosques y cosechas, y el colapso de las economías de las regiones afectadas por largos períodos.

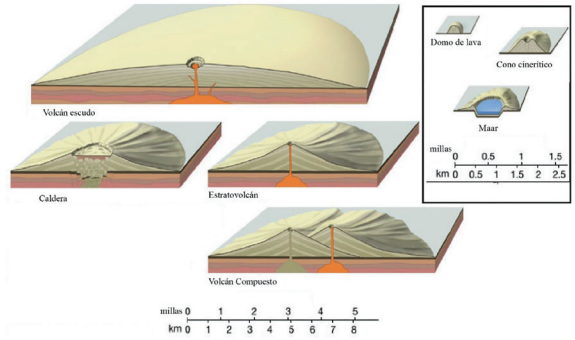
7.2 Introducción a la actividad volcánica

Existen dos tipos de vulcanismo, el monogenético y el poligenético. Los volcanes monogenéticos, son aquellos en los que únicamente se presenta un episodio eruptivo. Su duración puede ser de meses a decenas de años, este tipo de vulcanismo generalmente forma campos volcánicos con 10 o hasta miles de volcanes. El vulcanismo poligenético es aquél en el que se forman grandes edificios volcánicos por la acumulación de materiales emitidos por varias erupciones a lo largo del tiempo. Los volcanes pueden ser de diferentes tipos, entre los que se encuentran las calderas, los conos cineríticos, maares, volcanes escudo, estratovolcanes, volcanes compuestos y domos (Sigurdsson et al., 2015). La figura 7.1 muestra algunos de los tipos de volcanes más comunes:

- Volcán escudo: Es un volcán amplio con pendientes suaves (menos de 10°) construidas por erupciones de lava fluida. El nombre viene del parecido con los escudos de los guerreros.
- Caldera: Depresión circular o elíptica con dimensiones de 1 a 100 km de diámetro, a veces es difícil reconocer su existencia debido a su gran tamaño.
- Estratovolcán: Son grandes volcanes con formas cónicas y pendientes pronunciadas, construidos por múltiples erupciones de materiales piroclásticos y derrames de lava a lo largo de miles de años.

- Volcán compuesto: Son estructuras que se forman por dos o más aparatos volcánicos. Tienen pendientes pronunciadas conformados por flujos piroclásticos y derrames de lava.
- Domos: Los domos están formados por masas de lava relativamente pequeñas. Esta lava es demasiado viscosa para fluir a grandes distancias, por lo que se apila sobre y alrededor de su centro emisor.
- Cono cinerítico: Es el volcán más simple de todos, alcanzan alturas de entre 30 a 450 m.
- Maar: Cráteres muy grandes de bajo relieve. Se forman por erupciones explosivas someras. Las explosiones son generalmente provocadas por el contacto entre el agua freática y el magma durante su ascenso.

Figura 7.1. Tipos de volcanes



Fuente: modificado de Encyclopedia Britannica, Inc.

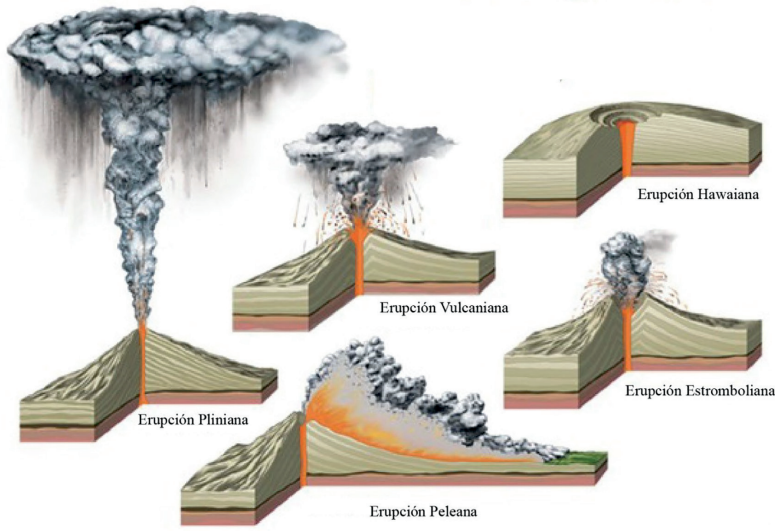
Los tipos de erupciones más conocidos son (Figura 7.2; Sigurdsson et al., 2015):

- Efusiva o Hawaiana: Es una erupción dominada por la salida continua de lava de baja viscosidad, muy fluida, que forma derrames o ríos de lava.
- Estromboliana: Las erupciones estrombolianas están caracterizadas por explosiones intermitentes. Origina columnas eruptivas de hasta 10 km de altura.
- Vulcaniana: Es una erupción explosiva que produce columnas eruptivas de 10 a 20 km de altura, con velocidades iniciales de hasta 200 m/s.
- Pliniana: Las erupciones plinianas son grandes eventos explosivos que forman enormes columnas de tefra y gas que se elevan hasta la estratósfera (entre 20 y 45 km). Algunas de estas erupciones han provocado que can-

tidades de aerosoles queden suspendidas en la estratósfera, provocando cambios en la temperatura de la superficie de la Tierra.

- Peleana: Estas erupciones violentas e intermitentes, se caracterizan por presentar colapsos de domos que generan flujos piroclásticos. No produce columnas eruptivas muy altas. Estos flujos pueden llegar a los 700° C y viajan a velocidades de hasta 100 a 200 km/h.

Figura 7.2 Tipos de erupciones



Fuente: modificado de Encyclopedia Britannica, Inc.

7.3. Los peligros volcánicos y su evaluación

El peligro volcánico se define como la probabilidad de que alguna manifestación volcánica específica y potencialmente dañina (por ejemplo los flujos piroclásticos o la lluvia de ceniza) pueda presentarse en un área o región particular del entorno de un volcán o zona, en un periodo determinado.

Principales peligros volcánicos

Los peligros volcánicos pueden dividirse en dos grupos: los primarios, que son productos directamente relacionados con la actividad del volcán y; los secundarios que se presentan como consecuencia o por interacción de los peligros primarios con algunos elementos del entorno volcánico.

• Peligros volcánicos primarios

Caída de tefra (lapilli y ceniza). Se considera como ceniza volcánica a los fragmentos de material volcánico (piroclastos) con tamaño menor a 2 mm, y lapilli a aquellos fragmentos con tamaño entre 2 y 64 mm (Fisher and Schmincke, 1984). La tefra generalmente está compuesta por ceniza y pómez que está contenida en las columnas eruptivas y es dispersada por los vientos dominantes en el momento de la erupción. En erupciones de escala menor, las tefras son transportadas por los vientos dominantes algunas decenas de kilómetros y después se depositan en el suelo. Mientras que, en erupciones de mayor escala, las cenizas y pómez pueden ser transportadas hasta cientos de kilómetros antes de depositarse. Los piroclastos pueden matar o lastimar a las personas en el área cerca del volcán; algunas casas y construcciones pueden colapsar debido al peso de grandes cantidades de ceniza, incluso en áreas distantes del volcán. La ceniza en condiciones secas tiene un peso volumétrico de 1.10 ton/m3 (medida en laboratorio del CENAPRED) pero, si se humedece, el peso volumétrico de la ceniza saturada alcanza 1.50 ton/m3 (medida en laboratorio del CENAPRED) por lo que en condiciones de lluvia el peligro asociado a la ceniza se incrementa. La caída de tefra puede ocasionar serios daños a la agricultura, carreteras, a las actividades económicas y a la industria aérea. Una adecuada evaluación del peligro por caída de tefra debe integrar un análisis estadístico de las direcciones predominantes del viento a diferentes altitudes sobre el cráter del volcán en diferentes épocas del año.

Proyectiles balísticos (Bombas). Los productos balísticos son fragmentos de material volcánico de tamaño mayor a 64 mm y pueden llegar a tener diámetros de algunos metros (Fisher and Schmincke, 1984). La caída de rocas es causada por explosiones que ocurren en el cráter; las bombas volcánicas son lanzadas a alta velocidad por el aire para después caer en la superficie del suelo. Una roca masiva con un diámetro de hasta un metro es capaz de alcanzar distancias de hasta 2 km desde el cráter. Estos eventos principalmente ocurren debido a erupciones de tipo vulcaniano, durante explosiones de vapor de agua y gas y durante explosiones freatomagmáticas (Fisher and Schmincke, 1984). Cuando los fragmentos de roca caen pueden dañar estructuras o lastimar a la gente. Si las rocas caen a altas temperaturas sobre el bosque o casas pueden causar incendios.

Flujos de lava. Los flujos de lava son un fenómeno en el cual, la lava emitida por el cráter o bocas adventicias en los flancos del volcán, fluye pendiente abajo debido a la acción de la gravedad. Los factores de peligrosidad de la lava son gobernados principalmente por la viscosidad, la tasa de emisión de la lava

y la topografía a lo largo de su camino. La lava basáltica es poco viscosa y se mueve rápido pendiente abajo. Esta puede alcanzar, algunas veces, distancias de decenas de kilómetros desde la fuente. La lava andesítica es más viscosa que la basáltica por lo que su velocidad de flujo es menor. Por consiguiente, los flujos de lava andesítica son más gruesos que los de lava basáltica pero recorren distancias menores y generalmente forman bloques. Las lavas dacíticas y riolíticas son mucho más viscosas y raramente forman flujos, estos tipos de lava generalmente forman domos (Cas and Wright, 1987). Los flujos de lava pueden incendiar las zonas de bosque, cultivos y construcciones.

Flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas. Los flujos piroclásticos son una mezcla turbulenta de fragmentos de roca, ceniza, pómez y gases que se mueven a nivel del suelo con temperaturas cercanas a los 700° C y con velocidades de hasta más de 200 km/h (Cas and Wright, 1987). Se considera que muchos flujos piroclásticos están compuestos por una fase basal que tiene una alta densidad y una porción superior que tiene una densidad mucho menor, parecida a una nube, llamada oleada piroclástica. El cuerpo principal del flujo piroclástico, la parte más densa, se mueve pendiente abajo a través de la topografía. Sin embargo, las oleadas piroclásticas son afectadas en menor medida por la topografía y pueden recorrer distancias mayores que la fase basal del flujo (Cas and Wright, 1987). Para los flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas una vez ocurridos no hay tiempo para realizar una evacuación. Estos eventos son uno de los fenómenos volcánicos más súbitos y destructivos por lo cual se requiere de especial consideración a la hora de evaluar sus peligros.

Avalancha de escombros o colapso parcial del edificio volcánico. Esta manifestación volcánica implica un movimiento hacia abajo a gran velocidad de un sector del edificio volcánico. Es resultado de la presión de los gases volcánicos al interior del edificio, sismos, inestabilidad del edificio volcánico debido a la sobrecarga, alteración de las rocas y otros factores (Blong, 1979). Las avalanchas de escombros no ocurren muy frecuentemente, pero se caracterizan por ser destructivas a gran escala por lo que es importante identificar correctamente si el volcán bajo estudio ha presentado este tipo de eventos así como las zonas de distribución y alcances.

Lahares o flujos de lodo. Los lahares son generados cuando los materiales emitidos durante las erupciones se mezclan con agua y forman flujos que se mueven pendiente abajo. Se conocen como lahares primarios si el agua proviene del derretimiento, debido a la erupción, de los glaciares o nieve que cubre

la cima del volcán o de los lagos cratéricos que se forman en algunos volcanes (Blong, 1979). Se conocen como lahares secundarios si los materiales volcánicos se depositan sobre el volcán y después o durante la erupción ocurre una lluvia torrencial que removilice estos materiales (Blong, 1979). Los lahares pueden llegar a ser extremadamente destructivos, incluso más que los flujos piroclásticos y han causado muchos desastres como el ocurrido en Armero en 1985 en el que murieron más de 25, 000 personas. Se pueden presentar lahares incluso en volcanes que no se consideren activos (Blong, 1979). Por esta razón, es necesaria que la valoración del peligro por lahares de un volcán contemple, además de las propiedades intrínsecas al volcán, variables de tipo climático; como la ocurrencia de lluvias torrenciales en el entorno del volcán.

Deslizamientos. Algunos de los materiales que forman los edificios volcánicos pueden desestabilizarse debido a un sismo o alguna lluvia torrencial y ocasionar un deslizamiento de ladera, sobre todo si las rocas han estado sometidas a alteración consecuencia de la actividad volcánica. Es posible que ocurran deslizamientos incluso en volcanes en estado de quietud (Blong, 1979).

Gases volcánicos. Los gases volcánicos son la parte volátil del magma que se emite a través de fumarolas y cráteres. Los componentes tóxicos de los gases volcánicos causan daño a casi cualquier ser viviente. Particularmente el dióxido de azufre (SO2), ácido sulfhídrico (H2S) y el dióxido de carbono (CO2) tienen el potencial de causar la muerte o dañar a las personas y al ganado en un corto periodo de tiempo (Blong, 1979).

Sismos. Los sismos volcánicos son generalmente pequeños comparados con los sismos tectónicos. Sin embargo, algunos sismos con epicentros cercanos al volcán que se presentan inmediatamente antes, durante o inmediatamente después de las erupciones pueden causar daños estructurales a algunas construcciones.

• Peligros volcánicos secundarios

Inundaciones. Si un flujo piroclástico o un lahar alcanzan un lago o río y son temporalmente represados y después el dique formado se rompe, se puede presentar una inundación. También algunas inundaciones pueden ser causadas por las grandes cantidades de agua contenidas en el cuerpo de un volcán durante las avalanchas de escombros (Blong, 1979).
Tsunamis. Durante una erupción subacuática o si una avalancha de escombros

o un flujo piroclástico alcanza un lago cratérico o el mar, puede producir un tsunami. Uno de los más grandes desastres volcánicos ocurridos fue producto de un tsunami que se presentó durante la erupción del volcán Krakatoa en 1883, donde murieron más de 36, 000 personas (Blong, 1979).

Contaminación de manantiales y aguas subterráneas. Como resultado de una erupción volcánica, el agua subterránea y algunos manantiales pueden presentar importantes cambios en su composición química. Variaciones en la temperatura, pH, y cantidad de gases y minerales disueltos en el agua de un manantial pueden presentarse antes, durante y después de una erupción. Si las aguas del manantial son utilizadas para consumo humano o para algunas actividades económicas como ganadería, agricultura o silvicultura podrían generar problemas sanitarios complejos (Schmincke 2004).

Geotermalismo. En respuesta al movimiento subterráneo del magma durante una erupción, la temperatura del suelo cerca de la superficie varía, lo que puede producir aparición de fumarolas en zonas donde no existían o fluctuaciones en las existentes. Estas manifestaciones pueden producir principalmente destrucción de la vegetación pero difícilmente ocasionarán desastre (Schmincke, 2004).

7.4 Caracterización de los escenarios de riesgo volcánico

• Mapas de peligros volcánicos

Un mapa de peligros volcánicos es una representación gráfica de la distribución espacial de los efectos de todos los peligros potenciales a los que el territorio alrededor de un volcán está expuesto (Martin Del Pozzo et al., 2017). Estos peligros pueden estar directamente relacionados con la dinámica interna del volcán y/o pueden deberse a la interacción de los materiales depositados durante las erupciones con algunos agentes climáticos. Los mapas de peligros son herramientas básicas necesarias para las autoridades de protección civil, la planeación del uso del suelo y el manejo de emergencias. La información contenida en un mapa de peligros es la base de decisiones que pueden afectar vidas humanas, poblaciones e infraestructura (CENAPRED, 2006). Es responsabilidad de los geocientíficos encargados de hacer los mapas de peligros evaluar los efectos que las erupciones tienen sobre el territorio.

Debido a que los volcanes suelen tener largos periodos de reposo, establecer si

un volcán es capaz o no de hacer erupción es una tarea complicada, especialmente para aquellos volcanes sin estudiar o pobremente estudiados. Debido a esto, los mapas de peligro volcánico deben ser elaborados por científicos experimentados, idealmente con un enfoque multidisciplinario y además deben ser entendibles por personas no-científicas. Es importante destacar que los mapas de peligros volcánicos deben ser dinámicos y estar sujetos a actualizaciones periódicas basadas en el conocimiento de la historia eruptiva del volcán, el estado presente del volcán y el desarrollo de herramientas de simulación de los diferentes peligros volcánicos

Los riesgos volcánicos son resultado de un fenómeno natural fuera del control humano y no pueden ser evitados. Sin embargo, a través de la elaboración correcta de los mapas de peligros, se puede planificar el uso y manejo de la tierra y así reducir el nivel de exposición de la infraestructura y la pérdida de vidas humanas, a través del establecimiento de normas adecuadas y su estricto cumplimiento (CENAPRED, 2006).

Poderosos y sofisticados softwares cuentan con extraordinarias herramientas para analizar los datos disponibles de las nuevas y avanzadas técnicas que actualmente están disponibles. Todas estas nuevas capacidades deben, paulatinamente, empezar a formar parte de la evaluación y el mapeo de los peligros volcánicos para calcular las áreas que podrían ser afectadas por cada tipo de peligro volcánico, así como calcular la vulnerabilidad y el riesgo de la población expuesta en el área probablemente afectada.

La preparación de un mapa de peligro de un volcán requiere años de trabajo de campo combinado con análisis de laboratorio de las muestras colectadas. Por esta razón, sólo pocos volcanes cuentan con mapas de peligro de alta calidad. La incertidumbre en la distribución de los productos, tamaño de los eventos y periodos de retorno de las erupciones combinado con cambios en la morfología de la superficie del terreno y múltiples estilos eruptivos, obstaculizan la construcción de mapas de peligro fiables usando los métodos tradicionales. Esto conduce a la aplicación de métodos estadísticos y probabilísticos para el modelado anticipado de eventos. Estos argumentos respaldan el uso de modelos de computadora en el análisis de los peligros y la construcción de mapas apropiados.

Los objetivos para la modelización aplicada a un mapa de peligros deben incluir: caracterización de la distribución espacial de los efectos, es decir, un mapa de límites o intensidades de los efectos anticipados (Wadge e Isaacs,

1988), la estimación de la incertidumbre de los resultados (Carta et al., 1981; Sheridan y Macías 1995; Marzocchi et al., 2004) y, medios eficaces de visualización y comunicación de los resultados de la simulación, por ejemplo, una representación en un SIG de los datos (Covello et al., 1988;. Marzocchi et al., 2007).

Para hacer una evaluación del peligro volcánico, es necesario determinar, de la mejor manera posible, la fecha, el lugar y la naturaleza de la actividad futura que cada volcán puede tener. Es necesario contestar a las preguntas básicas "dónde, "cuándo" y "cómo" ocurrirá la próxima erupción. Esto es, se deben definir los escenarios eruptivos futuros y se deben evaluar las probabilidades relativas. Este tipo de evaluaciones se basa en la premisa de que un volcán repetirá en un futuro las erupciones que ha hecho en el pasado, si la estructura del sistema volcánico no ha cambiado. La determinación de la historia eruptiva de un volcán y su estilo eruptivo se realiza usando datos de dos fuentes principales: investigaciones geológicas mediante trabajo de campo y el análisis de documentos históricos, restos arqueológicos y la comparación con volcanes similares (Martin Del Pozzo et al., 2016a).

La investigación geológica en campo y el análisis de documentos históricos, así como la revisión de códices y vestigios arqueológicos, proveen información del estilo, tamaño y periodo de recurrencia de erupciones pasadas, así como las áreas afectadas (Martin Del Pozzo et al., 2016). Esta información es fundamental para llevar a cabo un pronóstico a largo plazo de la posible actividad que el volcán podrá tener en el futuro.

7.5 Comunicación y percepción del riesgo volcánico. Sistemas de alerta a amenazas volcánicas

Ante un incremento en la actividad volcánica, debe contarse con una serie de mecanismos que permitan enfrentar la contingencia conforme evoluciona. Por ello, una vez que se han definido los peligros volcánicos y se ha zonificado el riesgo, es necesario estar preparados, debe desarrollarse una capacidad de respuesta ante la posibilidad de actividad volcánica. La preparación involucra una clara comprensión por parte de la población vulnerable y de las autoridades responsables de su protección, del fenómeno natural y de todas sus posibles manifestaciones destructivas, y la elaboración de medidas de reducción de la vulnerabilidad. La preparación considera también el desarrollo de planes operativos de respuesta ante la posibilidad de que esas manifestaciones se presenten.

La gestión del riesgo comprende dos fases principales (García-Acosta, 2005):

a) La fase de preparación:
   - Evaluación del peligro, reducción de la vulnerabilidad y postulación de escenarios probables a través de mapas de peligro.
   - Monitoreo volcánico.
   - Desarrollo de planes operativos para el caso de emergencia.

b) La fase operativa:
   - Procedimientos de información, comunicación y alerta.
   - Respuesta: aplicación de medidas de emergencia.

En lo que respecta a las medidas preventivas de reducción de la vulnerabilidad, éstas generalmente se derivan de la zonificación del riesgo y de los escenarios de riesgo. Así, por ejemplo, en una población por la que pasa un río, con ese tipo de información es posible reconocer aquellas construcciones que son más vulnerables y planificar medidas de protección a sus pobladores ante distintos escenarios, como lahares o desbordamientos. Otras, son las llamadas medidas estructurales de reducción de la vulnerabilidad, relacionadas con la construcción de obras de ingeniería diseñadas para proteger a la población y sus bienes, como por ejemplo, obras de contención, o de desviación del curso, en el caso del río (García-Acosta, 2005).

El monitoreo consiste en un sistema de vigilancia constituido por equipos de alta tecnología, tales como redes de instrumentos desplegados sobre el volcán para detectar su actividad sísmica, las deformaciones, los cambios en la composición de fumarolas, manantiales, y otras manifestaciones y para observarlo en forma directa por medio de equipos de video. Estos instrumentos transmiten sus datos a un centro de recepción y análisis, donde los científicos responsables de vigilar al volcán, elaboran diagnósticos del estado del volcán y pronostican su actividad. Estos pronósticos permiten el alertamiento temprano y la puesta en marcha de los planes operativos de respuesta, aun antes del inicio de la actividad eruptiva. Los planes operativos de respuesta representan una parte crucial en la gestión de una emergencia y deben elaborarse considerando todos los posibles escenarios de actividad que pueda desarrollar el volcán, la distribución de la vulnerabilidad de las poblaciones de acuerdo con esos escenarios, y la capacidad de poner en marcha los mecanismos de protección y movilización de la población, y de seguridad de sus bienes.

Los planes operativos deben definir las responsabilidades de cada autoridad involucrada y de la población misma, establecer los mecanismos de comunicación y alertamiento, y describir las acciones de respuesta.

• El semáforo de alerta volcánica para la comunicación del riesgo volcánico

En México se ha desarrollado un instrumento de comunicación y alertamiento genéricamente conocido como el Semáforo de Alerta Volcánica para el Popocatépetl. Este instrumento de comunicación permite definir el nivel de actividad del volcán, de acuerdo con el consenso de la comunidad científica en seis niveles correspondientes a otros tantos grupos de escenarios posibles, comunicarlo a las autoridades de Protección Civil para que realicen acciones recomendadas y a su vez lo comuniquen a la población para que defina su nivel de alertamiento en tres niveles, correspondientes a los colores del semáforo (De la Cruz-Reyna, 1995).

Si así lo requiere la condición de riesgo comunicada por medio del Semáforo de Alerta Volcánica, se deben adoptar las medidas correspondientes en los diferentes planes operativos. Una componente crítica de los planes operativos son los Manuales de Procedimientos, que son los documentos elaborados por los sistemas regionales y locales de protección civil, en los que se describen con detalle las acciones que cada funcionario responsable debe llevar a cabo para cada uno de los niveles de alertamiento definidos por el semáforo de alerta volcánica (De la Cruz-Reyna, 1995).

7.6 La construcción social del riesgo volcánico como base para la reducción del riesgo de desastre

Muchos de los desastres atribuidos a causas naturales son generados, en buena parte, por prácticas humanas relacionadas con la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y los procesos de urbanización, todos éstos vinculados en gran medida con el incremento de las desigualdades socioeconómicas. La creciente ocupación de tierras generalmente hace que éstas sean más propensas a la erosión, la degradación y la desertificación, especialmente cuando no existen políticas de acceso a la propiedad y a los recursos productivos para los pequeños productores campesinos. En general, el crecimiento suele implicar abusos del territorio por desconocimiento de las limitaciones del medio natural, de modo que se aumenta la vulnerabilidad ante los desastres (García-Acosta, 2005).

Es claro que el crecimiento trae consigo nuevos riesgos y estos se magnifican cuando se trata de crecimiento con exclusión y pobreza. El riesgo de desastres es proporcional a las condiciones socioeconómicas: la pobreza es cau-

sa y consecuencia de los desastres y es una de las principales razones por las cuales hay personas que se ven obligadas a vivir en zonas altamente propensas a las amenazas y con una infraestructura social y productiva frágil e insegura (García-Acosta, 2005).

La falta de capacidad de compra de tierras seguras explica por qué millones de familias se ubican en las laderas de los volcanes activos, buscando aprovechar el enriquecimiento de los suelos volcánicos fértiles pero en peligro siempre de perder la vida.

La prevención del riesgo volcánico es un requisito del desarrollo, e incluye dos facetas: prevenir los riesgos de desastre inherentes al crecimiento, y superar las condiciones de pobreza y exclusión las prácticas humana y socialmente destructivas que incrementan la vulnerabilidad ante las amenazas naturales (García-Acosta, 2005). La responsabilidad de un gobierno frente a los desastres no se mide tanto por su movilización y capacidad de respuesta cuando se presentan sino por el compromiso de prevenirlos.

Sin políticas públicas compartidas por toda la sociedad no es posible una prevención eficaz de desastres (García-Acosta, 2005). No basta que los ciudadanos y sus organizaciones intenten reducir los riesgos de desastre de manera particular y aislada, porque su esfuerzo resulta ineficaz. Los riesgos de desastre deben ser enfrentados por toda la sociedad de manera armónica y complementaria, incluyendo entidades públicas, sector privado, los ciudadanos y sus organizaciones.

Las políticas públicas para la prevención de desastres deben entenderse entonces como un pacto social, centrado en la cultura ciudadana preventiva y el desarrollo institucional. De esta manera, pueden ser la base de la concientización y el compromiso de los niveles decisorios públicos y privados y también de la conciencia y la movilización de las comunidades y personas. Sobre esta base, la visión preventiva de desastres deberá estar presente en: el conocimiento de los habitantes y comunidades sobre sus riesgos y la manera de prevenirlos y mitigarlos; todos los planes, programas y proyectos de desarrollo (García-Acosta, 2005).

7.7 Medidas de adaptación ante el riesgo volcánico

Prevenir un desastre es adelantar acciones para reducir la amenaza o la vulnerabilidad, mediante la intervención en uno o más de los factores que las constituyen. Los seres humanos no pueden impedir la presencia de las amenazas tectónicas; pueden reducir parcialmente las amenazas de carácter meteorológico, mediante el control de las actividades que inciden negativamente en el clima; y pueden tener gran injerencia en la reducción de las amenazas topográficas, con acciones locales en materia ambiental, tales como la reforestación, el control de los procesos de erosión y el correcto manejo de las corrientes de agua. Sin embargo, controlar una erupción volcánica es imposible, por lo que la reducción de la vulnerabilidad es la modalidad más eficaz de prevención de desastres de origen volcánico.

A diferencia del control de las amenazas, que solamente es posible en algunos casos, la reducción de la vulnerabilidad siempre es posible. El objetivo ideal es lograr que no haya desastres porque se ha minimizado la vulnerabilidad y, en especial, que no haya pérdida de vidas humanas. Por eso los mayores esfuerzos de prevención y especialmente de prevención en el ámbito local se realizan en el campo de la reducción de la vulnerabilidad. Las amenazas naturales no afectan a todos por igual. Sus consecuencias desastrosas son proporcionales a la vulnerabilidad de las comunidades y los territorios. Por eso, casi siempre las víctimas de los desastres viven en países en desarrollo, en condiciones de pobreza que les empujan a vivir en áreas y viviendas de alto riesgo, propensas a ser afectadas por terremotos, maremotos, inundaciones, deslaves o erupciones volcánicas (García-Acosta, 2005).

La evaluación del riesgo volcánico involucra factores adicionales que se derivan de la vulnerabilidad que las poblaciones, los bienes, los factores de producción y la infraestructura distribuidas en el entorno del volcán a que sufran ante cada una de las manifestaciones volcánicas potencialmente destructivas (De la Cruz-Reyna, 1995). Si se determinan esas vulnerabilidades, pueden estimarse los riesgos volcánicos como la probabilidad de afectación de determinados bienes ubicados en una región especificada, por efecto de alguna manifestación volcánica en un intervalo de tiempo dado. De la estimación de los peligros y los riesgos es posible diseñar las medidas de preparación y prevención que permitan reducirlos o evitarlos.

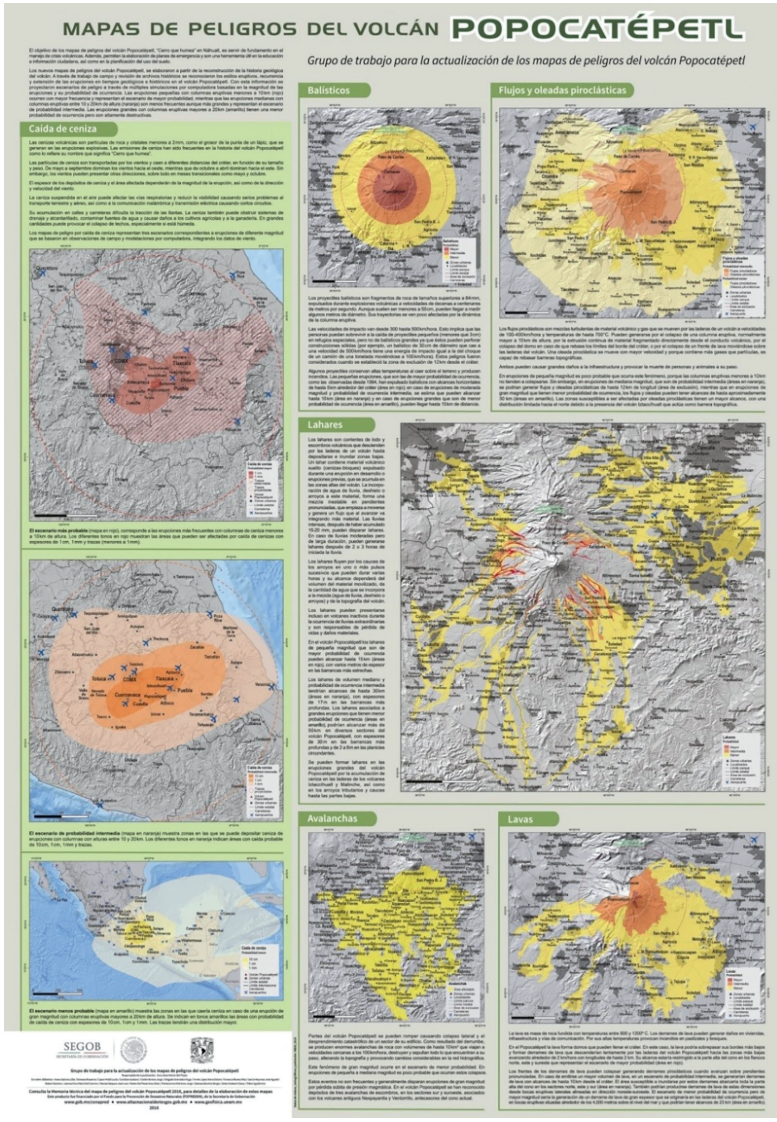
7.8 Gestión de los escenarios de riesgo volcánico

El peligro volcánico alrededor de un volcán puede representarse de varias formas. La más utilizada se basa en el principio de que un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Para precisar esto, es necesario un estudio geológico de los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas en el entorno del volcán (que es un indicador de lo que el volcán en estudio ha sido capaz en el pasado y por tanto tiene el potencial de repetir en algún momento), que incluya todas las regiones que han sido afectadas por la actividad pasada y la determinación de las fechas en que ocurrieron las erupciones, lo que determina su tasa media eruptiva, de la cual pueden calcularse las probabilidades de ocurrencia de nuevas erupciones. Este es un estudio complejo, pues involucra la identificación de las erupciones pasadas utilizando técnicas de investigación bibliográfica para los eventos históricos, y técnicas especiales de campo, como es el estudio detallado de la extensión y volumen de los depósitos de las erupciones pasadas, y de laboratorio como son por ejemplo los fechamientos radiométricos que permiten determinar cuando ocurrieron erupciones prehistóricas.

La información anterior, conjuntamente a los datos topográficos y morfológicos, con los que se pueden modelar y prever las trayectorias y alcances de nuevos productos volcánicos, se integra en un mapa de peligros volcánicos, que debe incluir también las bases y criterios para delimitar las zonas de riesgo: las fuentes de datos, las suposiciones e hipótesis hechas durante la elaboración y las condiciones en las que puede aplicarse el mapa y muy especialmente la probabilidad de ocurrencia de cada manifestación volcánica.

Los mapas de peligro deben distinguir entre los riesgos primarios, como los flujos piroclásticos o caída de balísticos, describiendo sus velocidades, alcances y efectos sobre el hombre y el medio, y los riesgos secundarios, incluyendo todos aquellos efectos que pueden presentarse durante o después de la erupción, como los flujos de lodo. Recientemente se publicó una versión actualizada del mapa de peligros del volcán Popocatépetl (Martin Del Pozzo et al., 2016b), este nuevo mapa constituye un ejemplo sobre la elaboración de mapas de peligro volcánico en el mundo. En este mapa se presentan tres distintos escenarios para diferentes tamaños de erupción y se detallan los alcances que cada uno de los distintos peligros volcánicos puede tener en cada escenario (Figura 7.3).

Figura 7.3. Mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl



Fuente: Martin Del Pozzo et al., 2016.

Utilizando técnicas informáticas modernas, además de los mapas convencionales de peligro volcánico, actualmente se desarrollan Atlas de Riesgos, que son sistemas de información geográfica basados en diferentes bases de datos

(topografía, geología, distribución de los peligros volcánicos, distribución de población, vulnerabilidad, etc.) que pueden superponerse de forma interactiva para visualizar en forma clara, precisa y dinámica los componentes del riesgo que se desean analizar sobre cada comunidad en el entorno cercano y distante del volcán. Estos sistemas operan de manera dinámica, lo que significa que bajo peticiones específicas, el sistema solicitará información sobre un lugar y momento específico. Sin embargo, mapas y atlas son herramientas importantes, pero no reducen por sí mismas la vulnerabilidad de la población ante los desastres, sino que constituyen el primer paso de la prevención. Para lograr una adecuada gestión integral del riesgo hace falta cubrir las necesidades básicas de la población como la alimentación y a la vivienda, y generar políticas públicas que sean incluyentes.

7.9 Disminución de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia ante el riesgo volcánico

La vulnerabilidad se define como el grado de pérdida o daño que puede sufrir un elemento de la estructura social (población, infraestructura, productividad) por efecto de alguna de las manifestaciones volcánicas. En contraste con el peligro volcánico, la vulnerabilidad es un parámetro que puede ser reducido, con la consecuente reducción del riesgo.

La naturaleza de las manifestaciones volcánicas (flujos piroclásticos, flujos de lodo o lahares, flujos de lava y avalanchas de escombros) hace muy difícil definir funciones de vulnerabilidad que permitan establecer la proporción de pérdida de algún elemento de la estructura social ante esos fenómenos. La experiencia de numerosas erupciones sugiere que la visión más realista es esperar una pérdida total de estructuras para habitación o usos laborales, obras de infraestructura, bosques y tierras laborables ante los peligros volcánicos. La vida humana así como la de animales también es amenazada en forma total por estas manifestaciones.

Los desastres derivados de las erupciones del volcán Monte Pelée, en Martinica, isla francesa en el Caribe, el 8 de mayo de 1902, en el que flujos piroclásticos destruyeron la ciudad capital de St. Pierre, causando cerca de 29,000 víctimas; y del volcán Nevado del Ruiz, en Colombia el 13 de noviembre de 1985. Pompeya, destruida por flujos piroclásticos del Vesubio en el año 79 D.C., o Francisco León, destruido por flujos piroclásticos del Chichón, Chiapas, en 1982 confirman la idea de vulnerabilidad total ante los peligros volcá-

nicos. Ante las manifestaciones volcánicas directas, pueden esperarse pérdidas casi totales de bienes, y la única forma de proteger la vida humana es por medio de evacuaciones preventivas. Sin embargo, es necesario adelantarse a estos hechos y reducir en la medida de lo posible la exposición de la población a los peligros volcánicos, a través del ordenamiento territorial.

La elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial debe ser responsabilidad de la administración municipal. La esencia del proceso de elaboración del Plan debe ser la concertación entre los distintos intereses económicos, sociales, culturales, étnicos y urbanísticos que coexisten en el territorio, mediante la participación de todos los ciudadanos y sus organizaciones. La concertación garantiza la construcción de acuerdos entre intereses, la creación de conciencia colectiva sobre los riesgos existentes y la manera de enfrentarlos y la vigilancia colectiva y permanente sobre las acciones de las organizaciones públicas y privadas y sobre el actuar de los mismos ciudadanos. La participación de la gente debe ser especialmente intensa en: la definición de los objetivos, la consulta sobre los riesgos de desastre existentes, la formulación de metas y la vigilancia de resultados.

7.10 Evolución de la gestión integral del riesgo volcánico en México: Logros y necesidades

México es un país que desde la creación de un Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) ha logrado considerables avances en la gestión integral del riesgo en general y del riesgo volcánico en particular. Los mecanismos de componentes de la gestión integral del riesgo volcánico, tales como el monitoreo, el sistema de alerta y el Atlas Nacional de Riesgos, pueden ser consultados en el sitio web del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED):

• El Sistema Nacional de Protección Civil es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con las autoridades de los estados, la CDMX y los municipios, a fin de efectuar acciones coordinadas destinadas a la protección contra los peligros que se presenten y a la recuperación de la población, en la eventualidad de un desastre.

• En una situación de emergencia, el auxilio a la población debe constituirse en una función prioritaria de la protección civil, por lo que las instancias de

coordinación deberán actuar en forma conjunta y ordenada. Con la finalidad de iniciar las actividades de auxilio en caso de emergencia, la primera autoridad que tome conocimiento de ésta, deberá proceder a la inmediata prestación de ayuda e informar tan pronto como sea posible a las instancias especializadas de protección civil. La primera instancia de actuación especializada corresponde a la autoridad municipal o delegacional que conozca de la situación de emergencia. En caso de que ésta supere su capacidad de respuesta, acudirá a la instancia estatal correspondiente. Si ésta resulta insuficiente, se procederá a informar a las instancias federales correspondientes, quienes actuarán de acuerdo con los programas establecidos al efecto.

• En 1982, cuando ocurrió la erupción del volcán Chichón y que mató a más de 2 mil personas, no existía el Sistema Nacional de Protección Civil, fue hasta 1986, después del sismo del 85 que se creó el SINAPROC. Debido a los daños causados por el sismo del 19 de septiembre de 1985, surgieron en México diversas iniciativas para crear un organismo especializado que estudiara los aspectos técnicos de la prevención de desastres; el gobierno federal decido establecer en México el SINAPROC dotándolo de una institución que proporcionara el apoyo técnico a las diferentes estructuras operativas que lo integran.

• Para su creación se contó con el apoyo económico y técnico del Gobierno de Japón, quien contribuyó en la construcción y el equipamiento de las instalaciones; de igual forma proporcionó capacitación a los especialistas nacionales, a fin de mejorar los conocimientos y la organización en lo relativo a los desastres sísmicos.

• Simultáneamente, la Universidad Nacional Autónoma de México aportó el terreno en que se construiría dicha institución, proporcionó al personal académico y técnico especializado, e impulsó decididamente los estudios relacionados con la reducción de desastres en el país. Como resultado de estas tres importantes iniciativas, el 19 de septiembre de 1988 se determina la creación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED); teniendo el carácter de un organismo administrativo desconcentrado y jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación, quien aporta la estructura organizacional y provee los recursos para su operación. El CENAPRED fue inaugurado el 11 de mayo de 1990.

Por otro lado, el 6 de junio de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se expide la Ley General de Protección Ci-

vil ("Ley"), que entró en vigor a partir del 7 de junio de 2012 y abroga la ley anterior, que fue publicada con el mismo nombre en el Diario Oficial de la Federación de 12 de mayo de 2000. La Ley tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los órdenes de gobierno federal, estatal y municipal en materia de protección civil, con la participación del sector privado y del sector social, en los términos de la Ley, para la consecución de sus objetivos. Fue hasta el 13 de mayo del 2014 cuando se publicó el Reglamento de la Ley General de Protección Civil (http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPC_091215.pdf).

La Ley General de protección Civil estipula que La Gestión Integral de Riesgos deberá contribuir al conocimiento integral del Riesgo para el desarrollo de las ideas y principios que perfilarán la toma de decisiones y, en general, las políticas públicas, estrategias y procedimientos encaminados a la reducción del mismo.

Es por esto que la protección civil en México debe ser un tema relevante en los estudios académicos y científicos que se desarrollen. Actualmente, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) dedica parte importante de su tiempo y recursos a la investigación enfocada en el acopio estratégico de información acerca de vulnerabilidades ante los fenómenos naturales y antrópicos, además del desarrollo de políticas públicas que permitan enfrentarlos dentro del enfoque de la gestión integral del riesgo. Aunado a esto, el CENAPRED ha formado la Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC), que es una entidad educativa destinada a ofrecer servicios de formación y capacitación dentro del ámbito de la protección civil.

La profesionalización en materia de Protección Civil está dando sus primeros pasos con la creación de la Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC) adscrita al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). La ENAPROC lanzó en el 2014 su primera convocatoria para el Técnico Básico en Gestión Integral de Riesgos con duración de seis bimestres. La finalidad del programa es fortalecer la cultura de la prevención, además de lograr que la población y el personal que se dedica a labores de la gestión integral de riesgos, así como aquellos que se asocien con ésta, cuenten con las competencias necesarias para que su labor sea útil y efectiva para proteger la vida y el patrimonio de los mexicanos.

7.11 Bibliografía

Blong, R.J. (1979), Volcanic Hazards. Sydney, Australia: Macquarie University Academiz Press.

Carta, S., Figari, R., Sartoris, G., Sassi, E., Scandone, R. (1981), "A statistical model of Vesuvius and its volcanological implication". Bull. Volcanol. 44, pp. 129-151.

Cas, R.A.F and Wright, J.V. (1987), Volcanic Successions, modern and ancient. Chapman and Hall.

CENAPRED (2006). "Capítulo II, Datos Geográficos y Estadísticos", Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica.

Covello VT, Sandman PM, Slovic P (1988), "Risk communication, risk statistics, and risk comparisons". In: Covello VT, McCallum DB, Pavlova MT (1989) Effective risk communication. Plenum Press, New York, pp. 297–357

De la Cruz-Reyna S. (1995), "Un Código de Alerta para el Manejo de Emergencias Antes y Durante Potenciales Erupciones del Volcán Popocatépetl", Volcán Popocatépetl, Estudios Realizados Durante la Crisis de 1994-1995. CENAPRED-UNAM, pp. 327-333.

Fisher, R.V. and Schmincke U. (1984). Pyroclastic rocks. Springer.

García-Acosta, V., 2005. "El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos". Desacatos, CIESAS, 19, 11-24

Martin Del Pozzo et al. (2017). Memoria técnica del Mapa de peligros del Volcán Popocatépetl.

Martin-Del Pozzo A.L, Rodriguez A., Portocarrero J. (2016ª). Reconstructing 800 years of historical eruptive activity at Popocatepetl Volcano, Mexico, Bulletin of Volcanology,78(18),18.

Martin Del Pozzo et al. (2017). Mapa de peligros del Volcán Popocatépetl.

Marzocchi, W., A. Neri, C. G. Newhall, and P. Papale (2007), Probabilistic volcanic hazard and risk assessment, Eos Trans. AGU,88, 318,doi:10.1029/2007EO320005.

Marzocchi, W., L. Sandri, P. Gasparini, C. Newhall, and E. Boschi (2004), "Quantifying probabilities of volcanic events: The example of volcanic hazard at Mount Vesuvius", J. Geophys. Res., 109, B11201, doi:10.1029/2004JB003155.

Sheridan, M.F., Macías, J.L. (1995), "Estimation of Risk Probability for Gravity-Driven Pyroclastic Flows at Volcan Colima, México", Journal of Volcanology and Geothermal Research, 66, pp. 251-256

Siebert, L., and T. Simkin (2002), Volcanoes of the world: An illustrated catalog of Holocene volcanoes and their eruptions, Digital Inf. Ser. GVP-3, Global Volcanism Program, Smithson. Inst., Washington, D. C.

Sigurdsson, H. (2015). The Encyclopedia of volcanoes, Academic Press, Elsevier Inc. Second edition.

Simkin, T., Siebert, L. (1994). Volcanoes of the World: A Regional Directory, Gazetteer, and Chronology of Volcanism During the Last 10,000 Years, Geoscience, Tucson, Ariz.

Tilling, (1989), "Volcanic hazards and their mitigation: progress and problems". Rev. Geophys., 27 (2), pp. 237–269.

Wadge, G., and Isaacs, M. C. (1988), "Mapping the hazards from the Soufriere Hills volcano, Montserrat using an image processor", Geological Society of London Journal, v. 145, pp. 541–551.

Capítulo 8. La relación entre el relieve y la gestión del riesgo

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

8.1 Introducción

Retomado y actualizado de la publicación "El relieve como factor para la génesis, desarrollo y gestión de riesgos" desarrollada por los propios autores, el trabajo expone la importancia que tiene el relieve como variable de origen, desarrollo y gestión del riesgo.

Presenta una síntesis de algunos desastres ocurridos en el mundo y en México, y se señala la vinculación que estos poseen con el relieve; en donde se discute acerca del sistema de correlación formado por la naturaleza y la sociedad. Finalmente, ofrece un esbozo idealizado referente la gestión del riesgo y los componentes principales del mismo.

La complejidad de formas y figuras que se observan en un caleidoscopio representan una metáfora para comprender a los riesgos y al conjunto de procesos que con éstos se amalgaman. El "laberinto de los riesgos" se yergue sobre perspectivas de análisis, discusiones y percepciones de índole académica, económica y política, destacándose entre otras la descripción de los procesos que originan desastres, el número de víctimas y de afectaciones a la infraestructura, los costos que se deben sufragar; la responsabilidad de los actores, las instituciones, los gobiernos, así como la ética y las costumbres entre otras.

Diversos puntos de vista y experiencias de catástrofes se ciñen a la comprensión y estudio de los riesgos, éstos abarcan tópicos que integran aspectos del origen de la conciencia humana; en donde el territorio y la cultura forjan concepciones e ideologías complementarias, radicales, yuxtapuestas y antípodas caracterizadas por el contexto geográfico, temporal y sociocultural del

hombre. Aún y con las vivencias experimentadas y el bagaje científico se observa continuamente la ocurrencia de eventos extraordinarios caracterizados por la liberación súbita de materia y energía, y las correspondientes consecuencias asociadas a pérdidas humanas y daños al patrimonio y obras de infraestructura creadas para la funcionalidad de los pueblos y las ciudades.

En este contexto, al analizar las decisiones que asumen los gobiernos en muchas partes del mundo y de forma particular en México, se observa que las acciones y propuestas relacionados con los riesgos se centran en la atención de emergencias y en ocasiones, en la construcción de obras placebo y paliativas de carácter estructural que en el mayor número de los casos se encuentran condenadas al fracaso por no concentrar las visiones holística y temporal propias del espacio geográfico.

En consecuencia, esto representa un elevado costo social e inversiones económicas dirigidas a intentar resolver secuelas derivadas de la ocurrencia de un grupo de procesos, y no al de prevención y acción sustentada en el conocimiento básico del territorio y de las propiedades que este posee. Así, la observación sistémica, análisis territorial, la planeación y el ordenamiento entre otras políticas y acciones pertinentes se desvanecen en un tejido de confusión y apreciación subjetiva de la geografía local y regional que han heredado al hombre una vasta experiencia de eventos catastróficos, los cuales, lejos de servir como listados, representan la oportunidad autopoiética de la sociedad y los gobiernos.

En este legado se reconoce que los eventos que encuentran un origen natural y que han cobrado el mayor número de víctimas humanas se relacionan con la actividad endógena del planeta, la cual se encuentra relacionada con el desplazamiento de continentes, la liberación de tensión entre placas tectónicas y las actividades propias emanadas por la dinámica volcánica caracterizada por la generación de tremores, enjambres sísmicos, flujos lávicos, nubes piroclásticas y en ocasiones, con la gestación de tsunamis (ver Tabla 8.1).

En segundo término, los procesos hidrometeorológicos (relacionados con el binomio atmósfera y océano) provocan a través de depresiones tropicales, tormentas ciclónicas, tornados e inundaciones daños importantes e impactos a la vida en diferente magnitud.

La historia de los desastres en el mundo y en México es larga y compleja. Clasificados por el geosistema de origen, entre los principales eventos de carácter catastrófico se encuentran:

Tabla 8.1 Datos estimados de víctimas mortales heredadas por los principales geosistemas perturbadores de la Tierra. Fuente: Elaboración propia con base en Ayala & Olcina (2002), Brandford y Carmichael. (2007) y Banco Interamericano de Desarrollo (2007).

Víctimas mortales de los principales eventos registrados en la historia			
Sismos y tsunamis	Erupciones Volcánicas	Ciclones, tornados y ventiscas	Inundaciones
11,985,952	226,586	87,516	504,564

1. Eventos generados por sismos (En el caso de poseer asterisco, el evento implica también la generación de tsunamis).

Antioquia, Turquía (526); Port Royal Jamaica* (1692); Lisboa* (1775), Nuevo Madrid (1811); San Francisco (1906); Messina, Italia (1908); Kwanto Yokohama, Japón (1923); Anchorage, Alaska (1932); Ancash, Perú (1970); China (1976); Ciudad de México y costas de Michoacán* (1986); Leninkan, Armenia (1988); Loma Prieta, San Francisco y Oakland California (1989); San Fernando y Santa Mónica, California (1994); Kobe, Japón (1995); Izmit, Turquía (1999); Bam, Irán (2003); Kashimira, India (2005); Haití (2010); Chile (2010); Fukushima, Japón (2010); Guatemala (2012); Amatrice, Italia (2016) Jiuzhaigou China (2017), República Dominicana (2018); Chile (2018); Hokkaido, Japón (2018); Nueva Zelanda (2018); Ecuador (2018); Indonesia (2018); Venezuela-Trinidad y Tobago (2018); Javanroud, Irán (Islam Rep., 2018) .

2. Eventos generados por Tsunamis: Islas Aleutianas (1946); Océano Índico, Tailandia, Indonesia, Malasia, Myanmar, Bangladesh, Sri Lanka, India, Maldivas, Seycheles, Somalia y Kenia (2004).

3. Eventos generados por erupciones volcánicas:

Thera, Santorini (1470 a.C.); Vesubio, Italia (79 d.C); Etna, Sicilia (1669); Laki, Islandia (1783); Tambora, Indonesia (1815); Krakatoa, Indonesia (1883); Pelee, Martinica (1902); Santa Elena, Estados Unidos (1980); Nevado de Ruiz, Colombia (1986); Erupción límnica, Lago Nyos Camerún (1988); Pinatubo Luzon, Filipinas (1991); Islas Monserrat, Mar Caribe (1997).

4. Eventos generados por inundaciones:

Johnstown, Pennsylvania (1889); Saugurs, California (1928); Inundación de Watersnood, Holanda, Bélgica y Gran Bretaña (1953); Ciclón Bhola, Bangladesh (1970; más de 500,000 víctimas mortales); Río Mississippi, Estados Unidos (1993), Río Brahmaputra, India (2017); Sri Lanka (2017); Brasil-Chile-Colombia-Perú (2017).

5. Eventos generados por Ciclones, tornados y ventiscas:

Gran huracán blanco del NE de Estados Unidos (1888); Gran ciclón tornado de San Luis Missouri (1896); Huracán Galveston, Texas (1900); El gran triple tornado de Missouri, Illinois e Indiana (1925); Huracán Miami (1926); Huracán San Felipe en Puerta de Tierra, Florida (1928); Tormenta de polvo (The dust bowl), Estados Unidos (1932); Huracán de Nueva Inglaterra (1938); Huracán Audrey, Luisana y Texas (1957); Tornado Palm Sunday, Estados Unidos (1965); The Jumbo Outbreak, Costa oriental de Estados Unidos y Canadá (1974); ENSO (1982); Huracán Gilberto, México y Estados Unidos (1988); Huracán Andrew (1992); Tornado Jarrell, Estados Unidos (1997); Huracán Paulina, México (1997); Huracán Mitch, Centroamérica (1998); Huracán Sandy (2012); Tifón Hayan, Filipinas (2013); Harvey, Estados Unidos (2017); Irma, Islas Vírgenes (2017); María, República Dominicana y Puerto Rico (2017); Florence, Estados Unidos (2018); Mangkhut, Filipinas (2018); Soulik, Corea (2018); Taiwán (2018).

6. Eventos generados por deslizamientos: The Vaiont Dam, Estados Unidos; Gales, Reino Unido (1966); Huracán Katrina, SE de Estados Unidos (2005); Southern Leyte, Filipinas (2006); Mocoa, Colombia (2017); Perú (2017); Bangladesh (2017); Congo (2017); Etiopía (2017); Sierra Leona (2017); Calabria, Italia (2018); Kunar, Afganistán (2018).

Para el caso de México, los desastres se han presentado de forma continua, entre algunos de los más connotados se encuentran según el tipo de geosistema:

1. Sismos: Oaxaca (1787); Acambay (1912); Ciudad de México, (1957, 1985); Puebla y Oaxaca (1999); Mexicali (2010); Ometepec Guerrero (2012).
2. Tsunamis: Oaxaca (1787); Lázaro Cárdenas (1985); Costa de Jalisco (varios años); Jalisco y Colima (1995).

3. Erupciones volcánicas: Paricutín (1943); Chichonal (1982);
4. Inundaciones: Villahermosa tabasco (2007); Tlacotalpan Veracruz (2010)
5. Deslizamientos y caída de rocas: Sierra Norte de Puebla (1999); Puerto Vallarta (2008); Ciudad de México (2016).
6. Socio-organizativos: Explosión de planta de gas San Juan Ixhuatepec, México (1984); Explosión del Sector Reforma, Guadalajara (1992): Incendios de Torre de Pemex (1982 y 2013); Caída de columnas de tren interurbano Toluca-México (2016).

Y a pesar del conjunto de esfuerzos y trabajos realizados en todo el planeta, las cifras de pérdidas humanas continúan como lo ha publicado para el año2017 Em-Dat; institución que reporta 335 eventos catastróficos para dicho año con coste inicial de 95.6 millones de víctimas humanas y pérdidas económicas tasadas en 335 billones de dólares.

De acuerdo con lo anterior, y asociado con la ocurrencia de estos eventos y otros más que engrosan las listados expuestos, en términos generales se observa que –en el mayor número de los casos- los tópicos relacionados con el riesgo se centran en la aplicación de recursos financieros como la primera y la última manera de contrarrestar los efectos de los mismos; sin embargo, la cultura de prevención y conocimiento básico de desarrollo de los geosistemas perturbadores que originan desastres sigue siendo ignorada.

Si se analizan los listados de eventos ocurridos en el orbe mundial y en nuestro país, logran advertirse dos ejes comunes entre todos ellos; el primero se encuentra en la falta de conocimiento del entorno geográfico y más grave aún, en la displicencia de los gobernantes y ocupantes del territorio. El modelo establecido por Smith y Petley (2007) explica de cierta forma la hipótesis propuesta debido a que exhibe la lógica relacionada entre la exposición física y la vulnerabilidad humana que resulta de la correlación generada entre las condiciones de riesgo y de seguridad.

El segundo eje referido se encuentra en que todos los eventos enunciados han impactado a la superficie terrestre y ha sido el relieve una de las variables de origen-emisión, de transporte y de recepción de materia y energía en el territorio que ha permitido el desarrollo de sistemas encadenados e influenciando en la expresión espacial de los mismos.

Para quienes toman decisiones, sería provechoso contar con el conocimiento fundamental del espacio geográfico y las propiedades cualitativas y cuantitativas del relieve.

Figura 8.1 Matriz que expone las relaciones teóricas entre la exposición física a un desastre y la vulnerabilidad humana ante éste mostrada como nivel de inseguridad. Fuente: Modificado de Smith y Petley, 2007.



Para el primer grupo el conocimiento del relieve ayudaría a la toma consciente de decisiones de uso, compra-venta, transporte y tránsito en el territorio; y en el caso de los segundos ello los llevaría a posicionarse como conocedores del espacio que gobiernan, actuarían de manera oportuna y en consecuencia obtendrían la aprobación de quienes los han elegido para encaminar el rumbo del entorno social, económico y político; y en el mediano plazo, la confianza social otorgaría la continuidad a un proyecto de bienestar social efectivo (Figura 8.1).

8.2 Objetivos y metodología

Por las razones emitidas y con el propósito de generar una cultura de investigación que permita la comprensión cabal de los procesos relacionados con desastres de orden natural, el objetivo central de esta investigación se centra en exponer al relieve como factor geográfico como variable que se relaciona, afecta la génesis y el desarrollo de procesos geosistémicos que provocan riesgos; y que el estudio de éste, proporciona bases para la comprensión y gestión del mismo. Para cumplir con el propósito de la investigación se ha realizado el acopio de información bibliográfica concerniente a la tipología de los riesgos y los procesos que se vinculan con la descripción y registro de eventos específicos; experiencias y metodologías desarrolladas en diversos países; cooperación e

investigación proporcionada por instituciones como el Banco Mundial y la CEPAL; así como tópicos teóricos y de gestión entre otros; encontrándose bibliografía con diversos contenidos conceptuales y metodológicos que se complementan y contraponen al mismo tiempo. Entre el grupo de trabajos abordados que conforman el cuerpo teórico y de referencia de este estudio se encuentran los de Tricart (1987), Dréze y Sen (1989), Van Gigh (1991), World Bank (1992), Wilches (1993), Kovach (1995), García (1995), Ayala (2000), Banco Interamericano de Desarrollo (2000, 2003, 2010), Barrenechea y col. (2000), Florini y Simmons (2000), Geis (2000), Baró y col. (2012), Cannon y col. (2003), Government of India (2003), Pelling (2003), Velázquez y González (2003), Williams (2003), O'Brien y col. (2004), Chaparro y Matías (2005), García (2005), Hardy y Sierra (2005), García (2006 y 2011), Keller y Blodget (2007), Campus y col. (2007), BID (2007), Kuhlicke (2007), Sakdapolrak (2007), Ayala y Olcina (2008), Cannon (2008), IFCR (2010), Ayala y Olcina (2012), Baró y col. (2012); Themudo (2013), Toscana (2014); Enjolras (2015), Hernández y Vargas (2015), Hunt y col. (2015); Sasmans y col. (2015); Stone (2015), Inglehart (2016), el IMF (2016), y los del Word Economic Forum (WEF) publicados en los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 entre otros.

8.3 Desarrollo

El relieve representa la expresión del conjunto de procesos que originan, modelan y destruyen la superficie terrestre; entre éstos se encuentran los de carácter endógeno que se vinculan con las fuerzas tectónicas capaces de transportar continentes, plegar, fracturas y desplazar estratos de rocas, así como formar volcanes; mientras que los de carácter exógeno que se encargan de modelar la superficie a través de la erosión, el transporte y la deposición de materiales a través de los agentes del intemperismo y la presión de ambientes fluviales, glaciares, y kársticos.

La inclusión del relieve como variable para comprender el origen, mecánica y distribución espacial de los procesos que conforman al riesgo resulta imprescindible puesto que es sobre éste en el cual los geosistemas perturbadores se gestan y evolucionan, y en donde el ser humano habita, ejecuta las actividades cotidianas y contribuye a acelerar los procesos de degradación natural de los geosistemas.

El relieve es el objeto formal de estudio de la Geomorfología; y desde la mitad del siglo XX esta ciencia se considera como un baluarte en el estudio y análisis del territorio a través del estudio del origen, forma, dinámica, evolución y distribución de las formas de la superficie terrestre. Los fundamentos y

alcances de esta ciencia no se han limitado al estudio morfológico (cualitativo) y morfográfico (cuantitativo) de las diferentes geoformas; sino que se ha constituido como la "piedra angular" para el estudio de problemas específicos relacionados con la evaluación del medio ambiente, el estudio del impacto natural, de los riesgos, los paisajes y el ordenamiento territorial entre otros (Espinosa y Arroyo, 2012).

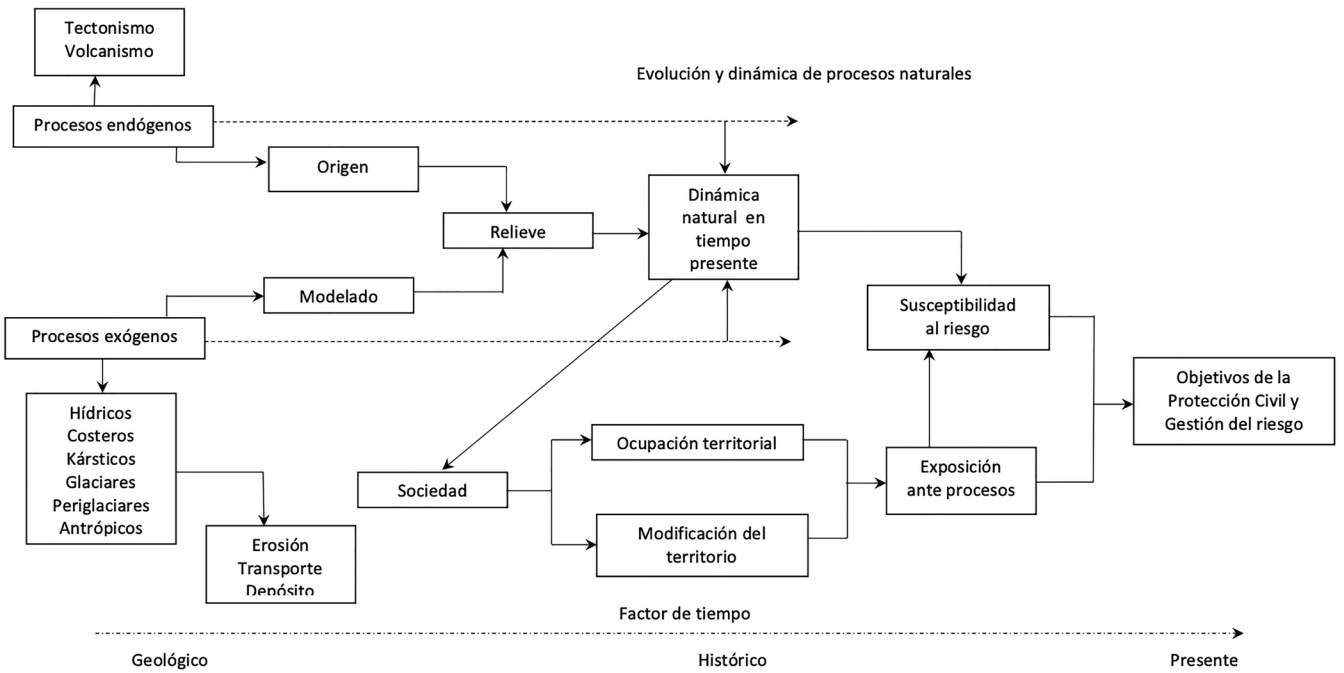
El origen, crecimiento y evolución de esta ciencia –como ocurre con muchas otras- ha dependido en gran medida de dos factores: el primero de ellos corresponde a la filosofía del pensamiento con la cual es posible generar planteamientos desde diferentes perspectivas y con ello, solventar problemas de investigación a través de la generación de métodos específicos que a su vez resuelven dificultades, plantean y resuelven nuevas hipótesis; y en segundo término: el objeto-necesidad que establece las prioridades y jerarquías que el hombre debe resolver de acuerdo con el tiempo histórico en el cual se desarrolla.

El resultado del binomio <<filosofía-objeto y necesidad>> ha permitido la aplicación de métodos que han heredado a nuestra sociedad el pensamiento, procedimientos, técnicas y cartografía de orden geomorfológico; los cuales y de acuerdo con perspectivas de investigación, autores clásicos como Thounboury (1969), Tricart (1987) y Verstappen (1996), exponen la importancia de esta disciplina en temas relacionados con la prospección geológica, la elección de emplazamientos urbanos e industriales, la aplicación estratégica de orden militar o en la exploración petrolífera, así como en la realización de estudios ambientales, de impacto humano en el medio ambiente y los riesgos.

Con los referentes bibliográficos y las experiencias de docencia-investigación se reconoce y confirma la importancia de la aplicación geomorfológica en estudios de laderas y deslizamientos; en la transferencia y dinámica de sedimentos, en el origen y desarrollo de geosistemas perturbadores y de enlace; en el balance de procesos de orden morfoedáfico, en el análisis arqueológico, en el ordenamiento del territorio, en la manifestación de impacto ambiental; en la planeación de procesos electorales y solución de controversias entre otros ejemplos; asimismo la importancia creciente de la Geomorfología se manifiesta en la elaboración de planes de desarrollo, en el trazado de las vías de comunicación, en el acondicionamiento de depósitos de agua, en la resolución del problema de la erosión del suelo y, en la prospección, explotación y cuidado de las riquezas naturales.

En la Figura 8.2 se exhibe la relación sistémica desarrollada por los procesos naturales de origen y modelación del relieve con la ocupación del territorio a través del tiempo; toda vez que en la Tabla 8.2 se muestra un concentrado

Figura 8.2 Sistema correlacionado formado por la naturaleza y la sociedad en un vínculo de evolución y dinámica (Fuente: elaboración propia).



Fuente: Elaboración propia

de información de los elementos que estudia la Geomorfología; el concepto general de cada uno de ellos, y finalmente un ejemplo territorial en dónde se presentó un evento destacado.

Tabla 8.2 Elementos de la geomorfología observados desde la perspectiva del riesgo

Elementos	Características	Empleo de la información	Ejemplos
Génesis	Considera dos variables que son el espacio y el tiempo; es decir, determina los procesos que dieron origen al relieve	Relación de estructuras que dominan o condicionan cierto tipo de procesos. Los procesos geológicos y las estructuras heredadas se relacionan con la forma del relieve, el material de modelado y los procesos que en éste se desarrollan	Lago de Chalco. Lago perteneciente a una cuenca de inundación desecada que por origen, presenta procesos de acumulación de agua y hundimientos en el terreno
Edad	Establece el tiempo geológico de las geoformas	Permite conocer la facilidad del relieve para ser modelado por diferentes agentes como la precipitación y los efectos que ésta provoca como escurrimientos superficiales o deslizamientos. En general se observa que a mayor edad, mayor susceptibilidad al desarrollo de procesos y viceversa	Pijijiapan. Las localidades emplazadas en la Sierra de Chiapas y la Sierra madre del Sur se encuentran sobre basamentos del Paleozoico, motivo el cual la presencia de lluvia torrencial se manifiesta en aislamiento, inundaciones torrenciales y corrientes de lodo (fanglomerados)
Morfología	Identifica las características del relieve, así como algunos datos estructurales y clasifica de manera cuantitativa y cualitativa	La geometría de las geoformas indica tres aspectos particulares: si es convexa, acumulación; si en cóncava, erosión; y si es recta, condiciones de equilibrio	Nevado de Toluca. La geometría del volcán muestra la pérdida de la parte superior del edificio en un evento explosivo
Evolución	Son los cambios que sufren las geoformas en la escala de tiempo geológico y debido a las presiones de procesos endógenos, exógenos y mixtos	Identifica que existen cambios a lo largo del tiempo y que éstos seguirán ocurriendo aún y a pesar de presencia del hombre. Genera una visión de los proceso de construcción, destrucción y estabilidad del relieve y los procesos que lo generan y modifican	Volcán Popocatépetl. Como muchos otros volcanes representa ciclos de erupciones violentas que destruyen el cono y los flancos laterales, los cuales se reconstruyen y vuelven a ser destruidos
Dinámica	Son los cambios que sufren las geoformas en el tiempo presente considerando la variable antrópica, el clima y la estructura geológica predominante	Sr relaciona con la calificación cualitativa y cuantitativa de levantamientos, hundimientos, movimientos horizontales, ciclos eruptivos, procesos de erosión, transporte y sedimentación de sedimentos (fragmentos rocosos) en el tiempo presente	Acambay. La falla de Acambay presenta movimientos de origen tectónico con desplazamientos generales al NNE y latentes condiciones de sismicidad

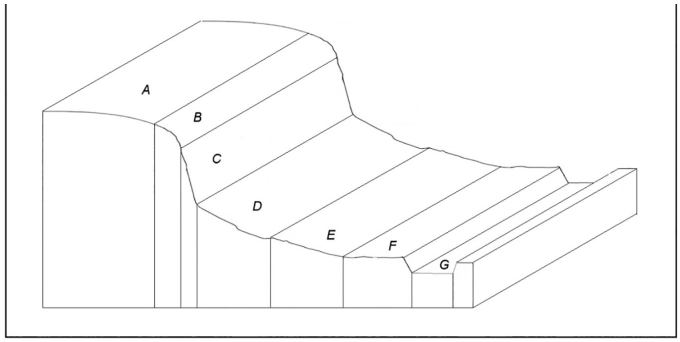
Elementos	Características	Empleo de la información	Ejemplos
Distribución	Explica las razones de la distribución espacial y el porqué de la misma, para lo cual se pueden realizar análisis regionales	Correlaciona las formas del relieve con otras variables presentes en el espacio geográfico que se asocian con el desarrollo de procesos. Responde a que tipo variables se involucran para que un proceso catastrófico logre desarrollarse	San Mateo Atenco. Se encuentra construido sobre la llanura de inundación y la inundación máxima del río Lerma, motivo por el cual durante los periodos estacionales de precipitación el tirante de agua cubre diversos sectores urbanos e industriales

Fuente: Elaboración propia

Con diferentes perspectivas, autores como Gellert (1971); Tricart y Demek (1972) Piotrovski y col. (1972); Tricart (1979), confirman que el relieve se asocia con el impulso, la eficiencia, la transformación y la distribución espacial de la materia y energía que se circunscriben a procesos desarrollados en el espacio geográfico y en la relación con los geosistemas perturbadores de enlace.

La Figura 8.3 exhibe un esquema que explica la tesis anterior en el cual se advierten secciones con manifestaciones geométricas del relieve observado a través de la pendiente general del terreno y la correlación con diferentes procesos asociados al desarrollo de vertientes. Las letras en la base del esquema representan los sectores del perfil y el conjunto de procesos relacionados con la geometría del mismo, destacándose los de origen fluvial, remoción en masa, inundación y subsidencia.

Figura 8.3



Perfil idealizado de la superficie terrestre y procesos geomorfológicos que se generan sobre éste de forma natural en donde: A. pendiente de percolación (lavado interno); B. Pendiente convexa de creep y desarrollo fluvial erosivo; C. Ladera de caída, avalanchas y desarrollo fluvial erosivo; D. Talud de transporte y deslizamientos, procesos fluviales erosivo-acumulativos; E. talud de coluvionamiento, debris, flujos de rocas y suelo, procesos fluviales acumulativo-erosivos, inundaciones someras; F. Fondo aluvial, hundimientos, fracturamientos y procesos fluviales acumulativos, inundaciones ocasionales y estacionales; G. Fondo de canal, procesos de hundimiento, fracturamiento, fluviales acumulativos e inundaciones. Fuente: Modificado de De Pedraza (1997).

En la matriz (Tabla 8.3) se muestra con un listado de procesos asociados al riesgo más comunes que han afectado la faz de la Tierra desde que ésta se ha formado y la tipología de las variables que se entrelazan para configurar un escenario de riesgo, en donde, la columna de relieve ha sido señalada con un fondo de color gris.

Tabla 8.3 Relación entre variables que se asocian con el desarrollo y evolución de los geosistemas perturbadores en donde: PQ: procesos químicos; VG: variables geográficas; R: relieve; FG: fuerzas geológicas; G: fuerza de gravedad; H: hielo; V: vegetación; PP: precipitación; N: nieve; TAB: temperaturas bajas o altas; C: clima; V: viento; T. topografía (Fuente: modificado de Espinosa y Hernández, 2014).

Matriz general de variables asociadas con el origen de procesos del riesgo													
	PQ	VG	R	FG	G	H	V	PP	N	TAB	C	V	T
Meteoritos y cometas	x	x		x			x			x	x		
Erupciones volcánica	x	x	x		x							x	x
Sismos		x	x	x	x								
Tsunamis		x	x	x	x								
Avalanchas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Corrientes de lodo		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Caída de rocas		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Deslizamientos		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
El niño		x	x					x			x	x	x
Heladas		x	x	x		x			x	x			
Huracanes		x	x		x			x			x	x	
Icebergs y glaciares		x		x	x	x			x	x	x		
Inundaciones		x	x				x	x		x	x		x
	PQ	VG	R	FG	G	H	V	PP	N	TAB	C	V	T
Niebla		x	x							x	x		
Ondas de calor	x		x							x	x	x	
Rayos	x		x					x			x	x	
Sequías			x				x			x	x	x	
Smog		x								x	x		

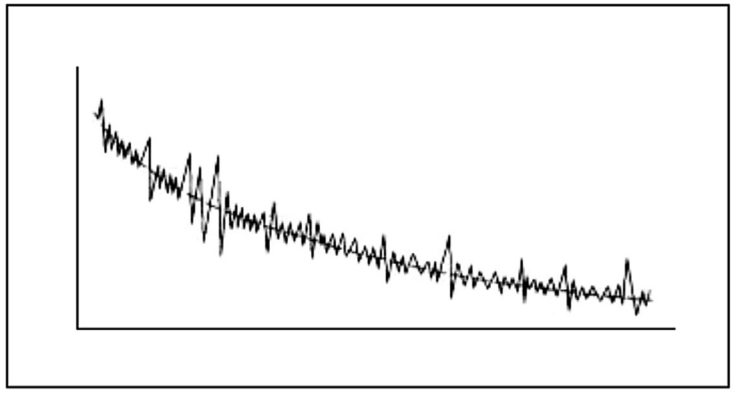
Matriz general de variables asociadas con el origen de procesos del riesgo													
Tormentas de hielo		x	x	x		x			x	x			
Tormentas de polvo		x	x				x	x			x	x	
Tormentas de arena		x	x				x				x	x	
Tornados		x	x							x			
Ventiscas		x	x							x			
Epidemias										x	x		
Explosiones	x												
Hambrunas		x						x		x	x		
Incendios	x	x	x							x	x	x	x

En este orden de ideas y para cerrar la primera parte del documento, se establece que la dinámica geomorfológico-sistémica posee características particulares que se observan en el estudio general del relieve y en la aplicación de dichos conocimientos en el campo de los riesgos. Así se destacan las premisas siguientes:

- Las formas del relieve representan límites precisos en donde se emite, transfiere y deposita la materia (agua y sedimentos). Por ejemplo el parteaguas, las laderas, piedemonte y planicies desarrollan funciones relativamente comunes.
- Los bordes de dichas geoformas permiten la entrada y/o salida de materia y energía proveniente de otros territorios.
- Existe un proceso de balance entre la materia y energía que entra y sale en una geoforma como se observa en cauces con diferentes longitudes.
- Las características morfométricas del relieve determinan la cantidad de energía que actúa en el sistema; como la correlación entre la pendiente y la longitud de un cauce. Esta última variable implica la forma energética de transmisión de energía y transferencia de materia (forma de transporte de sedimentos).
- Con referencia al depósito parcial o total de la materia transportada como puede ser el caso de sedimentos, agua, lodo o nieve; la morfología y pendiente general del terreno determinan la forma de distribución de los mismos como lo indica Palacio (1995), señalando formas concéntricas, lineales y difusas entre otras.

- El aumento y/o disminución de las tasas de entrada y/o salida de materia y energía en los sistemas interfiere en la cantidad de materia concentrada dentro de dicho sistema y en las características energéticas desarrolladas para la búsqueda del equilibrio; por ejemplo, ello se observa en cauces de diferente longitud que experimentan precipitación extraordinaria; o en sistemas costeros que presentan corrientes de retorno (rip).
- En general, todos los sistemas tienden a la búsqueda de la homeostasis, la cual se entiende que no es perfecta en cuanto al balance de la materia, sustancias y energía. La confirmación de esta premisa se advierte en los perfiles ideales de una playa y en el ángulo de reposo de los materiales relacionados con procesos gravitacionales.
- Los sistemas geomorfológicos son de carácter abierto, y esta condición les hace transitar en proceso continuo de degradación conocido como entropía, la cual puede poseer tendencias positivas, negativas y saltos de acuerdo con los umbrales de cada territorio. Chorley (1991) había identificado este tipo de patrones que finalmente representan a la evolución y dinámica del relieve como se observa en sitios transformados por erupciones volcánicas (Figura 8.4).
- La retroalimentación es inherente a los sistemas, positiva o negativa forma los bucles o espirales que marcan la tendencia de desarrollo de un sitio. El estudio de sistemas resulta incompleto sin este apartado; el cual resulta valioso cuando se pretende correlacionar la dinámica del relieve con procesos de gestión de riesgo.

Figura 8.4 Gráfica de entropía de un sistema geomorfológico dinámico. Fuente: Modificado de Chorley (1991).



En este orden de ideas y de acuerdo con lo anterior, se destaca en el ámbito territorial:

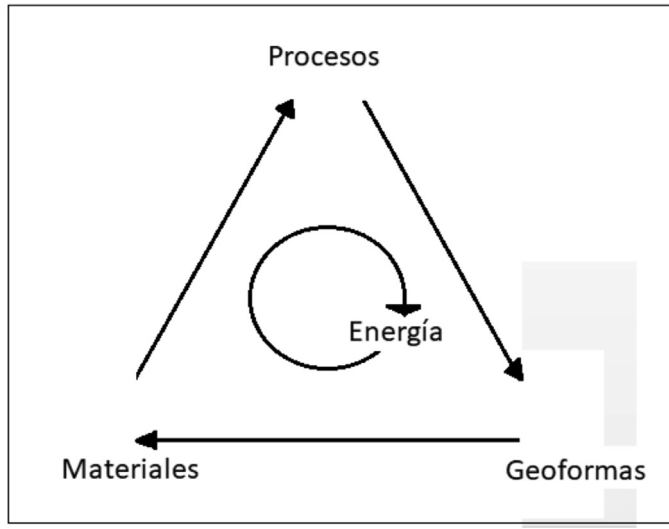
- Que los sistemas geomorfológicos presentan una sucesión de geoformas y de estadios de desarrollo.
- De manera distintiva los sistemas geomorfológicos desarrollan negentropía y autopoiesis cuando la transformación de los mismos es impactada por acciones antrópicas o por cambios súbitos en el cambio de tasas de erosión, depósito o en los patrones tectónicos o volcánicos.
- Existe una fuerte correlación entre procesos de origen tectónico y de tipo fluvial; dicha relación determinan escalas, tiempo, intensidad y dinámica de procesos.
- El material litológico - geológico así como las estructuras disyuntivas y plicativas determinan el desarrollo de procesos y geoformas; ejemplo de ello son los procesos torrenciales desarrollados en la ciudad de Monterrey en Nuevo León.
- La actividad volcánica y los materiales derivados de la misma, generalmente sepultan estructuras primarias que pueden estar activas como ocurre en la ciudad de Celaya en Guanajuato.
- El desarrollo de procesos geomorfológicos dependen en gran medida de la interacción dinámica con los sistemas de la atmósfera y de hidrosfera; los cuales a su vez posee ritmos y dinámicas propias que al interactuar favorecen la mecánica asociada de los geosistemas perturbadores, la cual no necesariamente se ajusta a periodos de tiempo referente a la escala de vida humana. Esto se ejemplifica con periodos de retorno en sistemas fluviales que pueden ocurrir en periodos cíclicos de 90 años o más como ocurre en Angangueo Michoacán.

La siguiente figura representa un esquema idealizado entre los principales componentes dinámicos de los sistemas geomorfológicos explicados por Tricart (1982) en donde se destaca el proceso cíclico e interacción de los materiales propensos al modelado, los procesos y las geoformas resultantes.

8.4 Riesgo: conceptos básicos

Conforme con las ideas de Espinosa y Hernández (2015) "…el estudio de los riesgos ha encontrado puntos de vista variados y complejos, aunque muchas investigaciones han partido desde la propuesta de la UNDRO y se han enfocado en describir y caracterizar al grupo de variables que conforman a dicha propuesta. Todos estos trabajos han formado parte de un constructo que permite en el tiempo presente proponer y consolidar un andamiaje de carácter

Figura 8.5 Modelo de Tricart que explica el origen-desarrollo de los procesos geomorfológicos y de la herencia que éstos dejan impresas en el relieve. Fuente: Modificado de Tricart, 1982.



holístico y sistémico que parte desde la noción metafísica de la filosofía para el estudio de éste" (Figura 8.5).

Estos autores consideran que el riesgo desde la propuesta conceptual y aplicada debe ser considerado como un proceso integral que compone variables territoriales, sociales, económicas, políticas y éticas entre otras. Es por ello que la construcción teórica del concepto se ciñe a la integración de componentes sistémicos que abarcan cinco funciones específicas que son representadas a través de la Ecuación general del riesgo:

EGR = fGP + fCH + fT + fS + fGA;
en donde:

1. fGP (Función del geosistema perturbador):

"El origen, evolución, dinámica y distribución espacial de los procesos generadores del riesgo en cualquiera de los ámbitos de desempeño que le confieren; y de la relación que se establece con otros procesos que se asocian y encadenan con el primero; circunstancia que provoca cambios en las condiciones "estables" de un lugar. Cabe destacar que un sesgo común en el estudio del riesgo

se encuentra al estudiar a la peligrosidad o el geosistema perturbador como un ente independiente; cuando éste se comporta en un escenario territorial como potencial activador de otro conjunto de variables que provocan el desarrollo de un nuevo cumulo de procesos que de manera particular resultan en ocasiones provocar más daños y elevar el grado de peligro (Espinosa y Hernández 2015); transformada la idea de Tricart (1987) de los "fenómenos de amplificación", la idea de geosistema encadenado por Espinosa (2010), define que la ocurrencia de un evento inicial que propicia a su vez la ocurrencia de un nuevo grupo de eventos, los cuales a su vez, en un marco de crisis y sistema caótico genera una serie de consecuencias multiniveladas.

2. fCH (Función de la componente humana):

Con un nivel de complejidad mayor a la reconocida "vulnerabilidad", presenta elementos multinivelados que agrupan condiciones inherentes a la esencia y características que los hombres y las sociedades poseen; como es el pensamiento, la percepción, la preparación escolar, la educación, la estructura familiar y las condiciones generales de vida entre otras.

3. fT (Función del territorio):

Se relaciona de forma necesaria con la expresión territorial en el sentido más amplio que esta tiene; interviene la valoración cualitativa y cuantitativa de las superficies de afectación y la forma de transformación, transporte y acción de la materia y energía asociada con el geosistema perturbador y el grupo de procesos encadenados relacionados con el primero. La valoración del espacio posee múltiples puntos de vista y connotaciones diversas a saber de la funcionalidad, la objetividad y la subjetividad paramétrica de quien analiza, describe y califica el valor del espacio geográfico.

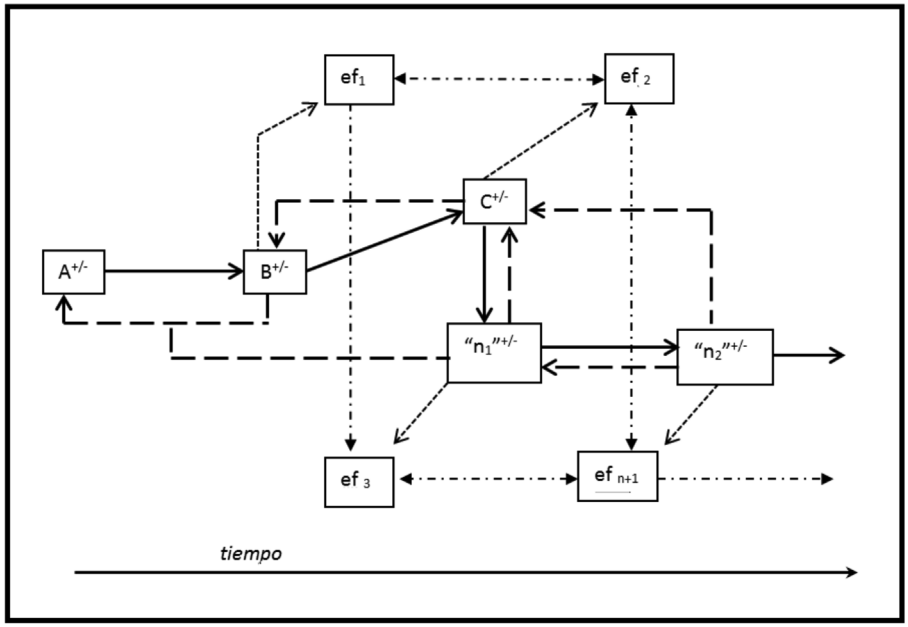
4. fS (Función sistémica):

Integra conceptos de la holística sistémica como es el caso de la homeostasis, el feedback, la resiliencia y la autopoiesis a través del tiempo.

5. fGA (Función de la gestión ambiental):

Se encuentra conformada por el grupo de procesos y acciones que se ciernen en torno al grupo de "actores del territorio", y se consolida como un factor que dirige las tendencias de desarrollo de las funciones y variables que integran a la ecuación general del riesgo (Figura 8.6).

Figura 8.6 Geosistemas de enlace. Se muestra la complejidad de funcionamiento y correlacionalidad de los geosistemas perturbadores en donde: A, B, C y n1 representan variables de los procesos; "ef" el conjunto de efectos generados por cada variable. Las flechas continuas representan las variables de impacto directo, mientras que las discontinuas las de posibilidad.



Fuente: modificado de Espinosa y Hernández, 2015.

En la Figura 8.6 se esquematiza el comportamiento idealizado de un conjunto de variables que representan a diferentes geosistemas perturbadores y la correlación entre los efectos o consecuencias que éstos generan.

8.5 Gestión del riesgo: presente y prospección

Sin caer en un determinismo geográfico se parte de la tesis que sostiene la idea de cómo los factores sociales, económicos y políticos encajonan en el mayor número de casos el tipo de acciones y resultados que una sociedad aspira o experimenta ante un evento de orden perturbador.

La conjunción de variables que pertenecen a este orden ofrecen alternativas y escenarios territoriales que anuncian o evidencian la articulación de con-

diciones que aumentan o disminuyen el grado de exposición o vulnerabilidad de una sociedad; de tal manera que a mayor grado de rezago social, económico y político; mayor será la afectación directa o indirecta de un geosistema perturbador y viceversa.

En la Figura 8.5 se manifiesta una estructura idealizada en la cual se representan los elementos básicos que la gestión del riesgo debe poseer; comienza por la ordenación del territorio y culmina con la consecución de los objetivos propios del asistencia que se ofrece, el bienestar social y el reconocimiento público de la población a quienes se responsabilizan por la decisión consciente desde el lugar que ocupan en la jerarquía del servicio que se otorga.

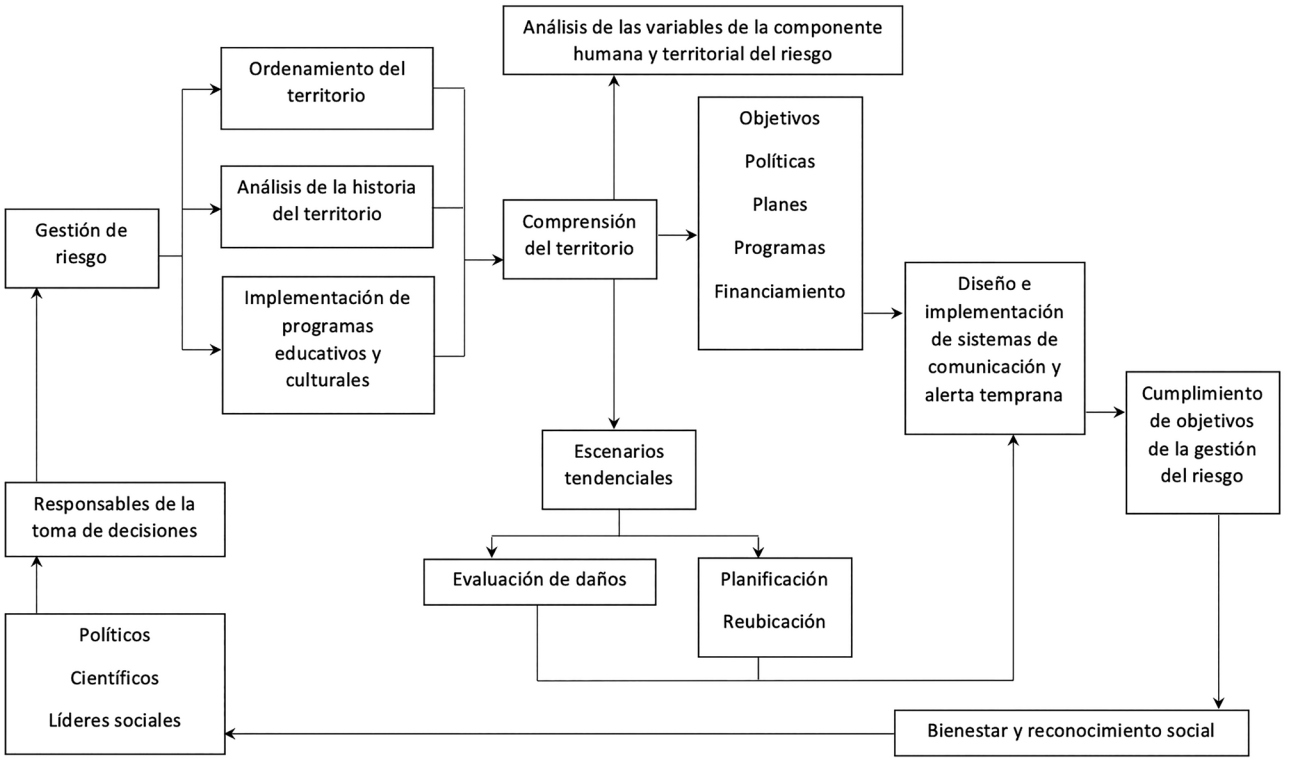
La estructura interna del diagrama involucra variables que a su vez se descomponen en elementos que conformarán decisiones orientadas a la creación de obras de infraestructura, la protección al medio ambiente, a la cultura, y el desarrollo de sistemas de seguridad, salubridad y participación social que en conjunto, representan el objeto formal de la gestión y la posible reducción de desastres.

Tales aseveraciones surgen después de observar las necesidades del ámbito mexicano, ello debido a que pocos son los elementos de atención prioritaria vertidos en el Plan Nacional de Desarrollo (PND; pnd.org.mx) y de las acciones que le corresponden. De manera general las líneas de atención refieren a salvaguardar la vida e integridad física de los ciudadanos, los bienes y su entorno, así como atender emergencias de diferente índole; más no de investigación, retroalimentación y prevención.

Uno de los problemas graves que se observan en la información y el uso de la misma en el ámbito oficial, es que ésta resulta ser descriptiva y decorativa -y ello no implica el reconocimiento del personal y de instituciones como Cenapred que han aportado mucho al tema- es decir, y aunque existen mapas digitales publicados, solo se hace referencia de relieve "montañoso, escarpado, inclinado o plano", pero ello no implica un análisis profundo que sustente el desarrollo de políticas públicas, cuando las actividades cotidianas y el desarrollo de procesos se gesta exactamente sobre la superficie terrestre, en el relieve, donde emana, se transmite y se recibe materia, energía e información de diferentes geosistemas perturbadores.

En el documento rector de la planeación nacional se reconoce la existencia de diferentes procesos perturbadores de origen geológico hidrometeorológico, químico y socio-organizativo que afectan al territorio nacional; y ello implica una complicación futura de necesaria observación, pues si se observa la forma de crecimiento poblacional estimada por el INEGI en 2017 de 1.3%, más la forma de ocupación del territorio, el incremento en la pobreza y el descenso

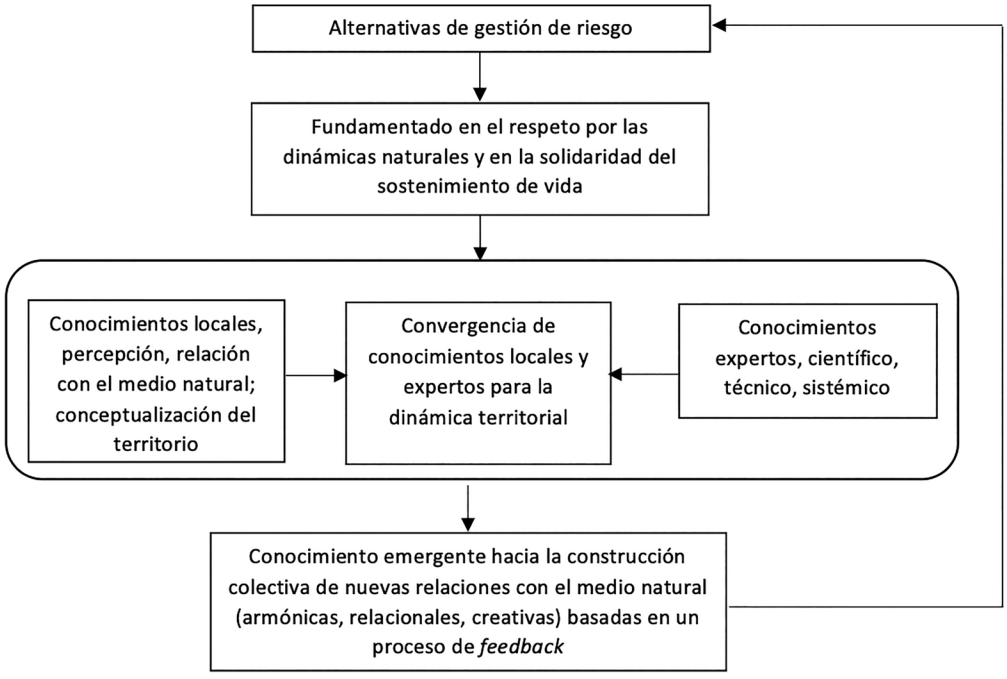
Figura 8.7 Diagrama idealizado de la gestión del riesgo y los componentes principales del mismo.



progresivo de los indicadores de desarrollo humano, el escenario tendencial marca un incremento de más de catorce millones de personas por año; que de forma casi obligada, además de incrementar el valor de concentración y presión humana, ocuparán los mismos territorios que han experimentado el desarrollo de geosistemas perturbadores y otros nuevos que probablemente no aseguren condiciones de estabilidad o han coexistido con la presencia de algún tipo de desastre natural. Sin embargo, el entretejido tiende a ser más complejo y requiere de la búsqueda de alternativas de solución a la gestión razonada de los riesgos (Figura 8.8).

Y como se observa en la información oficial, con las actividades de organización y planeación se da cuenta que existe poca o nula información acerca

Figura 8.8 Alternativas de gestión de riesgo. Fuente: Modificado de Hernández y Vargas, 2015.



de los procesos que se desarrollan en el territorio nacional, y que las acciones políticas y programas para enfrentar los geosistemas perturbadores no se atienden de forma integral, motivo por el cual, las condiciones de riesgo no sólo se mantienen y se comportan de forma exponencial.

Es por este motivo que se considera elemental contar con información específica que permita por un lado entender los procesos que generan riesgos, la dinámica de funcionamiento, el balance de materia y energía; y la forma de expresión territorial para que con esa información los decisores adquieran argumentos suficientes para solventar de forma acertada la toma de decisiones en torno la población, al medio y a todas las formas de patrimonio.

8.6 Discusión y conclusiones

El tema de análisis de los riesgos y las variables que éste posee ha sido motivo de estudio sistemático con diferentes perspectivas dominando por ejemplo las de tipo catastrofista, las ambientalistas y ahora las de carácter social y económico; observándose en todas ellas la necesidad imperante de resolver "lagunas" de conocimiento y para identificar los eslabones más débiles.

Por ejemplo, los reportes establecidos desde hace casi una década en la evaluación de riesgos para el mundo publicados por el Foro Económico Mundial indican la periódica aparición de los desastres naturales, el terrorismo y destrucción por el empleo de armas de destrucción masiva; destacándose grupos asociados a riesgos económicos, medio ambientales, geopolíticos, sociales y tecnológicos.

Las variables que caracterizan a los tipo de riesgo involucran dos elementos: valores de probabilidad y de impacto, observándose diferentes interconexiones que esbozan un mapa complejo que exige cambios profundos en el orden político, social y de la gestión de los riesgos; y ello, no representa tan solo a un problema de orden local, posee implicaciones globales pues contribuye a la generación de un escenario geopolítico capaz de producir "riesgos en cascada" pues involucran factores nuevos e inesperados (n+3) relacionados con gobernanza, migración, marginación y presión social, económica y política.

De manera particular, uno de los conceptos fundamentales de la geomorfología define que "todos los procesos como la erosión, el tectonismo y el vulcanismo han estado presentes a lo largo del tiempo geológico, pero han actuado con diferentes intensidades"; esta afirmación deja en claro que los cambios en la superficie terrestre siempre han existido y forman parte de la Tierra desde que ésta se formó hace 4,600 millones de años y que en consecuencia, seguirán presentes a lo largo del tiempo presente y futuro. Es por ello que se enfatiza de forma categórica que los procesos en la naturaleza no se encuentran ni se

desarrollan de manera aislada al igual como ocurre en la sociedad; nada existe o se desarrolla por casualidad.

Esta condición no exime al grupo de procesos que se correlacionan tanto para dar cabida a los geosistemas perturbadores, así como para poder prevenir, actuar y gestionar lo conducente a los riesgos. De acuerdo con esto existen dos puntos centrales que requieren de atención:

1. El origen y desarrollo de procesos
2. La prevención-acción

En el primer caso, el relieve se constituye como el factor "comodín" para la génesis y evolución de las geosistemas perturbadores; en donde estos se desarrollan sobre, dentro y por debajo del relieve, es decir, la materia y energía que se relaciona con procesos de origen y encadenamiento se transporta, se transforma, se amortigua o se incrementa según las características físicas y morfológicas que el relieve posee.

En el segundo caso, es la gestión y el trabajo que ésta conlleva la "Piedra de roseta" que representa uno de los caminos sostenibles y viables para encontrar soluciones eficientes ante los problemas que el territorio y los procesos plantean a los tomadores de decisiones desde la perspectiva ontológica y del deber ser.

Resulta imprescindible el conocimiento elemental del territorio sobre el cual se desarrollan procesos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y todos los relacionados con el desarrollo económico y el poblamiento rural y urbano. Ello resulta inmanente debido a que los ocupantes, administradores y decisores se correlacionan, a veces sin saberlo con dinámicas complejas que al final de un tiempo derivan en daños y pérdidas en diferentes órdenes.

8.7 Bibliografía

Ayala J. (2000). La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico administrativo de evaluación de riesgos para la población. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles No. 30. 37-49 p.

Ayala J. y Olcina J. (2002). Riesgos naturales. Ed. Ariel Ciencia. Barcelona, 1512 p.

Ayala J. y Olcina J. (2008). Riesgos Naturales: conceptos fundamentales y clasificación. Ed. Ariel Ciencia. Barcelona.

Banco Interamericano de Desarrollo (2000). El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe: Plan de acción del BID. Publicado en publications.iadb.org/discover; Consultado en agosto de 2015.

Banco Interamericano de Desarrollo (2003). Gestión del riesgo de desastres naturales: Sistemas nacionales para la gestión integral del riesgo de desastres: Estrategias financieras para la reconstrucción en caso de desastres naturales. Publicado en publications.iadb.org/discover; Consultado en agosto de 2015.

Banco Interamericano de Desarrollo (2007). Indicadores de riesgo y desastre y de gestión de riesgo. Informe resumido; Departamento de Desarrollo Sostenible, División de Medio Ambiente. Washington D.C., 54 p.

Banco Interamericano de Desarrollo (2010). Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para en América Latina y el Caribe: Informe resumido. Publicado en publications.iadb.org/discover; Consultado en agosto de 2015.

Baro J., Calderón G., Esteller M., Cadena E. y Franco R. (2012). Metodología para la valoración económica de daños tangibles directos por inundación. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, 167 p.

Barrenechea J., Gentile E., González S. y Natenzon C. (2000). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la Teoría social del riesgo. Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente (PIRNA); Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires Pp 1-13.

Brandford M. and Carmichael R. (2007a). Notable natural disasters. Overwiews. University of lowa. Edited by Marlene Biadford. Texas A&M University. Salem Press, Inc. Vol. 1:2007. Pasadena California 296 p.p.

Brandford M. and Carmichael R. (2007b). Notable natural disasters. Events to 1970. University of lowa. Edited by Marlene Biadford. Texas A&M University. Salem Press, Inc. Vol. 2:2007. Pasadena California 686 p.p.

Brandford M. and Carmichael R. (2007c). Notable natural disasters. Events to 1970-2006. University of lowa. Edited by Marlene Biadford. Texas A&M University. Salem Press, Inc. Vol. 3:2007. Pasadena California 1050 p.

Campus S., Barbero S., Bovo S. and Forlati F. (2007). Evaluation and prevention of natural risk. Ed. Arpa Piemonte, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale. Torino, 454 p.

Cannon T. (2008). Reducing people´s vulnerability to natural Hazards: communities and resilience. Research paper 34. Wider.unu.edu/publications/working-apers. Consultado en febrero de 2018.

Cannon T., Twigg J. and Rowell J. (2003). Social vulnerability sustainable livelihoods and disasters. Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustaintable Livelihoods Support Office. Disponible en livelihoods.org/static/tcannon_NN197 Consultado en Enero de 2017.

Chaparro E. y Matías R. (2005). Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales. Cuadernos de CEPAL No. 1 138 p.

De Pedraza J. (1997). Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones" Ed. Rueda. Madrid, 1996.

Dréze J. and Sen A. (1989). Hunger and public action. Oxford: Clarendon Press for UNU-WIDER.

Enjolras B. (2015). Measuring the impact of the third sector: from concept to metrics. TSI Working Paper No. 5, Seventh Framework Programme (Grant agreement 613034), European Union. Brusssels: Third Sector Impact.

Espinosa L. (2010). Propuesta metodológica para la evaluación de riesgos desde la perspectiva del ordenamiento del territorio. Revista del Centro de Estudios Latinoamericanos CESLA. Universidad de Varsovia Tomo II. No. 13 601-622. ISSN 1641-4713. Warsawa.

Espinosa L. y Hernández J. (2015). Estudio del riesgo. Análisis multifactorial, multinivel y multitemporal. En: Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias. 6(14):1-27 ISSN: 2007-512X

Fielberman (2000). "The theory of integrative levels" In: Journal of Phil. Science. 1971.

Florini A. and Simmons P. (2000). What the world needs now? In The Third Force: The Rise of Transnational Civil Society, Ann M. Florini, ed. Tokyo and Washington, DC: Japan Center for International Exchange and Carnegie Endowment for International Peace, pp 1-15.

García R. (2006). Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Serie CLA-DE-MA Filosofía de la Ciencia. Ed. Gedisa editorial. España. ISBN: 94-9784-164-6.

García R. (2011). "Interdisciplinariedad y sistemas complejos". En: Revista Latinoamericana de metodología de las Ciencias Sociales, vol. 1, no. 1, primer semestre, pp. 66-101.Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina. ISSN: 1853-7863.

García V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social del riesgo. En: Desacatos, No. 13 CIESAS México, pp. 11-24.

Geis E. (2000). By design: the disaster resistant and quality of life community. Natural Hazards Review 1(13): 151-160.
Government of India (2003). Disaster risk management project. Quarterly report April-June. Disponible en undp.org.in/dmweb/Report/Quarterly/3QtrlyRprt Consultado en Febrero de 2018.
Hardy S. y Sierra M. (2005). Territoires et acteurs des risques "naturels" en Amerique latine. Les cas des villes de Managua (Nicaragua) et de Quito (Equateur). Universite Paris. 85-95 p.
Hernández Y. y Vargas G. (2015). Hacia la construcción del conocimiento emergente para la gestión del riesgo. Cuadernos de Geografía/Revista Colombiana de Geografía, Universidad Nacional de Colombia (24):2 Pp 15-34.
Hunt V., Layton D. and Prince S. (2015). Why diversity matters. McKinsey & Company. Adapted from the report Diversity Matters. Disponible en: www.mckinsey.com/business-functions/organization. Consultado en febrero de 2017.
IFCR (nd) Strategy, (2010). Geneva: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.
Inglehart R. (2016). The danger of deconsolidation: How much should we worry? Journal of Democracy 27 8(3): 18-23.
International Monetary Found (IMF, 2016). Corruption: costs and mitigating strategies. IMF Staff Discission Note SDN/16/05. Disponible en: www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2016/sdn1605.pdf
Keller E. and Blodgett R. (2007). Natural hazards. Earth´s processes as hazards, disasters and catastrohes. Ed. Pearson 448 p.
Kovach R. (1995). Eath´s fury. An introduction to natural hazards and disasters. Prentice Hall, New Jersey, 214 p.
Kuhlicke C. (2007). (Non) Knowledge in hazard and vulnerability research: a heuristic typology for empirical case studies. En: Perspectives on Social Vulnerability, Koko Warner Ed. Institute for Environment and Human Security; Bonn 6(2007): 59.
O'Brien K., Leichenko R., Kelkar U., Venema H., Aandahl G., Tompkins H., Javer A., Bhadwal A., Barg S, Nygaard L. y West J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: Climate change and globalization in India. Global Environment Change 14(1): 303-313.
Palacio G. (1995), Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales, Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
Pelling M. (2003). The vulnerability of cities. London: Earthscan.

Sakdapolrak P. (2007). Water related health risks, social vulnerability and Pierre Bourdieu. 50-59.
Samans R., Blanke J., Corrigan G. and Drzeniek M. (2015). The inclusive growth and development report 2017. Geneva: World Economic Forum. Disponible en: www3.weforum.org/docs/WEF_Forum_IncGrwth.pdf
Smith K. and Petley D. (1991). Environmental hazards. Assessing risk and reducing disaster. Ed. Routledge. New York, 382 p.
Stone C. (2015). Why the space for civic engagement is shinking. Voices 21 December 2015. Open Society Foundations. Document2https:// opensocietyfoundations.org/voices.
Themudo S. (2013). Reassessing the impact of civil society: Nonprofit sector, press freedom, and corruption. Governance: An International Journal of Policy Administration, and Institutions 26 (1): 63-89.
Thuoubury W., 1969. Principles of Geomorphology, Willey International. Ed. E.U. A.
Toscana A. (2014). Actores sociales en la gestión local del riesgo de desastre en el Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México. En: Revista Especialidades, CUA, Universidad Autónoma Metropolitana, México pp. 137-169.
Tricart J. (1987). Algunos aspectos de las relaciones entre el hombre y los ecosistemas. En Revista de Divulgación Geográfica del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. No. 7, México, 15-30 p.
Van Gigh (1991). Teoría General de Sistemas Aplicada. Ed. Trillas. México.
Velázquez y González (2003). ¿Qué ha pasado con la participación social en Colombia? Fundación Corona, Fundación Social, Fundación Foro Nacional por Colombia, Corporación Región, Corporación Transparencia por Colombia, Corporación Viva la Ciudadanía, Banco Mundial, CIDER de la Universidad de los Andes. 451 p.
Verstappen H. (1996). "Applied Geomorphology: An Overview". Documento elaborado para la IV Reunión Nacional de Geomorfología. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Pátzcuaro. México.
Wilches-Chaux G. (1993). "La vulnerabilidad global" en Andrew Maskrey (comp.). Los desastres no son naturales, Tercer Mundo Editores, Colombia.
Williams A. (2003). The viability of integrating community based disaster management within NGO Strategic Management. Coventry University, Mimeo.
World Bank (1992). Governance and development. Washington D.C.

World Economic Forum. (2013). The global risks, Report 2013. Committed to improving the state of the world. Insight report, 8th edition. Disponible en www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalRisks_2013. 80 p.
World Economic Forum. (2014). The global risks, Report 2014. Committed to improving the state of the world. Insight report, Nineth edition. Disponible en www. reports.weforum.org/global-risks-2014. 60 p.
World Economic Forum. (2015). The global risks, Report 2015. Committed to improving the state of the world. Insight report, 10th edition. Disponible en www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15. 609 p.
World Economic Forum. (2016). The global risks, Report 2016. Committed to improving the state of the world. Insight report, 11th edition. Disponible en: www3.weforum.org/docs/Media/TheGlobalRisksReport2016. 103 p.
World Economic Forum. (2017). The global risks, Report 2017. Committed to improving the state of the world. Insight report, 12th edition. Disponible en: www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2017. 78 p.

Capítulo 9. Cartografía del riesgo: Tecnologías de la Información Geográfica aplicadas al análisis de riesgos

Juan Carlos Garatachia Ramírez
Julio César Carbajal Monroy
Norma Dávila Hernández
Francisco Zepeda Mondragón

Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

9.1 Introducción

La aplicación y desarrollo de las Tecnologías de la Información Geográfica, también denominadas geotecnologías, han ido en aumento en los últimos años. El principal campo de acción de éstas se enmarca en las Ciencias de la Tierra, aunque es innegable y evidente el potencial y la importancia que han alcanzado en otras áreas, entre las que destacan algunas de las ciencias sociales. En la actualidad dichas tecnologías han sido incorporadas como herramientas fundamentales en el análisis y la evaluación de peligros naturales, así como su aplicación en las tareas de gestión de los escenarios de riesgo; lo anterior permite integrar información tanto del medio físico, y sus amenazas, así como del medio social y sus dinámicas, lo cual da respuesta al carácter multifactorial e integral que demandan los estudios de riesgos. El presente capítulo brinda los elementos básicos para conocer y comprender los principios, métodos, técnicas y los insumos necesarios para la generación de cartografía de riesgos y su aplicación en el proceso de gestión.

9.2 Tecnologías de la Información Geográfica

El término de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) hace referencia al conjunto de métodos y técnicas derivados de disciplinas como la Cartografía, la Fotogrametría, la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (Quirós, 2011), otros elementos como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) también se incluyen dentro de las TIG. Cabe señalar que el objetivo común de dichas disciplinas es el conocimiento y comprensión de la superficie terrestre y los fenómenos que en ella ocurren; de estos últimos la gama es amplia, así como la forma de abordarlos ya que dependen del enfoque disciplinar bajo el cual se estudien. Para tener una visión más amplia sobre la utilidad y aplicación de las TIG, la siguiente tabla muestra los objetivos específicos de las principales disciplinas que las integran.

Tabla 9.1 Principales disciplinas que integran a las Tecnologías de la Información Geográfica

Disciplina	Objetivo
Cartografía	Suministrar una descripción de la forma y dimensiones de la Tierra y sus elementos tanto naturales como artificiales por medio de una representación gráfica o numérica de áreas determinadas y siguiendo reglas establecidas
Fotogrametría	Determinar la posición y forma de los objetos a través de su medición en imágenes fotográficas, las cuales pueden ser aéreas o terrestres
Teledetección - Percepción Remota	Adquirir de manera remota datos sobre el territorio y el ambiente así como aplicar y combinar métodos y técnicas que permitan su procesamiento e interpretación posterior
Sistemas de Información Geográfica	Hacer uso de una potente combinación de instrumentos capaces de recibir, registrar, grabar, transformar, procesar y representar datos georeferenciados
Sistemas de Posicionamiento Global	Proveer la posición tridimensional (3D) de objetos fijos o en movimiento en sus dimensiones espacio y tiempo sobre la superficie terrestre, bajo cualquier condición meteorológica y en tiempo real

Fuente: Elaboración propia a partir de Gomarasca (2004).

Las TIG permiten realizar la representación de cualquier objeto, hecho o fenómeno en el espacio geográfico, esto en un entorno digital en el cual es posible además asociar todos los datos o parámetros que se consideren relevantes. Es por esta razón que su uso se ha popularizado y extendido en el ámbito del quehacer diario tanto de las instituciones públicas como privadas y distintos tipos de organizaciones. Aunado a lo anterior, como lo señalan Rodríguez y Bosque (2009) este tipo de tecnologías se han convertido en un medio para la toma de decisiones y que además facilita la comunicación entre los diferentes entes participantes.

La capacidad para manejar grandes cantidades de información, la ayuda que brindar en la resolución de problemáticas territoriales así como la optimización de recursos (Sitjar, 2009) son algunas de las características que han contribuido a posicionar en un buen sitio a las TIG al interior de diversos ámbitos. También es una de las razones por las cuales se ha incrementado el número de profesionales que no sólo se dedican a su uso sino también al desarrollo de las mismas en términos de software e insumos.

Lo expresado en el párrafo previo lleva al campo de las interrogantes, y es muy común que entre los usuarios individuales o colectivos se pregunten cuál es el software o equipo más adecuado para sus fines; no hay una respuesta estándar, ya que ésta dependerá de los objetivos del estudio o proyecto, las capacidades técnicas del personal involucrado y los recursos económicos destinados para la adquisición de dichos elementos.

En la actualidad la gama de software es bastante amplia, sin embargo es válido señalar que predominan los de tipo comercial o privativo en el cual hay que pagar en ocasiones costos elevados, por un licenciamiento así como por las actualizaciones posteriores. No obstante, en los últimos años se ha observado un importante avance del desarrollo de software libre dedicado a las TIG, el cual está a disposición de cualquier usuario de manera gratuita (también se pueden realizar donaciones voluntarias para la organización que lo desarrolla) puede ser copiado, distribuido e incluso modificado, siempre y cuando se otorguen los créditos correspondientes.

En la siguiente tabla se muestra el nombre de algunos de los softwares tanto libres como privativos de mayor uso en la actualidad; asimismo, se presenta la fuente donde se pueden obtener y su principal aplicación en el contexto disciplinar de las TIG.

Tabla 9.2 Principales software en el ámbito de las TIGs

Software	Tipo	Fuente	Aplicación
ArcGIS (ESRI)	Comercial	Proveedor	SIG y algunas funciones de Teledetección
ENVI	Comercial	Proveedor	Teledetección
ERDAS	Comercial	Proveedor	Fotogrametría y Teledetección
Geomedia	Comercial	http://www.hexagonsafetyinfrastructure.com/products/	SIG
Global Mapper	Comercial	http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php	SIG
GRASS GIS	Libre	https://grass.osgeo.org/	SIG y Teledetección
gVSIG	Libre	http://www.gvsig.com/es SIG	SIG
IDRISI	Comercial	https://clarklabs.org/terrset/	SIG y Teledetección
MapInfo	Comercial	Proveedor	SIG
Open JUMP	Libre	http://www.openjump.org/	SIG
PCI Geomatics	Comercial	Proveedor	Fotogrametría y Teledetección
QGIS Quantum GIS	Libre	http://www.qgis.org/es/site/	SIG y algunas funciones de Teledetección
Saga GIS	Libre	http://www.saga-gis.org/en/index.html	SIG y algunas funciones de Teledetección
Sextante	Libre	https://joinup.ec.europa.eu/community/osor/home	SIG

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede notar, la realización de actividades relacionadas con el análisis del territorio y los fenómenos que sobre él acontecen se puede realizar en una amplia variedad de sistemas, entre los que destacan varios de tipo libre; en este sentido, en la actualidad el factor económico para la adquisición de software geotecnológico podría dejar de ser una limitante, en especial para las instituciones gubernamentales con presupuestos reducidos pero con funciones prioritarias.

9.3 Sistemas de Información Geográfica

Se decidió dedicar un apartado de este capítulo al tema de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) debido a que este es uno de los elementos prin-

cipales en el ámbito de las TIG; asimismo su conocimiento y aplicación es fundamental en cualquier institución cuyas funciones estén orientadas al conocimiento y gestión del territorio en las diversas vertientes.

De manera general los usuarios se refieren al SIG como el software empleado para llevar a cabo tareas relacionadas con el manejo de datos e información geoespacial, sin embargo, es importante acotar que el software es solo uno de sus componentes. Este tipo de geotecnología se define como un conjunto de métodos, técnicas y herramientas que permiten adquirir, almacenar, procesar, analizar y representar datos georreferenciados.

De acuerdo con Olaya (2011: 15-16) un SIG consta de cinco elementos básicos:

- Datos. Son la unidad mínima que tiene asociado un atributo con representación en el espacio. Se consideran como la materia prima para el trabajo en el SIG.
- Métodos. Conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- Software. Aplicación informática para trabajar con los datos e implementar los métodos.
- Hardware. El equipo necesario para ejecutar el software.
- Personas. Encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

Figura 9.1 Componentes de un SIG



Fuente: Elaboración propia.

Como se ha señalado líneas arriba, por definición un SIG permite realizar diversas actividades con los datos de entrada; es precisamente esa diversidad la que lo posiciona como la herramienta para la toma de decisiones territoriales por excelencia. Lo anterior cobra sentido al citar algunas de las preguntas que habitualmente responde este tipo de geotecnologías: ¿Dónde se ubica el fenómeno u objeto?, ¿cómo se distribuye en el espacio?, ¿cómo evoluciona en el tiempo?, ¿cuál es la tendencia?

La veracidad de las respuestas a estos cuestionamientos, y otras más en función del objeto de estudio, dependerá directamente de las características de cada uno de los elementos que componen al SIG. Sin embargo uno de ellos, los datos, juegan un papel fundamental al considerar que son el insumo principal para todos los procesos que se llevan a cabo en el contexto del sistema. Por lo anterior su calidad y precisión es un aspecto que debe ser considerado; en este capítulo se dedica un apartado a las fuentes y tipos de datos empleados en las TIG.

9.4 Tecnologías de la Información Geográfica en la evaluación de riesgos

Los estudios enfocados en la identificación y evaluación de riesgos en un territorio determinado se conciben como una acción preventiva que busca reducir los daños potenciales (González, 2009: 14). No se puede pensar en el análisis, evaluación y gestión de una amenaza, vulnerabilidad y riesgo sin tener en cuenta la componente espacial y su respectiva representación gráfica, para lo cual la cartografía es un medio fundamental. Muchos de los trabajos realizados con apoyo de alguna geotecnología culminan con la representación de sus resultados mediante mapas.

La importancia de la cartografía de riesgos se puede ver reflejada en su inclusión dentro del marco legal y normativo mexicano, en el cual se consideran varios instrumentos de política ambiental y territorial como el Atlas de Riesgos, el Programa de Ordenamiento Ecológico y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano, por citar algunos, donde los mapas son un elemento central.

Anteriormente la cartografía de riesgos era generada a través de medios analógicos, sin embargo, de acuerdo con la Organización de Estados Americanos (OEA) incorporar los Sistemas de Información Geográfica para el análisis de riesgos ofrece una serie de ventajas: puede ser barato, multiplica la productividad, reduce costos y proporciona resultados de mayor calidad en compara-

ción con las técnicas analógicas, facilita la toma de decisiones y además mejora la coordinación interinstitucional (Bender, 1993). Lo anterior no es menor si se considera que un proceso de manejo de emergencia o un desastre, una respuesta coordinada y rápida puede ser vital.

Hoy en día los procesos cartográficos para llegar a la generación de mapas temáticos se dan en ambiente de geotecnologías y los métodos aplicados son complejos y variados. Para estos propósitos los SIG son el medio de mayor uso; Maskrey (1998: 32-33) identifica dos técnicas principales que se aplican en este contexto a las que denomina inductivas ya que inducen el nivel de riesgo de combinaciones de datos específicos. La primera técnica consiste en la construcción de índices probabilísticos de riesgo mediante la combinación de varias capas temáticas donde cada una representa una variable ponderada y puede ser natural o social. La segunda técnica se basa en la combinación de una capa que representa los elementos expuestos y vulnerables con otras que representan a las amenazas; esto permite estimar las pérdidas y daños que podrían presentarse.

Más adelante se dedica un apartado específico sobre los principales procesos y métodos de análisis aplicados a la evaluación de riesgos en ambiente de geotecnologías.

9.5 Datos e información geoespacial para la Evaluación de los Riesgos Socionaturales

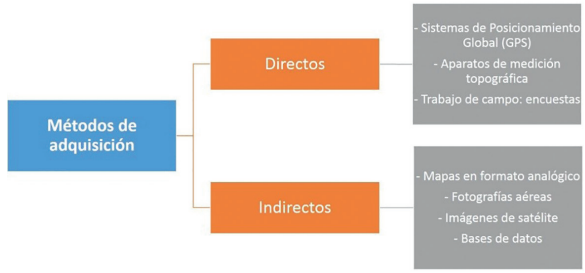
Antes de entrar en materia es pertinente establecer la diferencia entre los datos y la información, dado que son términos que suelen utilizarse a manera de sinónimo. Se ha dicho que el dato hace referencia a un representación mínima de una variable, la cual puede ser cualitativa o cuantitativa; cuando este posee una componente espacial, es decir, se encuentra referido a un sistema de coordenadas se denomina datos geográfico o dato geoespacial. Por su parte la información es el resultado de la interpretación de un dato o un conjunto de ellos.

Se sabe que para llegar a la elaboración de un mapa se requiere previamente haber recopilado datos de alguna temática e incluso haber sido procesados; sin embargo siempre surge la interrogante ¿de dónde provienen? la misma interrogante aparece cuando se trabaja en el contexto de alguna geotecnología.

De acuerdo con Tomlinson (2008: 2) los mapas tradicionales y otros documentos impresos suministran aún gran parte de los datos necesarios para un SIG, por lo cual se pueden considerar como una de las principales fuentes de datos desde tiempos remotos.

Actualmente existe una marcada diferenciación de los datos geoespaciales en función de la forma en que han sido adquiridos; la figura 9.2 amplía esta idea.

Figura 9.2 Métodos de adquisición de datos geoespaciales



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que en algunos casos los datos no han sido tomados pensando en su utilización en ambiente de las TIG, sin embargo sirven de base para obtener otros que si pueden emplearse directamente en dicho contexto. Lo anterior sugiere la clasificación de los datos primarios, es decir aquellos creados para emplearse en alguna geotecnología, y secundarios, los cuales se derivan de otro tipo de dato previo (Olaya, 2011). Ejemplo de lo anterior lo representan los resultados de un levantamiento con GPS y la cartografía impresa, respectivamente.

Las fuentes de datos e información geoespacial están relacionadas de manera directa con los elementos que integran a las Tecnologías de la Información Geográfica y otros que recién están siendo explotados para el análisis del territorio y riesgos:

- Teledetección
- Cartografía impresa y aplicación de técnicas de digitalización: manual y automática
- Digitalización o creación de capas a partir de coordenadas: geocodificación

- Fotogrametría: analógica, analítica y digital
- Sistemas de Posicionamiento Global (GPS):
- Información Geográfica Voluntaria o Participativa
- Cartografía de elevaciones
- Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (RPAS): Drones

De la gama de opciones presentadas en el listado anterior, en la actualidad la Teledetección y los Sistemas de Aeronaves No Tripulados experimentan un rápido crecimiento, en términos de la generación de nuevos equipos y las aplicaciones para el análisis del territorio. Por lo anterior dichos elementos representan una herramienta eficaz y eficiente para el análisis de riesgos y la gestión de escenarios, a lo cual se suma el alto nivel de detalle que proporcionan en sus productos resultantes.

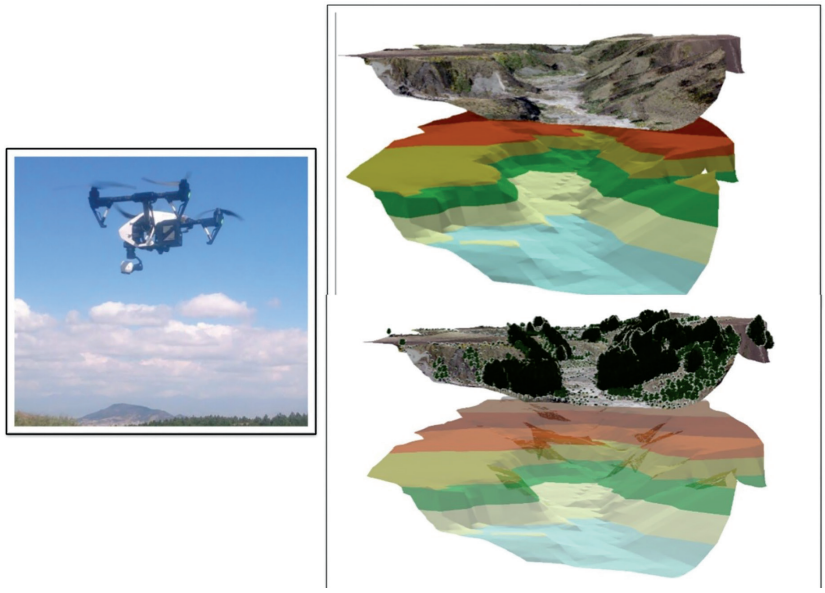
Las siguientes figuras muestran algunos productos que representan datos geoespacial per se e insumos para la generación de otros.

Figura 9.3 Protocolo de preparación y lanzamiento de RPAS Ligero y producto resultante del vuelo: mosaico de ortofotos de alta resolución espacial (2.5 cm)



Fuente: trabajo de campo 2015.

Figura 9.4 Modelo Digital de Elevación y de Superficie de alta resolución (2 cm) generado a partir de un vuelo realizado con un RPAS Micro



Fuente: Trabajo de campo 2015. (Figura anterior)/ Fuente: Tomado de Díaz y Domínguez (2016).

Es importante recordar que el riesgo de desastre es multifactorial: determinarlo requiere realizar el análisis de la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición; por lo anterior no existe una fuente de datos específica para cada uno de los factores que lo integran, lo cual sugiere tareas de búsqueda, adquisición, procesamiento y análisis de datos e información que puede provenir de diversas fuentes y que deberá ser adaptada para dicho propósito.

La siguiente tabla tiene como propósito mostrar un conjunto de fuentes de datos que pueden ser empleados en el contexto de alguna geotecnología para la evaluación del riesgo de desastre y posteriores tareas de gestión de los escenarios.

Tabla 9.3 Fuentes potenciales de datos para la evaluación del riesgo de desastre. Fuente: Elaboración propia

Fuente	Temática	Vía de acceso
Atlas Climático Digital de México	Climatología	http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/Docs/despliegues.html
Atlas de Riesgos ante el Cambio Climático del Estado de México	Riesgos naturales y antrópicos	http://148.215.36.209/Atlas/#/bienvenida
Atlas Nacional de Riesgos	Riesgos naturales y antrópicos	http://smit.cenapred.gob.mx:8080/geonetwork/srv/es/main.home
Datos.gob.mx	Datos geoespaciales del gobierno federal en diversas temáticas	Datos.gob.mx
DESINVENTAR	Base de datos regional sobre desastres	http://www.desinventar.org/es/
Earth Resources Observation and Science Center	Imágenes de satélite	http://glovis.usgs.gov/
Earth System Research Laboratory	Re análisis climático a nivel global y regional	http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl
EM-DAT	Base de datos global sobre desastres	http://www.emdat.be/
GeoMapApp	Ciencias de la Tierra a nivel global	Aplicación: http://www.geomapapp.org/
GeoSEP	Ubicación de escuelas públicas	http://www.snie.sep.gob.mx/geosepv2/Busquedas/Search.aspx
INEGI	Geografía y Estadística	http://www.inegi.org.mx/
Open Street Maps	Cartografía voluntaria de diversas temáticas	https://www.openstreetmap.org o software SIG (QGIS)
Portal de Geoinformación de CONABIO	Biodiversidad y geografía en general	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Servicio Geológico Mexicano	Cartografía geológica	http://www.sgm.gob.mx/
SIGA	Hidrología	http://siga.cna.gob.mx/Cartografia.aspx
SITEL Jalisco	Servicios de cartografía web	http://sitel.jalisco.gob.mx/portal2/
United States Geological Survey	Geología, geofísica y peligros naturales	https://www.usgs.gov/
Wikimapia	Cartografía voluntaria de diversas temáticas	http://wikimapia.org/

9.6 Conceptos básicos de análisis espacial en la Evaluación de Riesgos Socionaturales

El desarrollo de procesos que tienen la probabilidad de generar daños depende de la interacción de diversos componentes, los cuales poseen características que derivan en una dinámica propia y correspondiente representación en el territorio. Desde la perspectiva geográfica, el estudio de los elementos del espacio, interrelaciones, problemáticas resultantes y toma de decisiones para resolverlas, han constituido el objeto de estudio de esta disciplina, de esta forma, la evaluación de riesgos socionaturales se inserta como una temática abordada mediante los postulados teóricos y herramientas metodológicas empleadas en Geografía.

La complejidad que resulta al abordar la totalidad de elementos en el espacio geográfico, ha generado diversas aproximaciones teóricas y metodológicas como paisaje, territorio, región, geosistema, con la finalidad de comprender los procesos y sintetizar las condiciones presentes en un lugar determinado; sin embargo, la cantidad y diversidad de información obtenida limita el desarrollo de un estudio integral.

Un común denominador en el análisis geográfico, consiste en abordar por separado cada uno de los componentes que intervienen en el problema identificado, obteniendo aspectos como localización, distribución y cuantificación (caracterización); así como su condición actual (diagnóstico); esto permite la comprensión inicial de cada variable e importancia en la temática de estudio.

En la geografía tradicional cada método utilizado en las fases mencionadas, se realizaba mediante técnicas que empleaban insumos en formato analógico como mapas, fotos aéreas y ortofotos impresas, tablas de datos, concentrados estadísticos, entre otros; los cuales permitían la obtención de información, sin embargo, la falta de recursos técnicos limitaba la integración y generación de nuevos datos que sirvieran de base para toma de decisiones.

Con base en lo anterior, la constante búsqueda para solucionar esta problemática así como los avances tecnológicos, propiciaron el surgimiento del análisis espacial, definido por Bosque (1992) como el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se considera de alguna manera, sus características espaciales; otros autores lo consideran como un momento dentro del proceso investigativo en el que se conjugan una serie de técnicas que buscan separar, procesar y clasificar los datos, para contribuir a la búsqueda de respuestas de un problema mayor.

Cabe señalar que el desarrollo del análisis espacial como técnica de estudio está relacionada con dos elementos: el surgimiento y evolución de las platafor-

mas de Sistemas de Información Geográfica en conjunto con los métodos de estadística espacial como sustento teórico. El primero de ellos permitió llevar los formatos analógicos a datos espaciales, es decir, todo aquel que tiene asociada una referencia geográfica y tabla de datos, esto permite que se pueda localizar dentro de un mapa (Heining, 2003); por otra parte, las técnicas estadísticas empleadas en otras disciplinas, fueron adaptadas para trabajar con información geográfica y de esta forma, mejorar la identificación de patrones producto de la distribución e interrelaciones entre los componentes del territorio.

Cuando se lo enfoca desde un punto de vista temático, el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se lo enfoca desde la tecnología SIG se lo considera su núcleo (sinónimo de su subsistema de tratamiento) ya que es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica (Fuenzalida et. al., 2015:57).

De esta forma, el análisis de datos espaciales se refiere a aquellas ramas de análisis de datos en los que la referencia geográfica de los objetos contiene información importante, mediante un conjunto de técnicas y modelos que utilizan explícitamente la referencia espacial de cada caso de datos. El análisis espacial requiere establecer supuestos o sacar conclusiones sobre los datos que describen las relaciones espaciales o las interacciones espaciales entre casos (Haining, 2005).

Asimismo tiene por finalidad descubrir estructuras espaciales, asociaciones y relaciones entre los datos, así como modelar fenómenos geográficos. Los resultados reflejan la naturaleza y calidad de los datos, además de la pertinencia de los métodos y funciones aplicadas. Las tareas y transformaciones que se llevan a cabo en el análisis espacial precisan datos estructurados, programas con las funciones apropiadas y conocimientos sobre la naturaleza del problema, para definir los métodos de análisis.

Entre los objetivos que busca resolver el uso del análisis espacial se encuentran:

- Distribución espacial de fenómenos
- Patrones espaciales
- Asociaciones y concentración
- Estimación o predicción
- Elección de variables

La siguiente tabla muestra los cinco conceptos fundamentales del Análisis Espacial, a partir de los cuales se efectúa el estudio y determina la estructura espacial de un lugar determinado, retomando los principios básicos de la Geografía.

Tabla 9.4 Herramientas Técnicas de Análisis Espacial

Fuente: Elaboración con base en Madrid, A. y Ortíz, L.

Tipo	Ejemplo	Características
Cualitativas	Entrevistas, diarios de campo, historias de vida, análisis documental, grupos focales	Corresponde a investigaciones intensivas a muy pequeña escala en los cuales se explota la experiencia cotidiana de la gente y sus comunidades en diferentes tiempos y espacios. Cada herramienta permite que el análisis se convierta en un ejercicio exploratorio, descriptivo o predictivo, así como realizar un acercamiento entre el investigador y la comunidad u objeto de estudio.
Cuantitativas	Medidas de tendencia central, de dispersión, probabilidades	Herramientas para estudiar los componentes del espacio, elaborar esquemas de funcionamiento del mismo y por proporcionar precisión en la investigación y en la localización de fenómenos. A ello se añade que su capacidad organizativa y de tratamiento de datos es la base metodológica utilizada por varias de las herramientas de representación gráfica, cartográfica y no cartográfica. Los aportes de las técnicas cuantitativas y/o estadísticas al análisis espacial se basan en: descripción, inferencia, significación y predicción.
Representaciones Gráficas	Mapas, redes, matrices, diagramas, fotografías aéreas, imágenes de satélite	Tienen como objetivo hacer mucho más fácil e inteligible un fenómeno permitiendo la visualización de ciertas características que de otra forma son difícilmente perceptibles. Permiten no sólo un adecuado manejo de los datos, sino convertir una imagen visual en un mediador eficaz para la inferencia de ideas mediante: i) representan el comportamiento de un fenómeno en un momento dado, ii) identificar estructuras, iii) relacionar los componentes de un fenómeno con el fin de proporcionar una lectura integral, iv) adecuar un fenómeno en función de una línea cronológica.
Sistemas de Información Geográfica	Las funciones de análisis combinan representaciones gráficas y técnicas cuantitativas	La importancia radica en la facilidad que ofrece para procesar información espacial y representarla mediante un modelo análogo de la realidad que presenta las entidades espaciales a partir del punto, la línea y el polígono e información temática. Posibilitan amplían la capacidad de tratamiento de los datos geográficos, conducen de forma más rápida a la consecución de resultados para la toma de decisiones, cumplen con los objetivos del análisis espacial puesto que los resultados del modelamiento se basan los procesos de captación de información, abstracción de la misma y discretización del mundo real, estableciendo las relaciones entre los componentes del espacio.

En conclusión, la evaluación de riesgos constituye una temática que puede ser abordada a través del análisis espacial, el cual incluye la caracterización y diagnóstico de cada elemento y su incorporación en un Sistema de Información Geográfica, lo que permitirá obtener información nueva relacionada al origen y desarrollo de los procesos; así como establecer las zonas susceptibles y determinar medidas que resuelvan las problemáticas detectadas.

9.7 Procesos y métodos de análisis aplicados a la Evaluación de Riesgos Socionaturales

Como se ha mencionado, la evaluación de riesgos incorpora el estudio de otros componentes: amenaza, peligro, vulnerabilidad y exposición; cada uno de ellos requiere la aplicación de diferentes métodos que generan un abanico de información representada en capas cartográficas, bases de datos, recopilación de datos en campo, entre otras.

Ante la cantidad y variabilidad de información, el uso de técnicas de SIG y análisis espacial constituyen herramientas útiles para el análisis y obtención de información nueva; en primera instancia, los Sistemas de Información Geográfica permiten la visualización, organización, clasificación y transformación de datos, con la finalidad de realizar un primer acercamiento a las características de la zona de estudio.

Por otra parte, el conjunto de métodos y técnicas desarrollados dentro del análisis espacial y potencializado en ambiente de SIG, se enfocan en el tratamiento individual de cada factor que interviene en el problema de investigación desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa para posteriormente, determinar la serie de interrelaciones existentes y patrones de distribución que se traducen en modelos que, para la temática en cuestión, representan los escenarios de riesgo probables en el territorio.

9.8 Percepción Remota: insumos, métodos y técnicas fundamentales para la Evaluación de Riesgos

En los últimos 10 años el uso de la Teledetección o Percepción Remota para la evaluación del riesgo ha ocupado un lugar primordial en la evaluación del riesgo y el estudio de sus componentes como amenaza-peligro. Como se mencionó en apartados anteriores, el uso de las TIG ha facilitado la integración multifactorial de los elementos que dan lugar al riesgo, siendo la información derivada

de imágenes satelitales el principal insumo de información geoespacial multitemporal de las TIG.

De esta forma, la Percepción Remota o Teledetección se define como la información extraía de un objeto sin tener contacto directo con el mismo. Desde esta perspectiva, existen dos tipos de sensores capaces de extraer información del espacio geográfico conocido como pasivo y activo. Los sensores pasivos son aquellos que operan bajo las condiciones del espectro electromagnético emitido por el sol y dan lugar a las imágenes conocidas como "ópticas", mientras los sensores activos son todos aquellos que operan bajo su propia emisión de energía electromagnética (Figura 1) cuyos productos derivados se conocen como imágenes de radar de apertura sintética (SAR por sus siglas en ingles). Es a partir de estos sensores que se generan las imágenes satelitales que por lo regular captan el espacio geográfico a una altura mínima de 500 km.

Son este tipo de imágenes las más utilizadas tanto a nivel nacional o como mundial para la evaluación del riesgo, sin embargo, en los últimos años se ha dado lugar a el uso de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (RPAS): Drones para la generación de imágenes ópticas de resoluciones espaciales centimétricas; lo cual ha permitido realizar monitoreo más minuciosos del fenómeno cuya ocurrencia podría derivar en la ocurrencia de un desastre; representando así un peligro potencial para una población involucrada.

9. 9 Procesamiento de imágenes satelitales

Así, un procesamiento realizado a una imagen satelital implica cualquier cambio o interpretación realizado a la misma para extraer información espacial derivada de la observación desde el espacio; identificando dos tipos de procesamiento:

-Información derivada de un proceso de interpretación de la imagen satelital
-Información derivada de un proceso matemático para la extracción digital de información.

El proceso de interpretación de una imagen satelital fue una de las primeras técnicas que se emplearon para la extracción de información, lo cual depende en gran medida de la experiencia del especialista que se encuentre

manipulando la imagen. Dentro de la práctica común se encuentra la combinación de bandas dentro de un filtro de color primario (R: red, G: green, B: blue) para discriminar los objetos que componen el espacio en la imagen con base en las distintas tonalidades, para posteriormente segmentar la misma mediante un proceso de digitalización; derivando así un mapa temático que ayude a caracterizar cualquiera de las componentes que integran el riesgo.

Por otra parte, el procesamiento de una imagen satelital puede ser realizado mediante el uso de una serie de técnicas con un sustento matemático que permitan el realce digital de objetos o patrones que pueden estar asociados al fenómeno o peligro que se requiere caracterizar. De esta forma podemos identificar tres tipos de procesamiento digital aplicado a una imagen satelital:

-Procesamiento en el orden de la imagen: implica la aplicación de técnicas basada en la conectividad de pixeles en líneas y columnas, además de considerar el número de bandas que componen cada una de ellas. Dentro de los ejemplos de procesamiento podemos mencionar las aplicaciones de filtros para el realce de patrones o para eliminar ruido en la imagen, generación de mosaicos para homogeneizar áreas cubiertas por más de una imagen.

-Procesamiento en el orden de las frecuencias: este tipo de técnicas se basan en los valores de tonalidades de la imagen, reagrupando los valores de cada uno de los pixeles que la componen en función de su nivel de brillantez, este tipo de procesamiento es útil para eliminar artefactos en la imagen que impiden la correcta segmentación del objeto de estudio.

-Procesamiento entendiendo a la imagen como un vector: sus técnicas permiten agrupar los pixeles originales de la imagen como un campo vectorial permitiendo llevar a dichos pixeles a otro orden o eje coordenado donde la información original pueda ser reagrupada y separada de acuerdo a las necesidades, permitiendo así una segmentación ideal del fenómeno a analizar o monitorear.

Cabe destacar que todas estas técnicas son favorecidas por la alta recurrencia de adquisición de imágenes, lo cual permite realizar análisis multitemporales precisos logrando adquirir imágenes con una periodicidad entre 10 y cada 27 días; por lo cual el uso de imágenes satelitales en el manejo del riesgo se vuelven un insumo imprescindible ya que permite dar un seguimiento preciso para el entendimiento y modelación del fenómeno a estudiar.

9.10 El uso de telemetría satelital en México

El inicio de la adquisición de telemetría en México data desde el año 2003 con el financiamiento de diversas instituciones tales como:

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación) SEMAR (Secretaría de Marina) a través de la Estación de Recepción México de la Constelación SPOT (ERMEXS),
- Dando origen a las siguientes estaciones de recepción telemétrica
- Estación Virtual de Imágenes Satelitales de Muy Alta Resolución (EVISMAR); y a partir del 2012, a través del SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera)-SEDENA.
- Estación de Recepción México (ERMEX). En su conjunto se destacan por la adquisición única de imágenes multiespectrales ópticas, donde se estima que al menos en la estación ERMEX se reciben anualmente entre 60 y 70 mil imágenes; de las cuales únicamente la mitad son empleadas por diversas instancias orden estatal y federal.

Por otra parte, el uso de imágenes de radar en territorio mexicano es aún incipiente, esto debido al poco acceso que se tenía hasta hace unos años. Sin embargo, es de reconocer la iniciativa de los organismos gubernamentales y académicos por integrar la información generada a partir de este tipo de insumos espaciales en los diagnósticos para la directriz de las políticas públicas.

Así, ante la carencia de telemetría propia, una de las alternativas ha sido la liberación de imágenes satelitales en plataformas financiadas por diversos consorcios espaciales internacionales. En los últimos dos años se ha venido gestando a nivel mundial el acceso libre a información histórica y reciente de datos ópticos y con más énfasis en imágenes de radar, lo que ya no es una limitante para la aplicación de técnicas encaminadas a este tipo de imágenes; guardando un alto potencial para estudios en zonas donde la cobertura de nubes es constante la mayor parte del año como ocurre por lo menos en la mitad de nuestro territorio.

Por otra parte, a partir de la creación de la Agencia Espacial Mexicana en Julio de 2010 su política espacial ha impulsado el uso de este tipo de herramientas geoespaciales para el monitoreo de diversos fenómenos tanto naturales como antrópicos en México; siguiendo así la tendencia mundial por parte de las agencias espaciales en el monitoreo satelital para el uso de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) en la toma de decisiones oportunas durante un evento de emergencia.

En este sentido, uno de los máximos esfuerzos conjuntos por parte de las agencias espaciales para atender situaciones de desastres a partir de datos obtenidos desde el espacio es "La Carta Internacional: Espacio y Grandes Desastres" (LCIEyD), que representa una cooperación a escala mundial de agencias espaciales que de manera voluntaria ofrecen telemetría gratuita para la generación de productos cartográficos en tiempo real; con la finalidad de facilitar la atención y toma de decisiones pertinentes para disminuir el grado de afectación.

De esta manera, países que deben enfrentar una situación de crisis por la afectación de un desastre "espontáneo" y que no son miembros de este mecanismo de cooperación, pueden solicitar la activación del mismo mediante las autoridades nacionales de gestión de desastres de cada país o mediante organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Este servicio de emergencia opera desde año 2000 y ha sido activado en más de 500 ocasiones desde entonces, sin embargo, para el caso del territorio Mexicano se ha solicitado únicamente en 7 ocasiones de las cuales solo 3 fueron requeridas de manera directa por nuestras autoridades acreditadas en gestionar el riesgo y desastre; el resto de las alertas fueron solicitadas a través del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) como una necesidad del Servicio por analizar el fenómeno de manera propia.

Uso de las imágenes satelitales para el mapeo de "alerta temprana", una tendencia mundial. Existen alrededor del mundo diversas Agencias o Instituciones cuya principal directriz radica en la generación de información en tiempo real a partir de inteligencia geoespacial.

Tal es el caso de National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) en Estados Unidos, donde la información que se genera influye en las decisiones de política nacional durante eventos críticos de cualquier índole con base en conocimientos geoespaciales, principalmente mediante el uso de imágenes satelitales y de Aviones Aéreos no Tripulados que permiten realizar análisis tanto históricos como en tiempo real para la identificación de un objetivo a resoluciones espaciales precisas.

Otra de las agencias de mayor envergadura es el Centre National D'études Spatiales en Francia, cuyo objetivo principal es el cubrimiento y operación de todas las políticas públicas de orden espacial, entre la que destaca el estudio del cambio climático.

A nivel Latinoamérica existe el La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en Argentina, cuyo objeto es la gestión de emergencias, proveer de imágenes satelitales y mapas en tiempo real de las zonas afectadas por las crecidas de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay en el Litoral Argentino. Su telemetría es procesada en la Estación Terrena Córdoba, Argentina.

Así, la telemetría a la que tienen acceso forman parte del Sistema Italo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE), creado por la agencia espacial italiana (ASI) y la CONAE conformado por seis satélites: la constelación Cosmo SkyMed (cuatro satélites italianos en órbita) y dos SAOCOM de origen argentino (en construcción). Finalmente se puede citar la creación en 2015 del Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales (CNOIS) en Perú, cuya directriz radica en utilizar tecnología espacial a fin de contribuir con el desarrollo nacional y atención de emergencias a través de información satelital.

9.11 Bibliografía

Bender, S. (1993), GIS Application for Natural Hazard Management in Latin America and the Caribbean, Washington D.C.: Department of Regional Development, Organization of American States.

Centre National D´Estudes Spatiales (2015), Annual Report. pp. 57.

Diario Oficial (2015), Programa Nacional de Actividades Espaciales. Agencia Espacia Mexicana. Programa Institucional de la AEM.

Diario Oficial de la Federación (2010), Acuerdo por el que se establecen las reglas de operación del Fondo para la Prevención de Desastre. Poder Ejecutivo, Secretaría de Gobernación.

Gomarasca, Mario (2004), Basics of Geomatics, Milán, Italia: Springer

Haining R (2003), Spatial Data Analysis: theory and practice. Cambridge University Press.

Haining, Robert P., Goodchild, Michael F., (2005), SIG y análisis espacial de datos, Perspectivas Convergentes Investigaciones Regionales. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28900609. Consultado el 29 de septiembre de 2016.

Lira.,-J. (2009), Tratamiento Digital de Imágenes. Universidad Nacional Autónoma de México.

Maskrey, Andrew (1998), "La aplicación de los SIG al análisis de riesgo" en Maskrey (editor) 1998: Navegando entre brumas. La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al análisis de riesgo en América Latina, Lima, Perú: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina

Olaya, Victor, 2011. Sistemas de Información Geográfica, Creative Commons

Quirós, Manuel (2011), Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) Cartografía, Fotointerpretación, Teledetección y SIG, Salamanca, España: Ediciones Universidad Salamanca.
Rodríguez, Víctor y Bosque, Joaquín (2009), "Aplicaciones de las TIG en las ONG: problemas y soluciones" en Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano 8 – 17, Barcelona, España: Federación Española de ingeniería sin fronteras.
Secretaría de Marina (2012), Acciones y Programas: Estaciones Satelitales.
Sitjar, Josep (2009), "Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad" en Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano 8 – 17, Barcelona, España: Federación Española de ingeniería sin fronteras.
The international charter (2015), Space and major disasters.
Tomlinson, Roger (2008), Pensando en el SIG. Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes, ESRI Press
Fuenzalida, M.; Buzai, G. D.; Moreno Jiménez, A.; García De León, A. (2015). Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones. 1ra ed., Santiago de Chile: Editorial Triángulo.
United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) (2015), The Value of Geoinformation for Disaster and Risk Management (VALID).

Capítulo 10. Gestión Social de Riesgos: construyendo escenarios de futuro

Javier E. Thomas Bohórquez
Profesor Titular del Departamento de Geografía,
Universidad del Valle, Cali, Colombia

10.1. La gestión social del riesgo

Uno de los grandes retos, cuando se habla de riesgos, es la gestión de éstos; concepciones, predicciones, evaluaciones y zonificaciones, es decir, teoría y análisis del riesgo, adquieren verdadero sentido cuando se ponen al servicio de la gestión del riesgo, pero ¿Qué es la Gestión del Riesgo y qué implica? Aparentemente pregunta inoficiosa, porque muchos consideran que la literatura es ya, pródiga y concluyente. Revisemos entonces algunas formulaciones.

Para Campos y otros (2010:20), la Gestión del riesgo "*es un proceso social, impulsado por estructuras institucionales y organizacionales apropiadas, que persigue en forma permanente y continua la reducción y el control de los factores de riesgo en la sociedad a través de la aplicación de políticas, estrategias e instrumentos o acciones concretos, articulados con procesos sostenibles de gestión del desarrollo y el medio ambiente*".

Chuquisengo (2011:11), considera que la gestión ante el riesgo "e*s el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales*

para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos" e "implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible".

Una perspectiva poco conocida es la de la "Sociología Alemana de Desastres", allí Clausen (1983, citado en Bruer, 2008), ha planteado un modelo teórico para la interpretación y la intervención del riesgo, denominado CADOFL (FAKKEL, originariamente en alemán). Éste se basa en la identificación de las dimensiones que caracterizan el cambio social y las diferentes fases que atraviesa la configuración de los desastres; y concibe, la generación del riesgo, como la interacción de variables sociales, culturales e institucionales, que definen condiciones de vulnerabilidad y resiliencia de las comunidades.

Afirma este autor, que tres son las dimensiones del cambio social: la ritualidad (que va del estado más místico al más secularizado), la rapidez (el ritmo de modificaciones incorporadas) y la radicalidad (del estado más unido al más desunido); y seis son las fases del desastre: la Construcción de la paz, la Apariencia de la cotidianidad, el Desarrollo de clases, la Ocurrencia del desastre, el Fin de toda seguridad y la Liquidación de valores. "*Un desastre representa la intensidad mayor de cada una de estas dimensiones, es decir, constituye un proceso de cambio social extremamente mistificado, rápido y radical"*. (Bruer, 2008:3).

Una de las concepciones más integrales es la que nos aportaron hace ya más de una década Lavell y Franco (1996:11), cuando afirmaron que "*un sistema de gestión de riesgos se presenta como una organización abierta, dinámica y funcional de instituciones y su conjunto de orientaciones, normas, recursos, programas y actividades de carácter técnico-científico, de planificación, de preparación para emergencias y de participación de la comunidad, y su objetivo la incorporación de la gestión de riesgos en la cultura y en el desarrollo económico y social de las comunidades*".

Entonces, la gestión social del riesgo se puede entender "*cómo el proceso institucional y social mediante el cual, en sentido horizontal y vertical, se articulan una serie de políticas, actores, estrategias, instrumentos y acciones que buscan eliminar, estructuralmente (prevenir), y mitigar y reducir, coyunturalmente, los elementos y niveles de exposición de las comunidades frente a aquellos eventos potencialmente destructores, a la vez que incrementar su capacidad de respuesta, ajuste y recuperación, frente a los efectos adversos de ellas*". (Thomas, 2012:141).

Como proceso institucional, la política pública de gestión social del riesgo no es simplemente una respuesta mecánica, la de reducir la vulnerabilidad, sino la búsqueda y construcción de acuerdos sociales y políticos que garanticen evitar los niveles de exposición inicial de las comunidades ante eventos amenazantes, incrementar el acceso real a los satisfactores de las necesidades de aquellos menos favorecidos y con ello sus niveles de bienestar, generar equidad e inclusión para los excluidos, y capacidad de homeóstasis y resiliencia, para todos, ante los potenciales impactos de eventos destructores (Thomas, 2012). Desde esta perspectiva la gestión social del riesgo debe generar posibilidades de justicia espacial (Soja, 2014) con responsabilidad política y social.

En tanto condición social, la gestión social del riesgo exige que los diversos actores involucrados en la generación de vulnerabilidades, incluidas las comunidades expuestas, reconozcan los grados de responsabilidad o co-responsabilidad que les atañen y actuar coherentemente con ello; es decir, deja de ser una política pública típica de procesos de gobernabilidad territorial, para incorporar, además de ello, condiciones y mecanismos propios de gobernanza territorial, en el cual las comunidades no sólo son agentes de su propio futuro, sino también, por lo menos en parte, de su pasado.

Se trata de romper el círculo vicioso víctima-victimización-víctima, donde a la víctima la sociedad, a partir del acomodamiento particular de la fuerzas productivas y de la distribución del poder, le genera progresivamente vulnerabilidades estructurales[1] y donde la víctima, no en pocos casos, termina usando su condición para captar del Estado bienes y servicios, por lo menos temporalmente, que normalmente no recibe, y por tanto se "victimiza", como estrategia de "resarcimiento social y político"[2] , reforzando con ello su condición inicial

1 En este punto y desde lugares distintos, son dicientes los trabajos de Cuny, 1983; Wijkman, y Timberlake, 1987; Anderson y Woodrow, 1989; Blaikie et al., 1996; Davis y Cory, 1996; Quarantelli, 1996; Hewitt, 1996; Wilches, 1998; Escobar, 1998; CEPAL y BID, 2000; Rits, 2002; Kohler et al., 2004; CEPAL et al., 2005; Lavell, 2000 y 2008 y Thomas (2012).

2 Desafortunadamente estas situaciones se ven en Latinoamérica con demasiada frecuencia; aunque su objeto central de investigación no es ello, de los trabajos de De Soto (1987), Toledo (1991), Davis (2007), Duhau y Giglia (2008), Taylor (2010) y De Alba y Castillo (2014), se puede inferir ello; los resultados del PJAOC (Gobernación del Valle del Cauca y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC-, 2012) y de casi todos los procesos de "desastres" en zonas de urbanización irregular, evidencian como, año tras año, los impactos, las respuestas del Estado y de las mismas comunidades, así como los comportamientos de éstas después de estas situaciones, terminan cerrando aún más el círculo referido. Ilustrativo el caso referido en el periódico Vanguardia del 16-02-2014, titulado ¿invasores tienen casa, carro y beca? donde relacionan "mafias de avivatos" que se lucraban, en el municipio de Bucaramanga, capital del Departamento de Santander, de las ayudas dadas a "damnificados del invierno". Sin embargo, es importante

de víctima y su valoración y tratamiento, de parte del Estado y la Sociedad, como tal. Aquí es importante tener presente que a pesar de la condición progresiva de la vulnerabilidad (Blaikie y otros, 1996), que define la evolución espacio-temporal del riesgo y consecuentemente niega el carácter repentino y abrupto del desastre (Calderón, 2001), éste si determina una situación emergente "inusual" que se alimenta de la "cultura de la irregularidad" en que se desenvuelve un porcentaje importante de la población expuesta a amenazas, y que termina convirtiendo las situaciones de desastre como oportunidades para sacar ventaja de la irregularidad, en este caso la inusualidad, reforzándose así las causas, expresiones y condiciones que definen su carácter de víctima.

Como proceso de planificación, la gestión social del riesgo, implica; de una parte, que los distintos niveles de organización y de toma de decisiones del Estado se articulen de forma orgánica en la definición de políticas, objetivos, metas, estrategias y alcances en la creación de condiciones de seguridad territorial de las poblaciones expuestas a eventos potencialmente destructores; ello abarca tanto los diversos niveles territoriales existentes, desde lo nacional a lo local, como las diferentes dependencias públicas a un mismo nivel territorial; y de otra, la convergencia con la política de Ordenamiento Territorial, entendida ésta última como aquella que busca el uso equitativo y racional del territorio, incorporando criterios de sostenibilidad ambiental y desarrollo económico, social y cultural (Massiris, 2005).

Un ordenamiento territorial para la gestión social del riesgo debería:

1) Definir las estrategias territoriales que posibiliten romper el círculo vicioso de la localización y concentración, en zonas de riesgo, de los grupos sociales más vulnerables, con baja capacidad económica, social e institucional, para asimilar el impacto de los eventos destructivos, así como, para recuperarse de sus efectos;

2) Propender por el diseño y materialización de escenarios territoriales de futuro, que propicien inclusión social, participación política, equidad económica y sostenibilidad ambiental, en especial para los grupos menos favorecidos, como premisa fundamental para reducir sus vulnerabilidades ante eventos naturales potencialmente destructivos y aumentar su capacidad de resiliencia ante éstos;

---

dejar en claro que no se trata de condenar a las víctimas o tratarlos como delincuentes, sino romper el círculo vicioso que Estado, particulares y las mismas víctimas tejen alrededor de la situación que se genera y de la condición de permanencia y "ventajas potenciales" que se configura a partir de ella.

3) En consonancia con los criterios de sostenibilidad ambiental y sustentabilidad social, tender por la asignación de usos del suelo, que minimicen el impacto ambiental, la degradación de ecosistemas y la probabilidad de generar vulnerabilidades a las comunidades localizadas en el territorio;

4) Finalmente, establecer las restricciones en los usos del suelo, que generen condiciones y situaciones de deterioro del soporte de vida de las comunidades; que entren en conflicto con los objetivos de sostenibilidad ambiental y sustentabilidad social y/o expongan a las comunidades ante eventos naturales, actuales o futuros, potencialmente peligrosos; y que propicien, que por los procesos de apropiación y transformación de los recursos naturales, éstos se conviertan en amenazas.

Como procedimiento técnico la gestión social del riesgo implica, definir los referentes teóricos que permitan "comprender" la construcción de situaciones de riesgo, recopilar y sistematizar la información mínima que permita "conocer" el riesgo actual y futuro al que está y/o se expondrá la población (dinámica y evolución de amenazas y factores y niveles de vulnerabilidad), crear los escenarios y condiciones propicias para la intervención y transformación social de las vulnerabilidades, diseñar las estrategias que garanticen la atención oportuna y eficiente en la emergencia (planes y programas de contingencia) y prever las reservas financieras, sociales e institucionales, que permitan la supervivencia en la situación de emergencia y/o desastre, y la reconstrucción, rehabilitación y recuperación, en condiciones de transformación, posterior a la crisis. (Thomas, 2012).

Operativamente la gestión social del riesgo incluye los tres momentos identificados en la atención de situaciones críticas: antes, durante y después. El Antes, como su nombre lo indica, es la etapa anterior a la ocurrencia del evento y como tal implica el reconocimiento social e institucional de un riesgo potencial al que se está expuesto, y consecuentemente con ello, el diseño, ejecución y evaluación de medidas que permitan prevenir, reducir o prepararse ante los probables impactos a sufrir en la ocurrencia de un evento destructivo. Es el momento en el cual se puede prevenir la exposición y reducir los niveles de vulnerabilidad y riesgos a los que está expuesta la población y de allí su importancia y trascendencia. Incorpora gestión correctiva y prospectiva; la primera busca corregir situaciones de riesgo ya configuradas y la segunda, evitar, estructuralmente, que en el futuro se presenten condiciones de exposición de las comunidades ante nuevas amenazas o a las ya existentes.

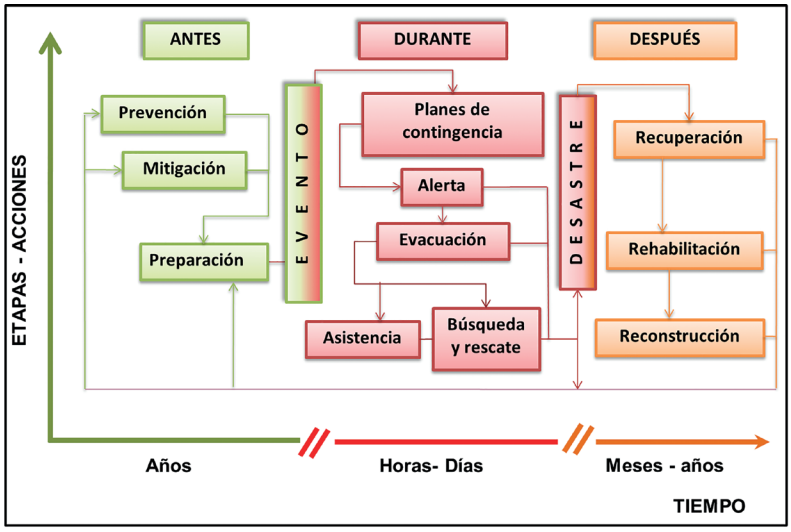
El Durante es el momento mismo de ocurrencia del evento; es allí cuando deben hacerse efectivos los Planes de contingencia, entendidos como los procedimientos operativos específicos, preestablecidos, interiorizados y mecanizados, de alerta, coordinación, movilización y respuesta ante la manifestación del evento y sus probables consecuencias. Este materializa, en cuestión de minutos, horas y máximo días, la preparación que durante años se ha hecho en el Antes y por tanto define, en buena parte, los costos finales que van a asumirse en el después. El éxito de este momento depende en gran medida, de la certeza que c/u de las personas involucradas tenga en "Quién hace Qué, Cuándo, Cómo y Dónde".

Se entiende por Después, al tiempo posterior a la ocurrencia del evento destructor y puede durar, dependiendo de la magnitud alcanzada por el desastre, desde días hasta años. Las acciones desarrolladas en ella establecen la capacidad de Resiliencia Social ante los desastres, o la capacidad de las comunidades afectadas de absorber y recuperarse de los efectos negativos generados por éstos, que incluye por supuesto, la transformación de las condiciones originalmente generadoras de vulnerabilidad o reconstrucción con transformación (Lavell, sf). La figura 10.1 muestra esquemáticamente etapas y acciones de la gestión social del riesgo en función del tiempo.

Allí se aprecia el carácter cíclico y permanente del proceso, la expresión diferencial que tiene el tiempo en cada uno de los momentos y el papel disruptor que adquiere el evento, como amenaza y su eventual materialización como desastre, que establece el tránsito de un momento a otro; es decir, sin la ocurrencia de un evento no se pasará a un durante y sin la configuración de un desastre no habrá un después.

En síntesis, la gestión social del riesgo no debe centrar las acciones en las amenazas o en el mismo riesgo, como algo instrumental, sino en las circunstancias particulares que hacen vulnerable a la población, es entender que el resultado de la ecuación del riesgo, en tanto producto social, es posible de modificar al cambiar la expresión formal de fuerzas y procesos productivos locales, la correlación del poder político y el papel legitimador que el Estado asume en esta situación, en función de los sectores más dinámicos de las economías nacionales, mejor preparados y resguardados frente a la ocurrencia de eventos extremos, y de donde, no necesariamente a partir de ellos, se producen condiciones seguras para la mayoría de la población, y de forma preponderante, para los sectores históricamente marginados y marginales.

Figura 10.1 Etapas y acciones de la Gestión Sociedad del Riesgo en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia.

10.2 Percepción del riesgo, cálculo, aceptabilidad y pérdida

Uno de los factores más difíciles de evaluar e incorporar en los procesos de gestión del riesgo lo representa la percepción de éste y, con base en ella, la estimación, individual y colectiva, de cálculo de pérdidas y su aceptabilidad.

La percepción, como medio de reconocimiento e interpretación de la realidad, es el proceso mediante el cual el cerebro decodifica y significa los estímulos recibidos a través de los sentidos, para configurar una impresión consciente del entorno. En esa medida, la percepción incorpora aspectos objetivos (estímulos) como subjetivos (su apreciación sensorial y valoración cognitiva). La psicología cognitiva, a través de los análisis del estímulo, la respuesta, como de las operaciones que median entre uno y otro (Delclau y Seoane, 1982), ha aportado información valiosa sobre los elementos que influyen en la percepción.

En el caso particular del riesgo, si desde la década de los 80s del siglo pasado aceptamos que el riesgo es una construcción social (Cuny, 1983; Douglas,

1986; Wijkman, y Timberlake, 1987; Duclos, 1987; Blaikie et al., 1996; Davis y Cory, 1996; Quarantelli, 1996), con mayor razón su percepción es un producto social y de por sí una construcción cultural, en donde dependiendo de la combinación particular, en espacio y tiempo, de ciertos factores, se aceptan o no determinados riesgos.

Conocimientos que el individuo tenga sobre situaciones amenazantes, experiencias previas que él haya vivido en relación directa con éstas, características específicas de la amenaza y su comportamiento (espectacularidad, recurrencia, familiaridad), carga axiológica y ética que tenga cada persona y, de forma preponderante, la sensación de control de la situación (seguridad) y el nivel de movilización emocional que genere la amenaza (indignación-ultraje), son los factores que confluyen, en combinaciones e intensidades distintas, en la percepción del riesgo de parte del sujeto.

Importante también tener presente la condición temporal y selectiva de la percepción del riesgo que define su carácter dinámico, ella cambia de acuerdo a la forma en que se conjugan estas variables y en el hecho de que el sujeto haya sentido o no el potencial de daño inherente en la amenaza presente (materialización de la amenaza y de su consecuente percepción); por tanto, un riesgo que hoy no esté dispuesto a tomar, dependiendo del acomodamiento particular de los factores mencionados, posiblemente en el futuro sí y viceversa.

Sandman (2003) establece un modelo interpretativo de la correlación entre el ultraje, presente esencialmente en el público, y el nivel objetivo de la amenaza, establecida por el juicio de expertos, dado que "*la gente presta muy poca atención al peligro, mientras que los expertos hacen caso omiso del ultraje. No es de extrañar, entonces, que uno y otro clasifiquen los riesgos de manera diferente*" (Sandman, 1987:22). Él (Sandman, 2003), encontró que la valoración del riesgo de parte de los expertos está basada en la información-evaluación de éste y que por tanto es objetivo, analítico, racional y empírico (basado en evidencias); mientras que la valoración del riesgo de parte del público, está basado en sus emociones, es subjetivo, irracional, manipulable e hipotético (conjetural).

Por tanto, la gestión social del riesgo debe incorporar en su análisis, y acercar en su gestión, la "p*ercepción individual del riesgo*", "la percepción social del riesgo" y la "*percepción experta del riesgo*"; en la primera, con base en mecanismos psicológicos y cognitivos particulares y cargas emocionales previas, el sujeto filtra la información del entorno y toma decisiones sobre que riesgos tomar

o no (riesgo aceptado), ésta, es complementada con la sensación colectiva de seguridad, frente a dimensiones o características no identificadas por él de este riesgo o frente a otros riesgos no percibidos directamente por él (riesgo no aceptado), pero si por otros, ello influye en su "emocionalidad" y se suma a una visión social del riesgo, que es contrastada con la valoración de los expertos que tratan de ajustarla a condiciones más objetivas, que son las que deben orientar la definición de la política pública (riesgo calculado).

Esto es importante ya que "*cuando las personas están alteradas, tienden a pensar que están en peligro, mientras que cuando están tranquilas, son proclives a pensar que están a salvo*" (Sandman, 2003:26). Estos extremos definen los sesgos más característicos en la respuesta del público frente a los riesgos, el optimista (subestimación) y el pesimista (sobreestimación); éste último genera sensaciones de euforia, miedo, especulación, baja sensación de control de la situación y por tanto, desconocimiento de la autoridad y las jerarquías, mientras que el sesgo optimista está acompañado de apatía, indiferencia, negación, sensación de control de situación y una transferencia de responsabilidades e impactos hacia otros. Más adelante, cuando se trate el tema de la comunicación del riesgo se apreciará que tanto el sesgo optimista como el pesimista demandan respuestas diferenciadas en la gestión social del riesgo.

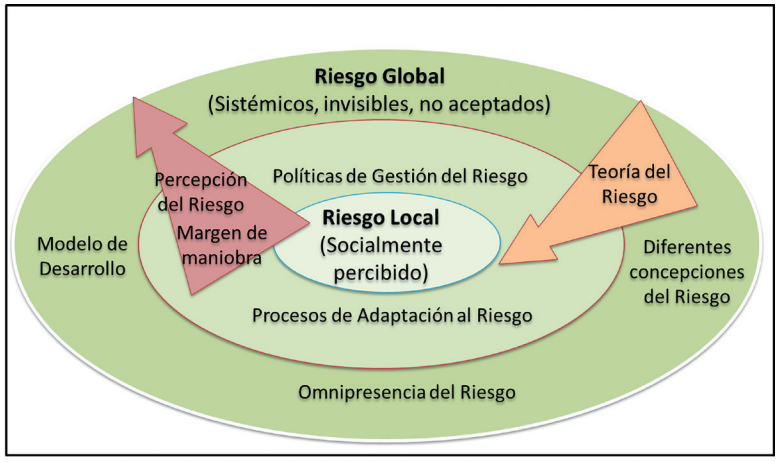
Un aspecto adicional es lo que se ha denominado "el fin del riesgo cero" (Guilhou y Lagadoc, 2002) o "La sociedad del riesgo global" (Beck, 2006), que tienen su soporte en los trabajos pioneros de Naatanen y Summala (citado en Egea, sf), en los que determinaron que el equilibrio entre motivos excitatorios (comportamientos arriesgados) e inhibitorios (comportamientos prudentes), como determinantes motivacionales en la conducción de un sujeto, definirá que su actividad se mantenga en un nivel de riesgo razonable. Esta condición de riesgo razonable se rompe cuando los riesgos a los que me expongo no son sólo involuntarios y desconocidos, sino sistémicos, emergentes y prácticamente omnipresentes en la sociedad global (Beck, 2008); en esta situación el "*margen de seguridad*" es desconocido y cada vez más disperso y difuso, dado la alta variabilidad, inestabilidad y mutabilidad de los factores generadores de riesgo, que establecen cada vez mayores niveles de incertidumbre y que complejizan las respuestas en los procesos de gestión.

Si bien los análisis de Beck están más referidos a riesgos tecnológicos (nucleares, industriales, biotecnológicos), su reflexión es válida también para aquellos que tienen un origen natural (vr. gr. cambio climático global), dado por el cada vez mayor grado de interacción entre los agentes causales naturales y su

correlación con factores antrópicos que funcionan como gatillo, catalizadores o amplificadores de sus impactos , como también en las ya referidas condiciones genéticamente generadoras de vulnerabilidad, que tienen asimismo un comportamiento global. Con ello la afirmación de Sandman, (1987:21) de que "*los riesgos que nos matan no son necesariamente los riesgos que nos enojan y asustan*", toma fuerza debido a la cada vez mayor presencia de riesgos no perceptibles y por tanto no cuantificados o cuantificables; aspecto este de enorme valía y de difícil solución.

La figura 10.2 muestra esquemáticamente los niveles de construcción y actuación del riesgo desde la escala global a la local y viceversa. Desde lo global, factores económicos, políticos y culturales (incluida la sociedad del conocimiento), definen no sólo una emergencia sistémica y universal del riesgo sino las concepciones de éste, que a través de la teoría del riesgo, inciden de forma descendente en la definición de políticas e instituciones que buscan reducirlo, como de estrategias de adaptación; a su vez, margen de maniobra y percepción se hacen más difusos a medida que nos vamos distanciando de lo local, precisamente por la condición indefinida, imprecisa y deslocalizada de éste.

Figura 10.2 Niveles de actuación de la actual Sociedad del Riesgo y su percepción



Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, un riesgo claramente percibido impele como mecanismo de protección una serie de respuestas calculadas que reduzcan el nivel de daño,

que el individuo no está dispuesto a asumir, en su eventual ocurrencia. A medida que la percepción se hace más consciente, el nivel de tolerancia se reduce, el cálculo de pérdida se agudiza y su aceptabilidad como un hecho inherente a su ocurrencia también disminuye. Por tanto, este es un elemento que debe valorarse en su justa medida en los procesos de gestión social del riesgo.

10.3 El riesgo aceptable

Si la percepción del riesgo plantea retos importantes en la gestión social de éste, la "*construcción del nivel de riesgo aceptable*" pareciera definir condiciones inalcanzables, por lo menos en el corto plazo, para nuestros países. No obstante, por lo que implica, deberíamos enfilar nuestras capacidades técnicas y voluntades políticas para establecer esta condición e incorporarla, tanto en la política pública, como en el imaginario social y político.

El nivel de riesgo aceptable parte del reconocimiento técnico y político, y la consciencia social, de que es imposible reducir a cero el impacto a sufrir por la eventual ocurrencia de un evento destructor y que, por tanto, debemos establecer un grado admisible de pérdidas "*que, a juicio de las autoridades que regulan este tipo de decisiones, se considera lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación física, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas socioeconómicas afines*" (Cardona, 1992:63). Coherentemente con ello podemos decir entonces, que el nivel de riesgo aceptable es el nivel de daños y pérdidas sociales y económicas que estamos dispuestos a asumir, como sociedad, o que estamos en incapacidad de reducir, como gestión; por tanto, esta valoración implica, de una parte, la aceptación voluntaria de un nivel X de daño que en una evaluación costo-beneficio no se considera altamente desfavorable, como de otra, de la imposición de un nivel Y de daño, que por limitaciones técnicas o por desconocimiento mismo, no podemos atenuar.

Por ejemplo, la decisión de ocupar ciertas áreas inundables porque sus suelos son altamente productivos implica una aceptación de cierto nivel de daño que se considera menor frente a los beneficios que reporta o puede eventualmente reportar, pero la decisión oculta o desconoce que determinado nivel de daño podría ocurrir por magnitudes o recurrencias no esperados, por circunstancias no valoradas, y que son impuestas a sí mismos, pero en espacial a terceros. Situación similar ocurre cuando un sujeto decide fumar, a pesar de conocer en mayor o menor grado el nivel de daño que se infringe a sí mismo, que involucra incluso cierta probabilidad de muerte, vs. la sensación de insegu-

ridad que pueda tener en un vuelo de avión y su decisión de tomarlo o no; en la primera el sujeto tiene una percepción de control de los factores de riesgo y por tanto los acepta y en el segundo, al sentir que no los controla, los asume de forma obligada.

Los estudios de Starr (1969) mostraron que las personas valoran diferencialmente el riesgo a morir por actividades voluntarias que por aquellas involuntarias. Las primeras son situaciones en que el individuo se expone de forma más o menos consciente y en las que de acuerdo a su experiencia y su propio sistema de valores, evalúa tanto su exposición como su probabilidad "cierta" de daño, para, con base en los resultados de su valoración, ajustar inconscientemente y en función del tiempo su respuesta.

En el caso de las actividades involuntarias, el sujeto está expuesto sin tener un control razonable sobre el riesgo, ello determina que pautas, procedimientos y decisiones de protección estén en manos de terceros, su sensación de inseguridad aumente y por tanto su respuesta sea inmediata y emocional. Según Starr (1969) el riesgo que se calcula para los riesgos voluntarios puede ser del orden de 100 muertes promedio por millón de personas anualmente, mientras que, para los involuntarios, caso de los desastres, alrededor de 100 a 10.000 veces menores que los voluntarios.

Estos cálculos han permitido en otras latitudes establecer cifras "concretas" a los niveles riesgo aceptable , pero en las nuestras, el ejercicio antes que guarismos implica ciertos grados de consciencia social y política que permitan poner en la agenda pública y en la de los medios de comunicación (como órgano de presión y control social), la necesidad de establecer límites en los daños potenciales a sufrir en la ocurrencia de eventos destructivos. Por ello, "*desde el punto de vista de las decisiones que se toman es probable que la idea de "riesgo inaceptable" sea preferible a la de* riesgo aceptable" (Lavell, 1996).

Independientemente de una u otra definición (riesgo aceptable o inaceptable) se requiere que la sociedad en su conjunto, pero en especial los tomadores de decisiones aborden y construyan formulaciones alrededor de los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles serán las pérdidas humanas y materiales que vamos a tener ante la ocurrencia de un evento X?
- ¿Dónde estarán localizadas? (espacial y socialmente).

- ¿Cuáles serán los costos sociales y económicos que ello causará?
- ¿Estamos dispuestos a tener estas pérdidas y asumir estos costos?
- ¿Caso contrario cómo podemos reducirlos?
- ¿Cuál es la relación costo-beneficio de ello?

Como vemos las respuestas a estas preguntas pasan necesariamente, tanto por valoraciones éticas y morales, como por una evaluación de la capacidad técnica y económica instalada, el nivel de conciencia y presión social que se ejerza, y sobre todo, de las condiciones políticas, normativas y jurídicas que definan el estado actual de cosas en la política pública, especialmente en el tema de gestión de riesgo. Todas éstas definirán una condición límite consensuada sobre los niveles de pérdidas a sufrir ante determinados eventos de cierta magnitud. Es claro que el nivel de riesgo aceptable está también en función de la evolución particular de la situación que define la conjunción entre magnitud-intensidad del evento-vulnerabilidad de la población, y por tanto, un evento de alta magnitud supone un número mayor de pérdidas a sufrir.

Sin embargo, es importante tener presente la "*condición progresiva de la seguridad*" que busca, en oposición a la "*condición progresiva de la vulnerabilidad*" (Blaikie et al., 1996), generar en el futuro niveles más limitados del riesgo aceptable que se traduzca, en la realidad, en menores pérdidas humanas y en costos económicos y sociales en las comunidades involucradas y en extensión en toda la sociedad.

En síntesis, en relación con lo que expresa el nivel de riesgo aceptable, la sociedad debe "acordar", en primera instancia y de forma preponderante, cuál es el número de muertos que ética, social y económicamente es tolerable tener en la ocurrencia de un eventual determinado y de la mano de ello, el costo social y económico asociado admisible; para luego "concertar" sobre las pérdidas materiales que pueden asumirse como un hecho concomitante a la ocurrencia de un evento determinado.

Esto demanda necesariamente y como acción complementaria, la asignación de aquellos recursos que garanticen generar la seguridad de las comunidades que están expuestas para garantizar que los límites de pérdidas definidos no sean superados. Por ello la presión social que se haga, la capacidad técnica y económica que se dispone y las condiciones políticas y jurídicas que definen la construcción de las reglas del juego sobre la ocupación en el territorio y los niveles de riesgo que se asumen, son fundamentales.

La discusión técnica sobre el punto de equilibrio en el cual los costos de protección no generan beneficios adicionales, adquiere en este caso un significativo matiz político, por cuando se trata fundamentalmente de vidas humanas y costos sociales intangibles ya que, tal como Thomas (2005:92) se preguntaba para el caso colombiano, "*¿Cuánto valen, por ejemplo, las vidas perdidas en Armero o Armenia, por sólo mencionar dos casos?, esas personas que murieron ¿cuál era su potencial productivo, educativo o social?, ¿cuánto le ha costado al país recuperar a los que no murieron, en saneamiento mental, recuperación física o re-adiestramiento productivo?, ¿cuánto vale la infraestructura productiva y de comunicaciones perdida?, ¿cuál es el costo de los flujos y productos económicos perdidos?, ¿cuál es el valor de reconstrucción de una ciudad?, ¿cuánto ha costado y a qué equivale la perdida de tejido social de una comunidad?, ¿cuál es el impacto que induce, en la esfera económica, política e institucional, la generación de altos niveles de incertidumbre, miedo y desasosiego?"* Como se aprecia de estas preguntas, cualquier costo que se asuma en prevenir es poco y sus beneficios son inconmensurables en comparación con los costos que genera un desastre.

Empero, algunos costos asociados a los bienes materiales pueden ser efectivamente transferidos a los sistemas de seguros. En esto también se esperaría que, para las comunidades más vulnerables y desprotegidas, que no son sujetos de interés ni cobertura para el sector financiero y de seguros, el Estado estableciera subvenciones o estrategias que permitan que un porcentaje de sus costos sean efectivamente transferidos a terceros.

Caso interesante el de la ciudad de Manizales en Colombia donde la municipalidad ha incorporado en el recibo del impuesto predial un cobro y recaudo de un seguro de daños a causa de desastres para cada predio de la ciudad, de acuerdo con el valor catastral del inmueble. "*El atractivo y beneficio social de este seguro colectivo consiste en que los que pagan el impuesto predial, al pagar la prima correspondiente para cubrir su propiedad, extienden la protección del seguro a aquellos predios que por su valor y estrato social están exentos de dicho gravamen (estratos sociales 1 y 2). Este seguro basado en subsidios cruzados es único en la región y ha sido de especial interés de organismos internacionales como el BID, el Banco Mundial, la CAF, reaseguradoras, entre otros, por su posibilidad de ser replicado en ciudades intermedias o mayores de los países en desarrollo*". (PREDECAN, 2009:24).

10.4 La comunicación del riesgo

La comunicación del riesgo es también otro elemento crítico en la gestión social del riesgo. La comunicación del riesgo no es, como pudiera llegar a pen-

sarse, el hecho de dar a conocer las decisiones que se tomen sobre las acciones destinadas a mitigar el riesgo; es decir, no se trata de un proceso instrumental al final de la gestión que simplemente pretende informar a las comunidades sobre medidas ya tomadas; se trata de un proceso complejo de reconocimiento, visibilización y configuración de conceptos, intenciones, percepciones, reglas e incluso situaciones, en las que se construye pensamiento y acción sobre el riesgo y sus componentes.

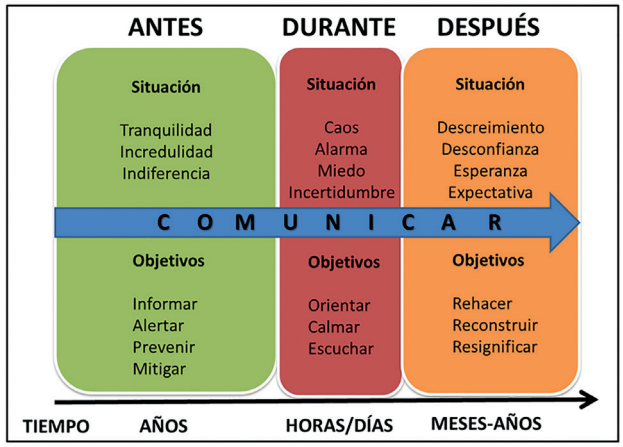
La comunicación del riesgo es entonces un proceso social y político que debe propender por modificar las asimetrías de la información que subyacen en la sociedad del riesgo y que definen el juego de poder de Estados y grandes multinacionales.

Es claro que "*la comunicación hace visible (o invisible) el riesgo, sirve para poner en común las diferentes definiciones y hacer públicas las políticas y las decisiones tomadas. Más aún, las comunidades de riesgo han de poner el acento en comunicar sus intenciones, en explicarse para justificar sus acciones, y en intentar acercar la visión del resto de actores a la suya sobre la definición del riesgo, su aceptación y las medidas de control a adoptar.*" (Gonzalo y Farré, 2011:68).

Por ende, la comunicación del riesgo más que herramienta al servicio de la información del Establecimiento debe permitir construir espacios, mecanismos e instrumentos permanentes de interacción y retroalimentación, tanto, entre los distintos niveles de la realidad que establece la sociedad del riesgo, como de la gestión social de éste y por ello, no puede considerarse ni independiente, ni externa, ni únicamente producto final, de salida, del proceso instrumental de la gestión del riesgo. Ésta debe contemplar las esferas política y técnica como fuentes poderosas en los procesos de definición, significación y gestión del riesgo.

Desde lo político, la decisión sobre qué se comunica, quién lo comunica y cuando se comunica, trata de conservar "la unidad" en la información que se divulga y a través de ello mantener el control de ésta y de la situación misma. Desde lo técnico, la teoría del riesgo construye los paradigmas que definen respuestas y preguntas válidas para la comunidad científica y que como conocimiento-poder codificar el marco jurídico y operativo de los niveles locales; empero, no hay que olvidar que el riesgo de la sociedad global está repleto de secretos, incertidumbres y falacias que expresan intereses económicos y políticos particulares y que contradictoriamente al buscar minimizarse la percepción del riesgo, ocultando información, no se hace más que incrementarlo.

Figura 10.3 Objetivos de la comunicación del riesgo según los momentos de la gestión



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, es importante tener presente objetivos-acciones de la comunicación del riesgo en función de los momentos y tiempos de la gestión del riesgo. La figura 3 sintetiza ello, allí se aprecia que la comunicación es permanente pero diferenciada según objetivos y alcances de las actuaciones.

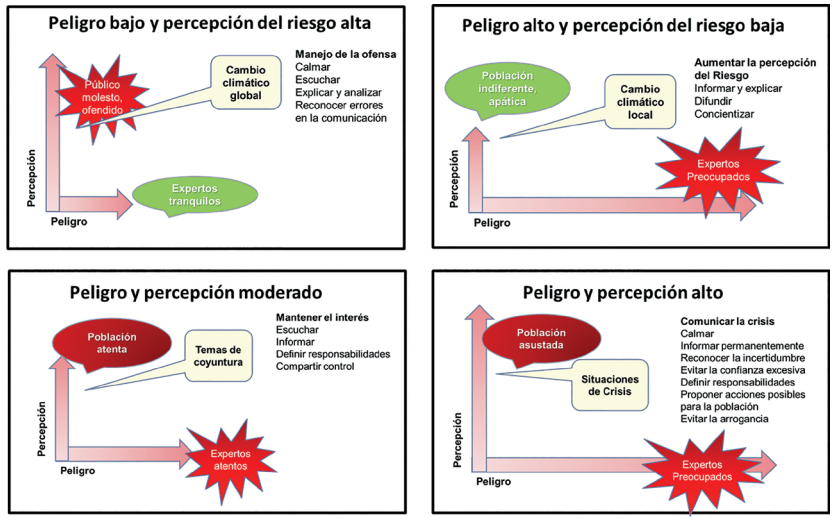
En el antes se debe mantener la atención de todos los sectores alrededor de las acciones de prevenir y mitigar, como condición inherente a la gestión; en el durante, como situación de crisis, se busca que la comunicación logre el objetivo fundamental de calmar la población, reducir sus impactos emocionales y sociales, apoyar las actividades de los cuerpos de socorro y favorecer el mantenimiento de la cohesión social en la incertidumbre; por tanto se debe buscar informar clara y permanentemente a la población, definir responsabilidades según protocolos, escuchar sus necesidades y demandas y estar dispuesto a apoyar las labores que demanden los cuerpos especializados; en el después, la comunicación debe potenciar los procesos de resiliencia social y ajuste económico que se requieran, rehabilitar y reconstruir la materialidad y rehacer y resignificar lo intangible, son los objetivos centrales de este momento.

En este punto es importante retomar los sesgos más significativos en la percepción del riesgo, por cuanto exigen objetivos y estrategias comunicativas diferentes. El sesgo optimista, aquel que minimiza el riesgo, requiere que la

comunicación hacía el público informe, explique y concientice; en una palabra, alerte sobre la probabilidad de ocurrencia y de daño que un evento destructivo podría generar; es decir, aumentar su percepción. El sesgo pesimista, aquel que maximiza el riesgo, demanda que la comunicación entre el sector técnico y la comunidad esté basada en acciones como calmar, escuchar, explicar, analizar y reconocer errores del proceso; en otras palabras, manejar la ofensa. Sesgo optimista o pesimista se puede presentar en cualquiera de los momentos de la gestión y está vinculado con la percepción que se tenga de él.

Igualmente, frente al ya referido modelo de Sandman (2003) que correlaciona el nivel de molestia del público y el conocimiento-percepción de la amenaza de los expertos, se puede decir que la comunicación del riesgo pretende, en estos casos, equilibrar estas variables para generar respuestas propicias en el público que faciliten la Gestión Social del Riesgo (ver figura 10.4).

Figura 10.4 Percepción y comunicación del riesgo



Fuente: Adapatado de Sandman 2003.

Cuando los expertos reconocen como bajo el nivel del peligro, pero la percepción del público es alta, éste estará ofendido, asustado, irascible y la función de la comunicación es el manejo de la ofensa, atenuar su percepción con base en información clara y precisa. La respuesta de la población es indiferente y apática cuando su percepción del peligro es baja, si ella se presenta cuando los expertos reconocen una verdadera amenaza, el objetivo entonces de la comu-

nicación es, sin alarmar, aumentar los niveles de consciencia frente a la exposición y vulnerabilidad que se tiene y en consecuencia la percepción del riesgo; en este caso la comunicación debe centrarse en informar y explicar.

En la circunstancia en que el nivel de precepción de la comunidad sobre el peligro es moderado y coincide en su valoración con los expertos, la comunicación del riesgo debe mantener la atención y el interés de la comunidad sobre agentes y factores amenazantes y sobre sus niveles de exposición y vulnerabilidad, la estrategia acá es escuchar, informar y compartir el control con todos los agentes sociales para construir autorregulaciones que no generen sesgos optimistas o pesimistas.

En el caso específico de situaciones de crisis, en el cual los niveles reales, según concepto de los expertos, y de percepción del peligro, de parte del público, son altos, se debe comunicar la crisis y los principales mensajes estarán asociados a calmar, informar permanentemente, reconocer la incertidumbre inmersa en la situación (que no implica necesariamente no tener o perder el control), evitar la confianza excesiva, definir las responsabilidades que todos y cada uno de los miembros de la sociedad tiene para contener los impactos y evitar el escalamiento de la situación, proponer acciones racionales y posibles de ejecutar de parte de la población y evitar posturas arrogantes que distancie al público de los expertos o tomadores de decisiones.

Concluyendo, la comunicación del riesgo juega papel preponderante en la Gestión Social del Riesgo; ésta construye conceptos, realidades y posibilidades de actuación, en los distintos niveles en que opera la realidad (desde lo global a lo local y viceversa), y además debe permitir la puesta en común de las instituciones, los expertos y el público en general, alrededor de las diversas situaciones que se den, definiendo canales de múltiples entradas que permitan una construcción dialógica que minimice los sesgos por control de la información. Esto exige de los expertos en el tema de la comunicación, inmensos niveles de responsabilidad social frente a qué, cómo y cuándo se informa, más allá de los intereses de rating que los pueda movilizar.

En esa medida la comunicación del riesgo debe asumirse como un pilar en la construcción de una gobernanza del riesgo en los que los principios de transparencia y rendición de cuentas, trascienda la política pública y se incorporen en exigencias a empresas multinacionales y a agentes generadores de riesgo y en la que los canales de comunicación sean su medio de difusión y control social. Por tanto, la comunicación del riesgo para la gobernanza de éste debe permitir, a través de su actuación, reducir los niveles de incertidumbre,

propiciar un aumento de la participación en la toma de decisiones, potenciar procesos eficientes y racionales de autorregulación y ser agente de procesos democráticos. Como se ve, no se trata simplemente de informar sobre alarmas tempranas, procesos de reubicación o restricciones de ocupación y uso del suelo.

10.5 Escenarios de riesgo

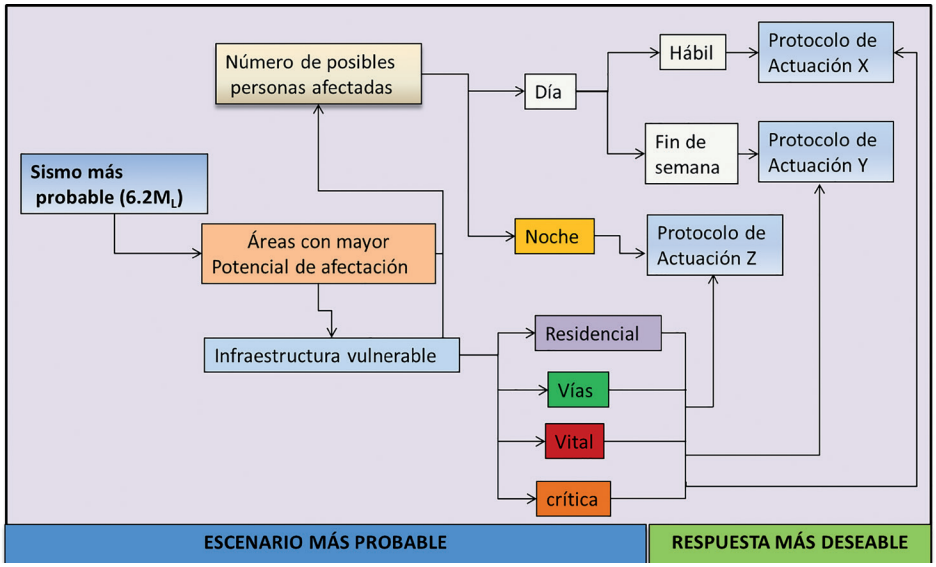
El teatro griego nos legó que un escenario es un espacio físico en el que convergen actores que, alrededor de una trama y acorde a un libreto, asumen ciertos roles que les permitan abordar y superar un conflicto, eje central de la historia; en este espacio se definen interacciones entre los personajes y el entorno a través de una puesta en escena, que propone cierta temporalidad de los acontecimientos. Análogamente, podemos decir que un escenario de riesgo es una representación espacio-temporal de una situación en la que convergen determinados grupos, que en condición de actores y según sus roles y competencias institucionales y sociales, buscan confrontar y superar el "conflicto" a generarse por los potenciales daños que produciría la eventual ocurrencia de un fenómeno con capacidad de destrucción, en una sociedad vulnerable a éste.

No obstante, la bibliografía especializada en el tema de "Desastres" y "Gestión del Riesgo" asume en general el escenario de riesgo como la representación gráfica de las interacciones entre las amenazas y sus causalidades y los efectos potenciales que éstas generarían en una comunidad (SINAPRED, sf; CENEPRED, 2015; Zilbert, 2001) y con base en ellas, la definición de ciertas estrategias o acciones de mitigación que reduzcan su impacto probable (Municipio de Caicedo, 2014; Municipio de Ragonvalia, 2013; Municipalidad de Villa María del Triunfo, 2011); es decir, se entiende que el escenario de riesgo representa la identificación, caracterización y evaluación de los factores amenazantes, sus causas y el nivel de relación entre éstas, así como el tipo y grado de daños que se puedan presentar, y consecuentemente con ello, la identificación y jerarquización de los principales factores que requieren intervención y las medidas posibles a aplicar; esto pretende superar "*la simple estimación de diferentes escenarios de consecuencias o efectos potenciales en un área geográfica que tipifica la noción más tradicional de escenarios en que los efectos o impactos económicos se registran sin noción de causalidades*"(Lavell et al., 2003).

Sin embargo, el escenario de riesgo, como visión anticipada de futuro, debe permitir identificar no sólo lo que podría suceder si llegara a presentarse o a

hacerse real una amenaza sobre un sistema vulnerable (CISP, 2006), sino también y de forma significativa, los tipos diferenciados de respuestas a desplegar en la situación que llegare a configurarse; éste, más que definir una situación fija y estática, evalúa la compleja combinación, tanto de variables, causalidades y efectos, que podrían producirse y que definen el "Escenario más probable", como la igualmente múltiple combinación de respuestas; idealizadas, predefinidas y protocolizadas; que ello demandaría y que podríamos llamar como la "Respuesta más deseable". La figura 10.5 muestra muy esquemáticamente lo que podría ser la configuración de un escenario de riesgo sísmico, según el sismo más probable de ocurrencia y la figura 6 cómo podrían priorizarse las acciones en el territorio.

Figura 10.5 Escenario de Riesgo Sísmico magnitud 6.2 ML
Fuente: Elaboración prpoia

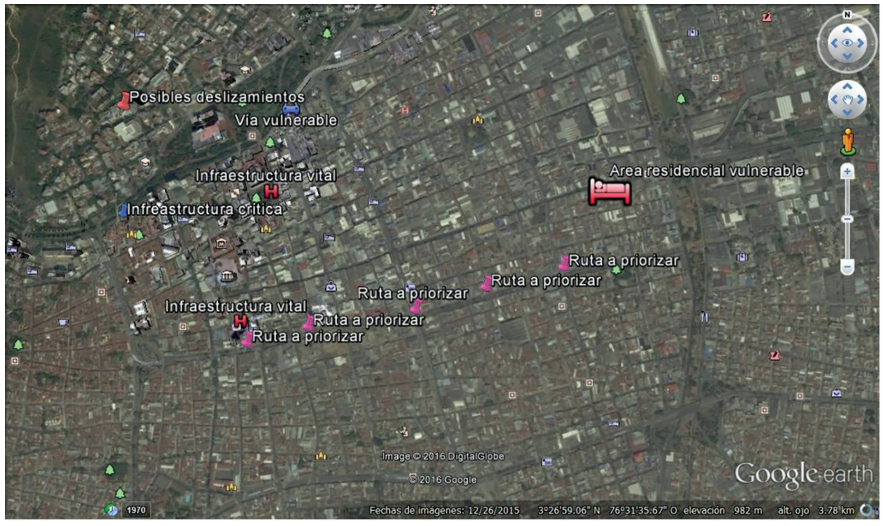


En otros términos, el escenario de riesgo es una herramienta que pone en consideración las diferentes alternativas de futuro, en función de los niveles particulares de cada amenaza, para determinar, en primera instancia, la situación con mayor probabilidad de ocurrencia; ésta, como condición de partida, se combina a su vez con las vulnerabilidades presentes en la sociedad expuesta para modelar la expresión espacio-temporal y escalar de los daños, y las respuestas que esta situación probable exigiría para reducir las pérdidas y aumen-

tar su eficiencia, tanto en la fase crítica (contingencia), de posterior recuperación (resiliencia), como de prevención y mitigación (preparación).

Esto pasa por la determinación y caracterización, tanto de los diversos actores que conforman la sociedad y que al representar intereses específicos se convierten en agentes generadores o disipadores de vulnerabilidades concretas, como de aquellos que conforman la "Red de Gestión del Riesgo", puesto que estos también expresan motivaciones y expectativas, personales e institucionales que, dependiendo de coyunturas particulares, definen alianzas, contradicciones o conflictos que inciden en las capacidades de movilización y de respuesta. En ese propósito, un escenario de riesgo debe contener como elementos mínimos los siguientes:

Figura 10.6 Priorización de acciones de escenario de Riesgo Sísmico magnitud 6.2 ML Fuente: Elaboración propia



a) Los mapas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos a los que están expuestos las comunidades. La cartografía de amenazas, vulnerabilidades y riesgos es fundamental para conocer el comportamiento espacial de éstos. Distribución y difusión espacial de eventos amenazantes y de factores de vulnerabilidad; áreas, puntos y rutas, críticos y estratégicos en la ciudad; eslabonamientos funcionales (sistemas de amenazas o de vulnerabilidades) y escalares (local-regional), etc.; permiten, definir estrategias espaciales, sectoriales y territoriales para mitigar

vulnerabilidades, priorizar las áreas de intervención según sus potenciales impactos, así como espacializar los planes de contingencia a implementar. Análisis multitemporales facilitarían el seguimiento y evaluación de la situación, pero exigen sistemas de información analógica y espacial que aporten y modelen información permanentemente.

b) Un esquema de las relaciones "causa/efecto" entre los elementos presentes en el Mapa de Riesgos. Establecer las causalidades y el comportamiento de ellas es esencial para determinar sobre qué elementos intervenir y sobre cuáles, por su estado de dependencia, no. Por ejemplo, un sismo, en su condición de amenaza, puede producir además de los efectos inherentes a la sismicidad, eventos de movimientos de masa en zonas de ladera de la ciudad; actuar sobre el primero es imposible, pero si se podría, eventualmente, reducir su factor detonante de los movimientos en masa, a partir de intervenciones físicas (estabilización de taludes), de planificación territorial (restricciones de uso o destinaciones de usos de suelo de bajo impacto urbano, reforestación) o tecnológicas (acometidas de servicios domiciliarios). Identificar el flujo de causalidades-efectos permitirá reconocer la forma como se van presentando los impactos en el territorio y cómo y dónde actuar para enfrentarlos.

c) Un mapa de actores y los tipos de relaciones entre los sectores que generan el riesgo y los que pueden intervenir en su solución. El reconocimiento de actores rebasa la identificación de este como agente de movilización y cambio de una situación particular; exige además esclarecer el papel que desempeña, el lugar que ocupa en la red que se establezca, su capacidad de movilización (motricidad), su resistencia a ser movilizado (dependencia), sus eventuales alianzas y choques con otros y las confianzas y resistencias que genere en la red. Esta cartografía permitirá reconocer los actores neurálgicos para la intervención institucional, social o política, en sus diversas fases, las sinergias a emerger de allí y las áreas de la red con mayores y menores accesos, posibilidad de intervención o capacidades instaladas. Igualmente dará ideas de cómo convergen o divergen éstos, según sus intereses y expectativas, en la configuración de vulnerabilidades y en las respuestas desplegadas.

d) La forma en que se expresarían los principales impactos en una condición de riesgo particular en función de una amenaza específica. A esto es lo que denominamos como "Escenario más probable", el que define con mayor "certeza científica" la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado, con una magnitud específica, en un momento en particular y en un área definida, que cuenta con unas vulnerabilidades concretas, que configuran consecuentemente una probabilidad "cierta" de daños puntuales. Este escenario probable tiene de hecho matices que deberían modelarse también, pues el

evento más probable no viene acompañado de una temporalidad segura de ocurrencia; éste puede presentarse en momentos diversos (día, noche, fin de semana, lluvia, etc.) y esto incide significativamente en los niveles potenciales de daños a sufrir.

e) Los planes de acción y protocolos de respuesta en la situación de riesgo a presentar. Estos configuran la "Respuesta más deseable"; planes de contingencia , recuperación, rehabilitación y reconstrucción y los protocolos de actuación, propician la construcción de condiciones de aseguramiento social y personal y de conocimiento y competencia institucional, que favorecerían las respuestas adecuadas en tiempos eficientes. Los planes mencionados exigen previamente la identificación de las áreas a resultar impactadas y los potenciales niveles de daños a sufrir, para configurar las acciones y estrategias en función de ellos y no como respuestas genéricas, que pueden o no ser efectivas. Es importante tener presente que el factor tiempo es un recurso escaso en situaciones de crisis; por tanto las respuestas deben ser rápidas, pero efectivas, ello pasa por la modelización previa de ellas, según la modelización previa de los impactos a sufrir.

Algunos cuestionamientos que pueden orientar la construcción del escenario de riesgo, en función de la amenaza, son:

a. ¿Cuál es el evento máximo esperado? (dependiendo del parámetro de medición)
b. ¿Cuál es su probabilidad?
c. ¿Cómo se comporta espacialmente el evento a modelar?
d. ¿Cuáles serían las áreas afectadas, según niveles diferenciados de la amenaza? (alta, media o baja)
e. ¿Cuál es el comportamiento funcional del evento?
f. Igualmente, en relación con la vulnerabilidad y el riesgo, se pueden formular los siguientes interrogantes:
g. ¿Cuántas personas están expuestas al evento y cuántas pueden resultar heridas o muertas?
h. ¿Cuáles son los factores que definen sus vulnerabilidades y cómo interactúan entre sí?
i. ¿Dónde están localizadas?
j. ¿Cuáles son los actores y los roles involucrados en el escenario de riesgo?
k. ¿Cuáles son las tensiones y conflictos y las alianzas que se puedan dar entre los actores involucrados en el escenario de riesgo?

l. ¿Qué tipos de elementos están expuestos?
m. ¿Qué tanto se afectarán las líneas vitales y los servicios básicos de la comunidad o del proyecto?
n. ¿Qué tanto se afectará la infraestructura?
o. ¿Cuál será el impacto sobre el ambiente?
p. ¿Cuál será el impacto financiero si se presenta el evento?
q. ¿Cuáles son los protocolos de respuesta diseñados? ¿Son acordes a la magnitud del evento esperado?
r. ¿Cuáles son las áreas críticas que se podrían presentar?
s. ¿Cuáles son las funciones sociales críticas que se puedan generar o resultar afectadas?

En uno y otro caso, antes que asumirse como un check-list, deben entenderse como preguntas orientadoras del proceso y que alimentarán de forma diferencial el "Escenario más probable" y/o la "Respuesta más deseable"; los productos más significativos del escenario de riesgo.

En síntesis, un escenario de riesgo establece un nivel de complejidad importante en su realización, asociado al volumen de información que debe manejarse para modelar tanto el "Escenario más probable", como la "Respuesta más deseable", en función de los tiempos de ocurrencia del evento; sin embargo, la utilidad de este tipo de instrumentos en el proceso de Planificación Territorial, pero en especial de Gestión del Riesgo, son incalculables en términos de vidas protegidas y daños sociales, económicos, ambientales y territoriales evitados. Esta vinculación estratégica, en términos de formulación de Política pública, es lo que determina la necesaria conjunción en la construcción de una "Gestión Territorial del Riesgo".

10.6 Los retos de futuro

El peso de las evidencias está demostrando que, aunque necesario, sigue siendo insuficiente el conocimiento que tengamos sobre amenazas y vulnerabilidades, para reducir los impactos que sufren las comunidades expuestas, en especial las de los países del hemisferio sur. Nos preguntamos entonces ¿Qué debemos hacer para reducir el número de personas expuestas y los niveles de daños sufridos por eventos destructivos? La respuesta no es simple ni única, pero sí está claro que debemos transitar cada vez más eficientemente de la Teoría del Riesgo a la Gestión Social del Riesgo.

No obstante, no hablamos de una gestión correctiva que palie conflictos sociales, territoriales o ambientales que generan o potencian "desastres" o una que los atienda de forma efectiva; se trata de una gestión prospectiva que posibilite construir escenarios de futuro de menor exposición y fragilidad, más equitativos, participativos y democráticos, pero en especial una gestión que permita hoy, en el presente, pasar de la "Evaluación de las vulnerabilidades" (entendidas como limitantes, restricciones, debilidades o fragilidades) a la generación de "Capacidades para la Gestión del Riesgo" (asumidas como posibilidades, oportunidades, fortalezas); el cambio de perspectiva, de carencia a existencia, permitiría que instituciones, expertos, sociedad, pero en especial las mismas comunidades, reconocieran y potenciaran recursos, actitudes y aptitudes locales en favor de la Gestión Social del Riesgo, entiéndase en este caso, bienestar, calidad de vida y desarrollo de base local y por ende, mayor capacidad de homeóstasis y resiliencia.

La identificación y generación de capacidades para la Gestión del Riesgo implica visibilización y valoración de los saberes y prácticas locales y una articulación en doble vía de los procesos organizativos, de lo comunitario a lo institucional y viceversa; capacidades individuales, comunitarias y organizativas locales, configuran respuestas concretas y suman complejidades organizacionales hacia las institucionales de nivel central, que establecen pautas y regulaciones de actuación y disponen de mayores capacidades logísticas, técnicas, financieras y jurídicas para la gestión. Es así como lo local suma a lo nacional y lo nacional reivindica y fortalece lo local.

A la par, la generación de capacidades para la Gestión del Riesgo exige que éstas sean pertinentes y sostenidas en y desde lo local y dado que las capacidades son inherentes a la condición humana, se debe involucrar a la totalidad de la población, sin distingo de sexo, condición social o escolar y no solamente a grupos particulares, organizaciones de base o líderes comunitarios. De la misma forma, son tan importantes las capacidades técnicas que disponga la población como las capacidades sociales que tengan o se puedan desarrollar.

En fin, los retos de futuro para la Gestión Social del Riesgo, además de los ya identificados en los numerales anteriores, están directamente vinculados con la sustitución de la mirada de las restricciones a la de las oportunidades, en visualizar a las comunidades como gestoras fundamentales de su futuro, en creer que, al margen de las falencias, siempre hay un potencial que es posible explotar; no se trata de adaptación pasiva a las condiciones del entorno que definen un Statu-Quo, sino de reconocer que son agentes de su transformación y darles oportunidad para que construyan su propia historia.

10.7 Bibliografía

Anderson, Mary y Woodrow, Peter (1989), Rising from the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster. Boulder, Colorado. Westview Press.

Beck, Ulrich (2006), "Living in the world risk society. A Hobhouse Memorial Public Lecture given on Wednesday 15 February 2006 at the London School of Economics", en Economy and Society, Volume 35 Number 3 August 2006, pp: 329-345

Beck, Ulrich (2008), "La sociedad del riesgo mundial: En busca de la seguridad perdida, Paidós Estado y Sociedad.

Blaikie, Piers, Canon, Terry, Davis, Ian, y Wisner, Ben (1996), Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. La Red, Bogotá.

Bruer, Verena (2008), "Participación y actitudes de la población como factores de influencia a una gestión del riesgo eficiente en el Perú", informe de prácticas en el Programa de Desarrollo Rural Sostenible (PDRS) de la GTZ., Perú.

Calderón, Georgina (2011), Construcción y reconstrucción del desastre. México D. F., ediciones Plaza y Valdés.

Campos, Ana, Zapata, Nancy, Aquino, Alberto y Puicon Jaime (2010), Incorporar la gestión del riesgo en la planificación territorial. Orientaciones para el nivel municipal, GTZ, Perú.

Cardona, Omar, 1992: "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo", en: Los desastres no son naturales, LA RED, Colombia, Tercer mundo editores.

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del riesgo de desastres (CENEPRED) (2016), Manual de evaluación de riesgos fenómenos naturales, Perú, consultado el día 4 de mayo de 2016 en la página: http://www.youblisher.com/p/806162-MANUAL-CENEPRED-FENOMENOS-NATURALES/

CEPAL y BID (2000), La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres: un tema del desarrollo, documento.

CEPAL, ONU, y GTZ (2005), Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales. Eduardo Chaparro y Matías Renard, Eds., CEPAL, Santiago de Chile.

Chuquisengo, Orlando (2011), Guía de Gestión de Riesgos de Desastres. Aplicación Práctica, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; BID; Soluciones Prácticas.

Cuny, Frederick (1983), Disasters and development, Oxford, University Press.

Davis, Ian, y Cory, Alistair (1996), "Modelos de desarrollo y vulnerabilidad" en Mansilla Elizabeth (Ed.), Desastres, modelo para armar, La Red eds.
Davis, Mike (2007), Planeta de ciudades miseria, Ed. Foca Madrid, España
De Alba, Felipe y Castillo, Oscar (2014), "Después del desastre… viene la informalidad. Una reflexión sobre las inundaciones en la Metrópolis de México", en Revista de Direito da Cidade, vol.06, n 01, pp.141-167
De Soto, Hernando (1987), El otro sendero. Editorial Oveja Negra. Bogotá, Colombia.
Delclau, Isidoro, y Seoane, Julio (1982), Psicología cognitiva y procesamiento de la información: teoría, investigación y aplicaciones, Pirámide Eds., Madrid
Douglas, Mary (1986), Risk Acceptability According to the Social Sciences, Russell Sage Foundation, Nueva York.
Duclos, Denis (1987), "Le risque: une construction sociale?", en La société vulnérable, J. L. Fabiani y J. Thyes (coord.), École Normale Supérieure, París, pp. 91-92.
Duhau, Emilio, y Giglia, Angela (2008), Las reglas del desorden: Habitar la metrópoli, Siglo XXI editores y UAM de México.
Egea, Amaro (s.f), El comportamiento humano en conducción: factores perceptivos, cognitivos y de respuesta, Universidad de Murcia, manuscrito.
Escobar, Arturo (1998), La invención del Tercer Mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo. Ed. Norma, Bogotá.
Gobernación del Valle del Cauca y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (2012), Plan Jarillón de Aguablanca y Obras Complementarias, CVC, Cali.
Gonzalo, Juan y Farré, Jordi (2011), Teoría de la comunicación del riesgo, Editorial UOC, Barcelona.
Guilhou, Xavier y Lagadoc, Patrick (2002), El fin del riesgo cero: frente a la ruptura histórica y ambiental. El desafío de reinventar el mundo, El Ateneo, Argentina.
Hewitt, Kenneth (1996), Daños ocultos y riesgos encubiertos: Haciendo visible el espacio social de los desastres, en Mansilla Elizabeth (Ed.), Desastres, modelo para armar, La Red eds.
Kohler, Alois, Jülich, Sebastian, y Bloemertz, Lena (2004), Manual El análisis de riesgo – Una base para la gestión de riesgo de desastres naturales. GTZ, Eschborn, Alemania.
Lavell, Alan (1996), "Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación", en Fernández María (Comp.) Ciudades en riesgo, la red, Bogotá.

_____ (2000), "Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre. El caso de Mitch en Centroamérica" Revista Del desastre al desarrollo sostenible: huracán Mitch en Centroamérica, BID, CIDHS, San José de Costa Rica.
_____ (2008), Una visión de futuro: La gestión del riesgo. Manuscrito.
_____ (sf), Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacía una Definición, Manuscrito.
Lavell, Alan, Cardona, Omar y Mansilla Elizabeth (2003), La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), PNUD.
Lavell, Alan y Franco, Eduardo, (Eds.) (1996), Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina, La Red, San José de Costa Rica.
Massiris, Ángel (2005), Fundamentos teóricos y metodológicos del ordenamiento territorial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colección investigación UPTC No. 1. Tunja.
Municipalidad de Villa María del Triunfo, PNUD, Comisión Europea, PREDES y Sistema Nacional de Defensa civil del Perú (2011), "Escenarios de riesgo y medidas de mitigación del riesgo de desastre en el distrito de Villa María del Triunfo, Lima.
Municipio de Caicedo (2014), Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, consultado el día 4 de mayo de 2016 en la página: http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Imagenes/caicedoantioquiaplandegesti%C3%B3ndelriesgo2014.pdf
Municipio de Ragonvalia (2013), Identificación y evaluación de los escenarios de riesgo naturales de Ragonvalia, Norte de Santander, consultado el día 4 de mayo de 2016. Disponible en: http://www.ragonvalia-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/36346635663265313434306162663338/identificacion-y-evaluacion-de-los-escenarios-de-riesgo-de-ragonvalia.pdf
Períodico the guardian (2016). Disponible en: https://www.theguardian.com/world/2011/mar/12/fukushima-nuclear-blast-japan-alert. Consultado el 19 de junio de 2016.
Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN) (2009), La gestión local del riesgo en una ciudad andina: Manizales, un caso integral, ilustrativo y evaluado. Serie: experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres, Lima
Quarantelli, Enrico (1996), Desastres y catástrofes: condiciones y consecuencias para el desarrollo social, en Mansilla Elizabeth (Ed.), Desastres, modelo para armar, La Red eds.

Rist, Gilbert (2002), El desarrollo: historia de una creencia occidental. Los libros de la catarata, Madrid.
Sandman, Peter (1987), "Risk Communication: Facing Public Outrage", en U.S. Environmental Protection Agency Journal, nov, pp. 21-22.
Sandman, Peter (2003), "Four Kinds of Risk Communication", en The Synergist, Journal of the American Industrial Hygiene Association, pp. 26–27.
Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de desastres (SINAPRED) (sf), Gestión del Riesgo para comités Territoriales de prevención, mitigación y atención de desastres, Programa Nacional de Capacitación en Gestión del Riesgo, Nicaragua.
Soja, Edward (2014), En busca de la justicia especial, Tirant, Humanidades, Valencia, España.
Starr, Chauncey (1969), "Social benefit vs. technical risk", en Science, american association for the advancement of science, vol. 165, sept. 1969.
Taylor, Peter (2010), "La red de ciudades mundiales y el planeta de barrios pobres: acceso y exclusión en la globalización neoliberal", en Miriam Alfie et.al (coords.). Sistema mundial y nuevas geografías. México: UAM-A/ UAM-C/UIA.
Thomas, Javier (2005), "Amenazas, riesgos y planificación territorial. Un acercamiento metodológico", Revista Perspectiva Geográfica No. 11, 2005, Escuela de Posgrado en Geografía; UPTC, Tunja.
Thomas, Javier (2012), "Desarrollo y gestión social del riesgo: ¿una contradicción histórica?", Revista de Geografía Norte Grande, 48: 133-157 (2011), Pontifica Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
Toledo, Alejandro y Chanlat, Alain (1991), Las otras caras de la sociedad informal. ESAN/IDE: Lima, Perú.
Vanguardia, periódico (2016), "¿Invasores tienen casa, carro y beca?". Bucaramanga, Santander. Disponible en: http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/247040-invasores-tienen-casa-carro-y-beca. Consultado el 28 de abril de 2016.
Wijkman, Anders, y Timberlake, Lloyd (1987), Natural disasters: acts of God or acts of man? International Institute for Environment and Development, Washington, D.C.
Wilches, Gustavo (1998), Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo: guía de la red para la gestión local del riesgo. LA RED, IT, Quito, Perú.
Zilbert, Linda (2001), Gestión local del riesgo: Material de apoyo para la capacitación: Desarrollando los contenidos.

Capítulo 11. Ecuación General de Riesgo (EGR): principios generales

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

José Ramón Hernández Santana
Instituto de Geografía,
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

11.1. Introducción

El presente trabajo muestra una actualización del artículo intitulado "Estudio del riesgo. Análisis multifactorial, multinivel y multitemporal" que fue publicado en el año de 2015 en la Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias (6(14):1-27 ISSN: 2007-512X); en el cual se replantean algunos conceptos que fueron discutidos después de la publicación del mismo en diferentes escenarios académicos nacionales e internacionales; y se muestran algunas de las formas de representación de la Ecuación General de Riesgo (EGR).

De manera general se presenta la ecuación conceptual y metodológica para el estudio del riesgo que es soportada por argumentos establecidos en la teoría sistémica., la expresión razonada que se exhibe es desagregada en cinco funciones básicas que la componen: la del geosistema perturbador, la componente humana, la del territorio, la sistémica y por último la gestión del riesgo. Finalmente, en el proceso de aplicación e implementación de la misma, se muestran diferentes formas para el análisis del territorio y la representación de la misma a través do conceptos matemáticos elementales.

Las nuevas perspectivas sociales, naturales, económicas y políticas que prevalecen en el tiempo presente representan elementos de juicio crítico y rigor científico para el estudio de los riesgos en cualquiera de las tipologías que estos presentan. La complejidad del estudio de los elementos que conforman al riesgo exige de metodologías capaces de comprender al territorio en un marco holístico y sistémico-caótico.

De acuerdo con lo anterior el objetivo del trabajo se concentra en presentar una propuesta conceptual e integral que permite el análisis del riesgo y de las variables que este posee; se explican los antecedentes y se enuncian los atributos esenciales de las variables que constituyen al grupo de funciones que integran a la ecuación propuesta. De manera particular la investigación revela algunas delas características inherentes al planeta que se asocian con la ocurrencia de desastres, y expone un bosquejo del marco histórico relacionado con estos.

La importancia de esta investigación radica en la propuesta de integración de variables que competen al estudio del territorio y los procesos que en este ocurren, se sustenta en el marco de la filosofía que aporta elementos de juicio y análisis para el establecimiento teórico y metodológico; toda vez que la teoría sistémica participa en la conformación de la estructura de pensamiento integral y, algunas metodologías ya validadas que contribuyen con la integración de la proposición. El trabajo ofrece al estudioso del espacio geográfico y al decisor territorial una visión integral para el desarrollo de estudios de diversa índole que relaciona la prioritaria temática del riesgo con el ordenamiento, la planificación y gestión territorial entre otros.

11.2 Bases teóricas

El desarrollo de la investigación se basa en la Geografía del riesgo y considera la perspectiva de la construcción social de éste. Los argumentos teóricos y metodológicos del territorio, los sistemas y los riesgos que se emplean para fundamentar la Ecuación General de Riesgo (EGR) se desprenden de los aporte de autores como Bertalanfy (1974), Tricart (1987), Van Gigh (1991), Burton y col. (1993), Calvo (2001), Ayala (2000), Beck (2002), Toscana (2006 y 2014), Ayala y Olcina (2008), Olcina (2009 y 2012), Espinosa (2010), Campos y col. (2014), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2000, 2003 y 2010), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2003) y Natural Hazards Journal (2007) entre otras.

Los cambios y transformaciones de origen físico, químico y biológico han acompañado a la Tierra desde que ésta se constituyó como un planeta en el Sistema Solar. La constante metamorfosis así como la transferencia de materia y energía había sido motivo de reflexión por parte de los filósofos presocráticos, destacándose entre ellos los naturalistas como Tales, Anaximandro y Anaxímedes, todos ellos originarios de la colonia de Mileto, así como Parménides, Heráclito y Empédocles quienes en conjunto, aportaron ideas acerca de los materiales y el movimiento de éstos; y como efecto de ello, los científicos de épocas diferentes formularon teorías y leyes acerca de la naturaleza como la del Uniformitarismo, la Evolución y la Tectónica de placas entre otras.

En el devenir, el accidente filosófico de la aparición del hombre y la inserción de éste en la phisis, convirtió a nuestra especie en un ente de acción, interacción y consecuencia de los procesos desarrollados en el planeta. Sin embargo, la versión histórica y el proceso evolutivo de los individuos exhibe una noción parcial acerca del sitio al cual denominó con diferentes acepciones como "Oikos" y "Ecúmene"; y en donde la idea limitada del territorio ha permanecido vigente hasta el tiempo presente en donde la sociedad actual mantiene por diversas razones un conocimiento pobre y circunstancial acerca de lo que ha ocurrido en nuestro entorno. Un ejemplo de ello se representa con la memoria y el recuento histórico que se tiene a partir del tiempo en el cual existe la auto-conciencia de ser una especie inteligente, puesto que al considerar que el Ardipithecus representa hasta el momento el punto de partida del hombre en el planeta, resulta que solo se rubrica el 0.08% de la historia de nuestro mundo si se asiente que la Tierra fue formada hace 4,600 millones de años (ma).

Es por ello, que la comprensión cabal de los procesos que ocurren en las esferas de nuestro planeta y la forma de integración sistémica resulta aún desconocida en el siglo XXI fuera del ámbito científico. Ello tiene como consecuencia desinformación, generación exacerbada de rumores y exposición a procesos por parte de la población; así como ignorancia sobre el territorio a gobernar y la falta de fundamentación ética sobre el actuar y la toma de decisiones. Una muestra de esta reflexión se encuentra cuando el común de la población, políticos, empresarios y medios masivos de comunicación presentan al cambio climático como parte de un futuro "dantesco" o "apocalíptico", cuando no se entiende que los cambios en el clima han ocurrido de manera periódica, y que aunque se tienen más referencias de las glaciaciones en Cuaternario, existen evidencias científicas que éstas han ocurrido desde que se formó la atmósfera primitiva en

el planeta; además, por detrás de este término, existe un complejo andamiaje de intereses políticos y económicos.

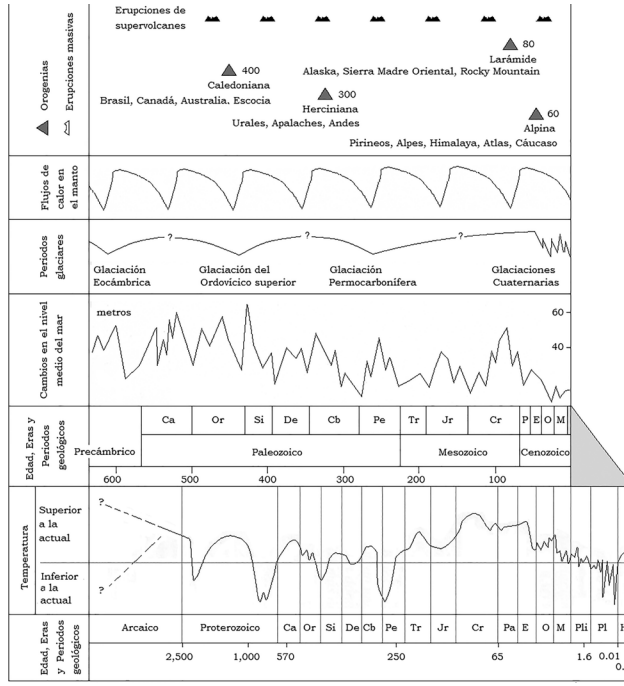
11.3 Reconocimiento "humano" de los desastres

Desde nuestra perspectiva se plantea la necesidad de entender al planeta Tierra como un sistema, puesto que desde este enfoque surge en primer lugar una disertación acerca del punto de vista filosófico y teórico de los conceptos aplicados al conocimiento de los procesos que en este ocurren, por ejemplo, la homeostasis, equifinalidad, entropía, autopoiesis y el feedback (retroalimentación positiva y/o negativa); todos ellos representan la definición del conjunto de procesos que han actuado a través tiempo geológico.

De acuerdo con Sagan (1984:45) el origen del planeta representa una "anomalía" astronómica así como la colisión con Thea (3,500 ma. Bp), evento que hasta la fecha se concibe como el primero de tipo "catastrófico" que cambió y transformó no solo la forma de la superficie terrestre, sino la ruta crítica de los eventos que han de ocurrir a través de la conclusión, rítmica y dinámica de ciclos astronómicos, geofísicos, geológicos, geomorfológicos y climáticos; tal y como ocurrió con la colisión del meteoro que impactó al norte de las costas de la península de Yucatán que modificó la física y química de la superficie, las aguas y la atmosfera hace 65 ma. aproximadamente.

La metamorfosis del planeta ha generado cambios en la geofísica y geoquímica al interior del planeta así como los pertinentes en la atmósfera e hidrósfera hasta el tiempo presente, ello representa y describe cambios sistémicos de regulación y búsqueda de equilibrio en el palimpsesto territorial y bajo las condiciones del binomio tiempo y espacio descritas por Kant. En la Figura 11.1 se muestra un ejemplo de las variaciones temporales y espaciales ocurridas en el planeta en donde el cambio, representa la confirmación de equifandad y la aparente pérdida de orden por desarrollo entrópico. Los registros sedimentológicos, las columnas estratigráficas y las huellas en los glaciares entre otras fuentes de información, atestiguan la constante transformación del planeta azul.

Figura 11.1 Diagrama general de cambios en variables estructurales de la Tierra a través del tiempo geológico.



Fuente: Construido con base en: Fairbridge (1982: 244); Heine (1990:25); Judson (1982: 134) y De Pedraza (1997:57).

En el marco del tiempo histórico los procesos naturales han impactado a la sociedad humana por diversas razones, destacándose entre ellas la ocupación del territorio, la forma de uso del mismo, la ignorancia, así como la negligencia y la carencia de referencias axiológicas.

Con la información publicada en diferentes medios resulta posible realizar una bitácora de eventos ocurridos en los cuales se observa de forma progresiva un aumento generalizado de daños en infraestructura, de damnificados y la consecuente pérdida de vidas humanas (Tabla 11.1); en un embozo general, el recuento de los daños ha sumado más de 107,000.000 víctimas mortales así como gastos de atención y recuperación que exceden centenas de billones de dólares.

Con base en ello en la Tabla 11.1 se muestra una recopilación de los eventos históricos registrados en la historia de la humanidad basada en Carmichael (2007); en éste puede advertirse el origen de los procesos que ha afectado en

mayor proporción a la especie humana, y con éste la distribución en el tiempo versus el número de eventos ocurridos.

Tabla 11.1 Eventos históricos registrados en la historia de la humanidad

Eventos catastróficos registrados															
Fecha	Cm	Tp	Ep	Ha	In	Ve	Oc	Pl	Dz	St	To	Ev	Ci	Id	Ex
ma y ka	1										1	12			
a.C.								1		1		1			
0-1200					1						1	1			
1200-1750			2		2	1		2		1		1			
1750-1900			3		4					2		2		1	1
1900-1950	1	1	4							7		1	5	1	5
1950-2000			1		2	1	1		2	9	5	6	7	2	
2000-2012			5		1		1		1	4			4		

Fuente: Carmichael (2007) Nota: La abreviación de ma significa millones de años; y ka (kiloaños) es decir, miles de años; por su parte, las siglas representan los eventos perturbadores a saber: Cm: colisión de meteorito; Tp: Tormenta de polvo; Ep: Epidemia/pandemia; Ha: Hambruna; In: Incendio; Ve: Ventisca; Oc: Onda de calor; Pl: Plaga; Dz: Deslizamiento; St: Sismo y tsunami; To: Tornado; Ev: Erupción volcánica; Ci: Huracán; Id: Inundación; Ex: Explosión. Fuente: Elaboración propia con base en Carmichael (2007).

Se observa que existe una mayor concentración de datos a partir de la primera mitad del siglo pasado, ello representa la capacidad y evolución humana para generar bases de datos y registros históricos a través de la investigación sistemática; y no una tendencia de aumento en el número de eventos catastróficos; es decir, la información referenciada en el cuadro no implica un fin apocalíptico; sino una serie de acontecimientos, vicisitudes y retos en el orden de la relación hombre-naturaleza y el registro metódico de información.

Tabla 11.2. Número de fallecidos por desastres naturales en el mundo.

Número de fallecidos por desastres naturales en el mundo						
Años	Terre-motos y tsunamis	Tempe-raturas extremas	Inundacio-nes	A + B + C	Total desastres naturales	% (A + B+ C) respecto al total de los desastres naturales
2003	26,616	74,748	3,770	105,135	109,957	95.6
2004	227,290	556	7,102	234,948	242,010	97.1
2005	76,241	814	5,754	82,809	88,887	93.2
2006	6,692	5,104	5,845	17,641	23,848	74.0
2007	780	1,044	8,565	10,389	16,856	61.6
2008	87,918	1,608	4,029	93,555	235,272	39.8
2009	1,888	1,212	3,534	6,634	10,806	61.4
2010	226,735	57,064	8,571	292,370	297,730	98.2
2011	20,946	806	6,142	27,894	31,324	89.0
2012	711	1,758	3,574	6,043	9,656	62.6

Fuente: Em-data, 2018.

11.4 Propuesta conceptual para el estudio del riesgo

El estudio de los riesgos ha encontrado puntos de vista variados y complejos, aunque muchas investigaciones han partido de la propuesta de la Comisión de Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (UNDRO). Los primeros trabajos se enfocaron a describir y caracterizar las variables de los "peligros" de origen natural, sin embargo, la discusión y crítica a dichos modelos se centraba en la exclusión de parámetros de orden social; otras se enfocan en la vulnerabilidad (humana y/o del territorio) y declinaron la importancia de los agentes generadores de procesos; y el común denominador de dichos trabajos era la auto propuesta conceptual y la tendencia o enfoque particular considerada como "válida o universal" según el autor o la escuela.

Todos estos manuscritos han formado parte de un constructo que permite en el tiempo presente proponer y consolidar un andamiaje de carácter holístico y sistémico que parte desde la noción metafísica de la filosofía para el estudio del riesgo. Esta propuesta y punto de vista se fundamenta en la búsqueda

previa del ser, al contestar preguntas como ¿es real?, ¿cuál es el significado?, ¿cómo es la naturaleza de la existencia? y ¿cuál es la relación entre la causa y el efecto? entre otras. Éstas, en el ámbito del análisis territorial se centran en definir y contestar cuestionamientos orientados a la génesis de información y conocimiento de los procesos de gestación y de la mecánica de articulación de los riesgos, como la peligrosidad regional, la percepción social, y la estructura de encadenamiento entre otros procesos (Tabla 11.3).

Tabla 11.3. Concentrado de información de propuestas relacionas con la vulnerabilidad

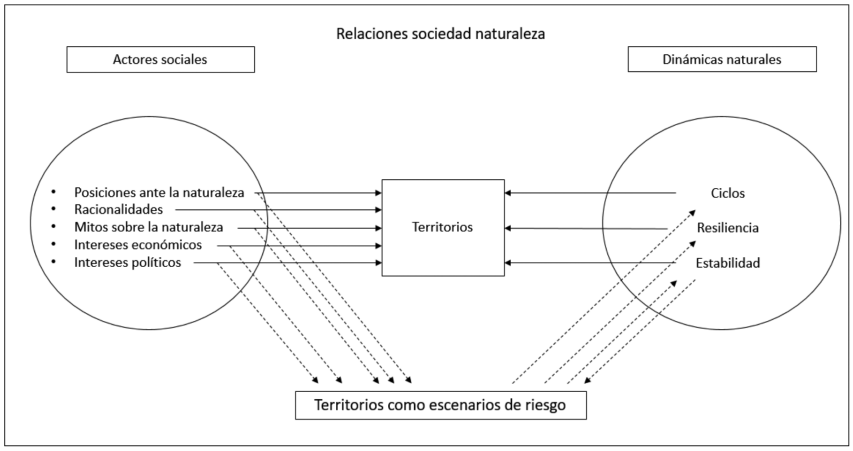
Vulnerabilidad	
Autor	Propuesta
Palacio A. (1995)	La vulnerabilidad ambiental refiere a la forma en que el ambiente involucrado en la génesis y desarrollo del fenómeno asimila sus efectos modificadores sobre el paisaje.
Capra F. (1998)	"…la emergencia de novedad constituye una propiedad de los sistemas abiertos, lo cual significa que la organización tiene que mantenerse abierta a las nuevas ideas y al nuevo conocimiento…"
Barrenechea et al., (2000)	Evaluación de la vulnerabilidad social ante el riesgo desde la perspectiva de la Teoría Social del Riesgo.
Velázquez y González (2003)	A partir de un nuevo modelo de organización de la sociedad y de su relación con el estado, los pobladores se convierten en sujetos que se empoderan y aportan a la gestión interviniendo en situaciones determinadas cuando comparten intereses, expectativas y demandas comunes.
O'Brien K. et al., (2004)	El conocimiento local es esencial para la reducción de las amenazas naturales. Es un pilar de la gestión.
Kuhlicke C. (2007)	El conocimiento local es esencial para la reducción de las amenazas naturales. Es un pilar de la gestión

Cannon T. (2008)	El conocimiento emergente tiene influencia en algunos componentes de la vulnerabilidad como la autoprotección, los medios de vida y el bienestar social.
Lampis A. (2013)	Considera la vulnerabilidad como el resultado en términos de impacto de las variaciones de las condiciones climáticas regulares en cantidades que reflejan pérdidas económicas y de vidas humanas (vulnerabilidad biofísica).
Hernández Y. y Vargas G. (2015)	Es posible construir dinámicas organizativas que eviten la construcción de territorios de riesgo a partir de nuevas posiciones de los individuos con respecto al medio ambiente natural.

Fuente: elaboración propia con base en Palacio (1995), Velázquez y González (2003) y Hernández Y. y Vargas G. (2015).

Con base en esta idea, el riesgo desde la propuesta conceptual y aplicada debe ser entendido como un proceso integral que compone variables territoriales, sociales, económicas, políticas y éticas entre otras (Figura 11.2).

Figura 11.2 Modelo de gestión y manejo del territorio con base en actores sociales y dinámicas naturales en el territorio



EGR =	Función del geosistema perturbador	+ Función de la componente humana	+ Función del Territorio	+ Función sistémica	+ Función de la gestión territorial

La estructura general de la ecuación se caracteriza por:

1. El origen, evolución, dinámica y distribución espacial de los procesos generadores del riesgo en cualquiera de los ámbitos de desempeño que le confieren; y de la relación que se establece con otros procesos que se asocian y encadenan con el primero; condición que provoca cambios en las condiciones "estables" de un lugar. A esta función se le ha denominado como el "Geosistema perturbador" acogiendo los principios elementales de la teoría sistémica y los conceptos establecidos por Palacio (1995:75).

2. La función más compleja para el análisis del riesgo es denominada como "componente humana"; la cual presenta elementos multinivelados que agrupan condiciones inherentes a la esencia y características que los hombres y las sociedades poseen; como es el pensamiento, la percepción, la preparación escolar, la educación, la estructura familiar y las condiciones generales de vida entre otras. A este componente algunos autores lo han llamado "vulnerabilidad", sin embargo este término al generalizarse se ha transformado en una ambigüedad cualitativa.

3. El tercer componente se relaciona de forma necesaria con la expresión territorial en el sentido más amplio que esta tiene, es por ello que interviene en esta función de valoración cualitativa y cuantitativa de las superficies de afectación, los atributos y forma de transformación, transporte y acción de la materia y energía asociada con el geosistema perturbador y el grupo de procesos encadenados relacionados con este primero. En este caso, la valoración del espacio posee múltiples puntos de vista y connotaciones diversas a saber de la funcionalidad, la objetividad y la subjetividad paramétrica de quien analiza, describe y califica el valor del espacio geográfico, es por ello que a ésta se le llama "función del territorio".

4. En el ámbito de la función sistémica el proceso de feedback se constituye como un factor que permite evaluar en cada función descrita, el proceso de evolución o involución que se desarrolla a través del tiempo. Conforme sea el comportamiento de las variables y la relación que existe entre éstas, la retroalimentación califica la mecánica positiva o negativa de las tendencias del sistema en estudio, forma los espirales de cambio (bucles) descritos por Fielberman (1984:15) y Pigeon (información personal, 2012); todo ello bajo la perspectiva

sistémica que integra razonamientos de equilibrio, entropía, negantropía, equifinalidad, holística, complejidad y caos.

5. La última función del riesgo se encuentra conformada por el grupo de procesos y acciones que se ciernen en torno a la comprensión cabal de las funciones antecedentes y la distribución espacial de éstas en el espacio geográfico, y al conjunto de trabajos encaminados hacia la toma consciente y razonada de decisiones. En éste apartado se destaca el concepto de la Gestión integral de riesgo local de desastre que se ha desarrollado bajo la perspectiva de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (UNISDR) que se enfoca en la lucha contra eventos extraordinarios.

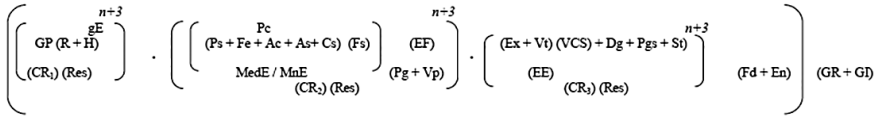
El *feedback* representa la capacidad para evaluar cada una de las variables que componen a un sistema en la cual se consideran aspectos relevantes de contexto en el tiempo de ocurrencia de un evento en un periodo temporal que representa etapas geológicas y/o históricas definidas de forma precisa; así como valores de intensidad y cambios de energía emitida durante la ocurrencia de un evento. La inclusión de la retroalimentación en el sistema para cada fase y función de estudio evita el riesgo de interpretaciones parciales o sesgos.
La EGR se descompone en la integración holística de las variables que la organizan, en la siguiente fórmula se exponen los elementos funcionales que constituyen a cada una de las funciones definidas a saber. Las variables registradas expresan:

Función del geosistema perturbador

Al desagregar las variables que conforman a la EGR se encuentra lo siguiente:

a. Factor multivariable de análisis potenciado (n+3). Representa para cada caso, tiempo y espacio a una serie de condiciones que caracterizan el desarrollo de cada proceso (individual o en conjunto) relacionado con la forma con la cual se estudia y analiza, todo ello como parte del análisis múltiple de variables en donde quien o quienes miden y clasifican, lo hacen bajo el amparo de la experiencia, el interés, la formación académica, la legislación, la economía o los frentes políticos según ocurra. Esta variable representa un abanico amplio de posibilidades de estudio e interpretación y por ende, puede compararse con la caja de pandora del proceso.

b. Geosistema perturbador (GP). El concepto fue introducido por Palacio (1995 citado en Espinosa 2010:649), en el cual se establecen diferentes fuentes de origen que generan cambios súbitos en el orden y dinámica de un territorio. La ocurrencia de un cambio de esta naturaleza se gesta a través de la integración de un conjunto de variables que disparan al geosistema pertur-



Función integral del riesgo

n + 3	Factor multivariable de análisis potenciado	Ac	Aceptación social del riesgo
GP	Geosistema perturbador	Ad	Adaptación social del riesgo
R	Factor relieve	Cs	Comunicación social del riesgo
H	Factor de hemerobia	MnE	Medidas no estructurales
gE	Geosistema(s) encadenado(s)	Sf	Seguridad y valoración financiera
Cr	Capacidad científica, tecnológica, social, gubernamental de respuesta	Ex	Exposición y susceptibilidad del territorio
Res	Resiliencia	Vt	Valor del territorio
Pc	Percepción científica	VCS	Valor de construcción social
Ps	Percepción social y sicológica	EE	Espacios esenciales
Fe	Factor educación	Dg	Diagnosis
Fs	Factores socioeconómicos y políticos	Pgs	Prognosis
MedE	Medidas estructurales	St	Sintéresis
EF	Estructura familiar	Fd	Proceso de retroalimentación (*feedback*)
Pg	Percepción del orden de gobierno	Fs	Funciones sistémicas (Equifinalidad, entropía, negentropía, homeostasis)
Vp	Voluntad política	GR	Gestión de riesgo
		GI	Gestión integral de riesgo local de desastre

bador. De forma general, alrededor de quince variables generales, cada una con las particularidades específicas son las responsables de la ocurrencia de la mayor cantidad de eventos catastróficos que la humanidad ha registrado a lo largo de la historia del planeta. Agrupados por tipología, (1) astronómicos, (2) endógenos (3) procesos de remoción, (4) hidrometeorológicos y (5) antrópicos, en la matriz siguiente (Tabla 11.4) se muestra la relación que existe entre las variables descritas en el párrafo anterior con los procesos más comunes que se asocian con la ocurrencia de catástrofes del orden natural y antrópica.

Como logra apreciarse, el peso específico de las variables genera un tipo particular de jerarquía factorial en donde las de origen geográfico representan el primer lugar de incidencia, seguidas de clima y/o las actividades humanas, los cambios de temperatura, la fuerza de gravedad y la precipitación entre las de mayor frecuencia; aunque ello no se correlacione de manera necesaria con la pérdida de vidas humanas o de diversas formas de infraestructura. Es por ello que para cada caso en particular, se requiere de una metodología que permita evaluar de forma cualitativa y cuantitativa aspectos como la condición de peligro que generan, las características sistémicas determinadas por la materia, la energía y la información en donde se comprende de éstos componentes, las variaciones y transformaciones físicas y químicas, la autorregulación, la pérdida de homeostasis, la variación y comportamiento en el tiempo y espacio, así como los antecedentes, estados de desarrollo territorial y el estado hemeróbico del mismo.

Tabla 11.4 Relación entre variables que se asocian con el desarrollo y evolución de los geosistemas perturbadores

Matriz general de variables asociadas con el origen de procesos del riesgo																
		Procesos químicos	Variables geográficas	Fuerzas geológicas	Fuerza de gravedad	Actividad humana	Hielo	Vegetación	Lluvia	Nieve	Bajas /altas temperaturas	Clima	Viento	Animales	Microorganismos	Topografía
1	Meteoritos y cometas	x	x	x				x			x	x				
2	Erupciones volcánicas	x	x		x								x			x
	Sismos		x	x	x											
	Tsunamis		x	x	x											
3	Avalanchas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	Corrientes de lodo		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
	Caída de rocas		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
	Deslizamientos		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
4	El niño		x						x			x	x			x
	Heladas		x	x			x			x	x					
	Huracanes		x		x				x			x	x			
	Icebergs y glaciares		x	x	x		x			x	x	x				
	Inundaciones		x			x		x	x		x	x				x
	Niebla		x								x	x				
	Ondas de calor	x				x					x	x	x			
	Rayos	x							x			x	x			
	Sequías					x		x			x	x	x	x		
	Smog		x			x					x	x				
	Tormentas de hielo		x	x			x			x	x					
	Tormentas de polvo		x			x		x				x	x			
	Tormentas de arena		x			x		x				x	x			
	Tornados		x								x	x	x			
	Ventiscas		x								x					
5	Epidemias					x					x	x		x	x	
	Explosiones	x				x										
	Hambrunas		x			x			x		x	x				
	Incendios	x	x			x					x	x	x			x

Fuente: Elaboración propia.

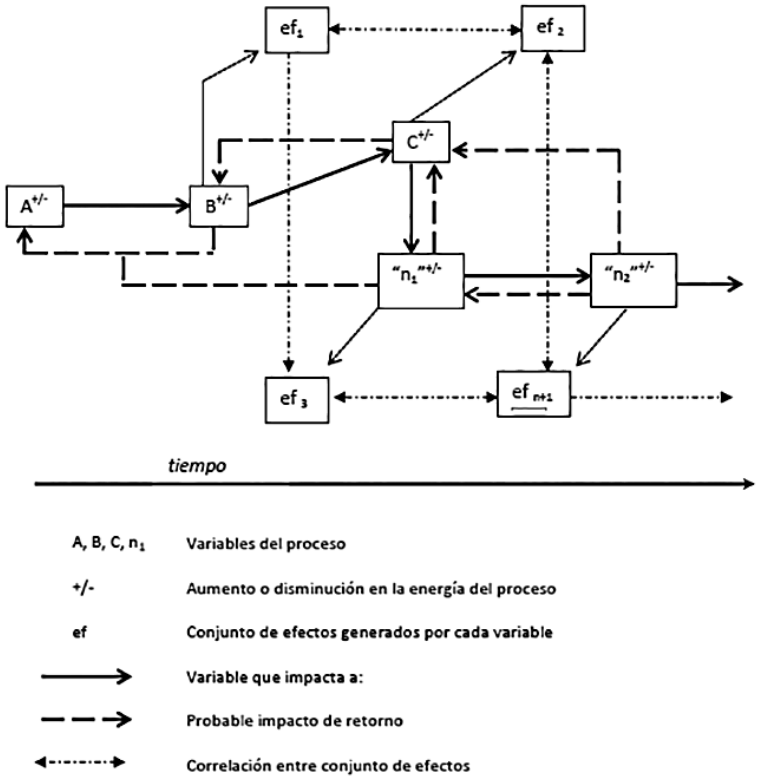
c. Factor relieve y hemerobia. El relieve es un factor fundamental para la comprensión del origen, evolución, dinámica y caracterización energética de los geosistemas perturbadores; sin excepción todos procesos se manifiestan y tienen expresión sobre la superficie en diferentes geoformas las cuales pueden presentar funciones de emisión, transporte y recepción de materia y energía.

En cuanto a la hemerobia, el grado de naturalidad-antropización del territorio representa una variable de correlación progresiva de los procesos perturbadores con la degradación ambiental.

d. Geosistema(s) encadenado(s) (gE). Un sesgo común en el estudio del riesgo se encuentra al estudiar a la peligrosidad o el geosistema perturbador como un ente independiente; no obstante, cada uno de ellos en el escenario territorial representa un activador potencial de otros procesos que son capaces de provocar más daños y elevar el grado de peligro. Descritos por Tricart (1987: 21) como "fenómenos de amplificación", la inclusión del término "geosistema encadenado" es retomada de Espinosa (2010:650), quien expone la amplificación de un evento en un sistema caótico que genera una serie de consecuencias multiniveladas. En la Figura 11.3 se esquematiza el comportamiento idealizado

Figura 11.3. Sistema complejo de relación y correlación entre variables y efectos generados por la activación de un geosistema perturbador y los encadenados. Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaborción propia.



de un conjunto de variables que representan a diferentes geosistemas perturbadores y la correlación entre los efectos o consecuencias que éstos generan.

e. Capacidad científica, tecnológica, social, gubernamental de respuesta (Cr). Refiere a la valoración de aspectos científicos, técnicos, sociales, políticos y sectoriales que pueden amortiguar o aminorar los efectos generados por los geosistemas perturbadores o las deficiencias encontradas en cada función del riesgo descrita. Representa al conjunto de elementos que proporciona información, fundamenta la investigación y la tecnología adecuada para mitigar, controlar o eliminar el origen y/o efectos de los peligros y/o razones de exposición que se desarrollan sobre el territorio.

f. Resiliencia (Res). El concepto se ha empleado en ámbitos de evaluación del medio ambiente y en general de los riesgos. El problema que éste encierra se remite por una parte a la selección de variables y al procedimiento para cuantificar el valor o peso que éstas tienen; y por otro, a la valoración cualitativa y/o paramétrica que tiene en el tiempo relacionada con políticas públicas, transición y estados económicos, órdenes de gobierno y gobernabilidad, así como a las condiciones que imperan en un Estado; todo ello comprendido en el campo de feedback. Por ello, debe quedar claro que el proceso de reconstrucción y vuelta al estado inicial de un sistema, representa si no en todos los casos un "estado utópico de deseo"; primero porque la equifandad y autopoiesis de un sistema natural, social o económico no se logra a partir de un reinicio; si no de la experimentación de un "nuevo estado" generado a través de la modificación de la trayectoria entrópica; y en segundo término; el constructo idealizado de regreso a un estado específico o idealizado representa una contradicción dialéctica en la naturaleza y el hombre.

Sin embargo, el valor de la resiliencia se encuentra en la propuesta de búsqueda de un nuevo equilibrio cuando las condiciones originales de un territorio se han transformado de manera súbita y en un periodo de tiempo corto; y cuando el concepto se aplica para conocer la capacidad de atención de emergencias y la relación capacidad-debilidad para el restablecimiento de las funciones de los servicios prioritarios de un sitio afectado. La vigencia y sentido de esta capacidad sistemática para lograr la homeostasis se adquiere también de manera post-evento; ello debido a que se convierte en piedra angular de la retroalimentación y preparación de los sociosistemas para enfrentar nuevos eventos, aunque como ha ocurrido en diferentes casos, la pérdida de la memoria histórica y la ausencia de consciencia territorial entre otras variables, aumentan el grado de exposición de una sociedad.

Función de la componente humana

a. Percepción científica, social y psicológica (Pc y Ps). Esta variable representa uno de los puntos de máximo conflicto en el estudio y compresión del riesgo. Caracterizada y analizada desde la teoría de la Gestalt, la percepción y la reacción generada a través de diferentes formas de respuesta se constituye como factor de choque entre las emociones, las creencias populares y las manifestaciones culturales, versus las expresión tácita y mecánica de la naturaleza, el temor a lo desconocido, la ignorancia, el miedo y otras reacciones de carácter psicológico.

Por ejemplo, el hombre desdeña las amenazas territoriales y basa su fe en la tecnología, confía de forma ciega ante ella, le gusta jugar al "Parque Jurásico", porque cree que posee el control absoluto sobre todas las variables que se relacionan con el origen y desarrollo de procesos perturbadores, por ello finca ideas y decisiones en soluciones técnicas integrales y en opiniones que carecen de sustento científico. Ello provoca dos escenarios: el primero en el cual hace creerse al hombre como dueño y conocedor absoluto del mundo al cual domina según criterio de orden económico, político o geopolítico, y el segundo engrandece la miopía antrópica al sentirse como un elemento independiente que contempla a un sistema sin pertenecer a él bajo un esquema de responsabilidad.

b. Factor educación (Fe). Retomando de Wilches (2000), la educación formal se yergue como un estandarte de progreso asociado al desarrollo y fortalecimiento de la cultura, siempre y cuando ésta se encuentre en un nivel óptimo en el cual los docentes se caracterizan por el trabajo enfocado al desarrollo de diferentes habilidades como las espaciales y las de pensamiento entre otras; mientras que los discentes de acuerdo con el nivel académico se comprometen en la construcción de una sociedad. El desencuentro de conciencias y de objetivos comunes resulta en retraso en diferentes ámbitos sociales, económicos y por ende de la cultura de prevención y protección entre otro cúmulo de consecuencias.

c. Factores socioeconómicos y políticos (Fs). Sin caer en un determinismo geográfico, los factores sociales, económicos y políticos encajonan en el mayor número de casos el tipo de acciones y resultados que una sociedad experimenta ante un evento de orden perturbador.

La conjunción de variables que pertenecen a este orden ofrecen diferentes alternativas y escenarios territoriales que anuncian o evidencian la articulación de condiciones que aumentan o disminuyen el grado de exposición o

vulnerabilidad de una sociedad; de tal manera que a mayor grado de rezago social, económico y político; mayor será la afectación directa o indirecta de un geosistema perturbador y viceversa. Esta última instancia representa un tipo de noción de regla generalizada, ello debido a que a través del tiempo se ha observado que regiones deprimidas con gobiernos débiles resultan más afectadas que otras; aunque ello no representa un condicionante de inclusión o exclusión de otro tipo de regiones o variables.

d. Medidas estructurales (MedE) y Medidas no estructurales (MnE). En el marco de la vulnerabilidad se considera la conjugación de variables asociadas con la posibilidad concreta de que un geosistema perturbador se dispare y active a un conjunto de ellos en donde, la posible cuantificación energética y dinámica del o de los que actúan, represente un nivel alto de afectación con estructuras sociales, económicas, políticas o naturales. Se considera la relación fortaleza-debilidad que poseen los elementos y subsistemas que componen a los órdenes mayores; entre algunas de las debilidades o fortalezas estructurales propuestas por Baro y col. (2014) se encuentran: las de Gobierno (gobierno, justicia, gobernabilidad y ética); las de Logística y regulación (gestión, operación y burocracia); las Constructivas (materiales, técnicas y normas de construcción) y las Sociales (educación, responsabilidad, conciencia, ética).

e. Estructura familiar (EF). La familia concebida desde la morfología posee un valor específico en el aumento o disminución de exposición a los geosistemas perturbadores. La tipología familiar y el grupo de relaciones en que se desarrollan representan la organización social de una comunidad y representa un arquetipo de lo que prevalece en un país en donde se destacan los sistemas de organización y comunicación entre otros. Según Díaz (2010:68) las familias se clasifican en nucleares, monoparentales y compuestas, mientras que las relaciones dentro de ellas pueden ser: buenas, rotas o distantes entre otras. En este universo, el modelo ideal de comunicación sobre el cual los planes de protección civil están desarrollados se centra en el primer tipo referido; sin embargo, las estadísticas en el mundo y de forma particular en México indican un repunte hacia las de tipo monoparental con predominancia paterna y hacia las de tipo disfuncional. Así que se considera la premisa de: si el núcleo básico de la sociedad se encuentra en punto de quiebre, ¿cómo esperar que las campañas de prevención social funcionen?, o ¿cómo logra la sociedad organizarse en tiempos de preparación, durante y después de algún evento? entre otras.

Ello representa el desencuentro en la ontología, en la deontología y la teleología de los sistemas persona y familia en el marco de una sociedad que

desconoce por voluntad o ignorancia la fundamentación filosófica de la vida y del sistema familiar; por este motivo al debilitarse la estructura del ente, el grado de exposición aumenta la forma proporcional al truncarse y desvirtuarse los sistemas de comunicación y protección en el entorno familiar.

f. Percepción del orden de gobierno (Pg). Resulta complejo valorar la percepción de quienes conforman los mandos de un Estado; y sin embargo, ésta se constituye como un factor determinante en el proceso de la gestión del ordenamiento del territorio, de la planeación y del riesgo entre otros tópicos sustantivos de un gobierno en cualquiera de las escalas que sea este representado. Este concepto de percepción se relaciona con el ámbito institucional con políticas, obras y acciones específicas que consideran al progreso y desarrollo como objetivos comunes de facto.
El paradigma que representa este hecho se centra en las tendencias modernas de ejecución de planes y programas que se basan en deficiencias asociadas a la ausencia de pasión política en donde los valores de servicio –aunque se reciten-, se someten a los intereses del mundo económico y a la modificación pragmática de los marcos axiológicos que proponen nuevos referentes culturales en donde la corrupción, la subordinación y el reduccionismo de poder orientado ante la vocación de servicio se muestran a través de una creciente fragmentación social, reducción de los niveles de bienestar social y de la calidad de servicios.

g. Voluntad política (Vp). La política pertenece a la condición humana, representa una vocación de servicio para lograr un orden social justo, es el bien común en la búsqueda del equilibrio con el deber y el derecho (Bilbao, 2012:351). Es por ello que en plano teórico, al parafrasear a Weber (1967:95) un político se caracteriza por poseer una vocación generosa de convicciones y observancia del bien común y una sólida estructura social. Aún y a pesar de las obligaciones que tiene el Estado sobre el estado de derecho, las bases jurídicas y normativas con la población, y sin el propósito de menoscabar a los pocos representantes que se ciñen a esta primera idea, el escenario común se presenta a través de un desprestigio –ganado a pulso- de quienes ocupan los puestos de altos mandos. De acuerdo con Bilbao (2012:358) la deshonra se relaciona con acciones comunes y repetitivas tales como el apoderamiento de la militancia, el reduccionismo del poder manifestado a través del electoralismo, la creencia absoluta en la necesidad de perpetuidad en el poder, la falta de sentido común y de preparación escolar, el servilismo partidario y el posicionamiento oligárquico entre otras.

Es por ello que esta variable representa para muchas entidades un retroceso en el orden, desarrollo y progreso de las mismas, y por ello, valorarla representa una necesidad social tangible que se supondría resuelta en el tiempo presente.

h. Aceptación, adaptación y comunicación social del riesgo

La inclusión de las tres variables se relaciona con los aportes de Toscana (2006), Greivins (2007) y Olcina (2009 y 2012); quienes reflexionan sobre el papel y dinámica funcional de las personas y los grupos de población que ajustan los patrones conductuales de acuerdo con condiciones de percepción, daño y ordenamiento.

Función del Territorio

a. Valor del territorio (Vt). El valor del territorio y lo que existe en este ha sido tema de estudio en el ámbito del riesgo, y de forma particular por aquellas corrientes que se centran en el análisis de la vulnerabilidad. Sin embargo, la medición y calificación paramétrica de este atributo resulta compleja, ello debido entre otras razones a la subjetividad de quienes evalúan y los criterios que emplean.

La valoración económica y las estimaciones a largo plazo resultan de forma paradójica más "sencillas" ante el contexto de lo natural o lo cultural; sin embargo, la calificación de parámetros sociales y económicos basados en estadísticas y datos suelen ser parciales, en donde la infraestructura básica, estratégica y de servicios posee una valoración específica y compleja. Palacio (1995:136), definía ya la problemática y calificaba al territorio como "socio-afectable", destacando en diferentes aspectos atributos particulares que describen tal complejidad. No obstante a ello, resulta importante considerar el hecho de conocer con particularidad cada uno de los elementos que componen al territorio al tratar de evaluarlos de la manera más objetiva posible. Los niveles que se deben incluir en la valoración de este apartado se centran en el Recurso humano (referido a la valoración máxima que la persona tiene desde perspectiva ontológica y cultural de la misma, es por ello que la sola cuantificación de la población es insuficiente para comprender la importancia que esta tiene en diferentes ámbitos); al recurso natural (que se entiende como todos aquellos valores tácitos, feno y criptosistémicos que el medio natural logra desarrollar en diferentes espacios de acción. En éste se reconoce el valor, así como del fenomenológico, endémico y biogeográfico de la geodiversidad en primer plano, y la biodiversidad que se manifiesta como resultado de la

integración sistémica de las esferas del planeta) y finalmente a los recursos antrópicos (que se circunscriben a toda obra hecha por el ingenio y la necesidad humana de expresarse, y desarrollarse en ámbitos sociales, económicos y políticos).

b. Valor de construcción social (VCS). La construcción social del riesgo de acuerdo con Toscana (2006 y 2014) representa el constructo metal que una población elabora conforme con los eventos que experimenta a lo largo de la historia en donde, la distancia del tiempo presente con la fecha de un proceso perturbador determina de cierta manera el patrón cosmogónico, axiológico y operativo de los grupos sociales. La memoria histórica resulta una variable importante a considerar si se entiende que a mayor distancia temporal, mayor es la curva del olvido y del orden de las prioridades sociales.

c. Espacios esenciales (EE). El concepto de elementos esenciales ha sido retomado de la propuesta generada por Hardy y Sierra (2005:91) en la cual se aborda conceptos de riesgo y exposición a éste desde una perspectiva de lógica borrosa, en donde se exalta el valor objetivo y subjetivo de los elementos que constituyen a un espacio determinado, en donde, los espacios urbanos o que posean una influencia directa de la actividad humana, son clarificados de forma jerárquica ante una potencial o real amenaza y la vulnerabilidad generada por ésta.

El principio de clasificar a los espacios referidos se enfoca en dos fundamentos: comprender la estructura y mecánica del funcionamiento sistémico del territorio y determinar cuáles de éstos se constituyen como base para resolver o no situaciones de crisis que enfrenta una población que se orienta hacia la toma de decisiones. De acuerdo con los autores referidos, éstos pueden ser considerados por el valor tácito que poseen, aunque ellos de forma no necesaria se relacionan con valores económicos o personales; éstos incluyen en sí un valor fundamental que se relaciona con la respuesta, evaluación y planificación territorial. Ejemplos de ello se encuentran en: las redes de abastecimiento de agua, de energía eléctrica, de alimentos, de acceso y tránsito o de telecomunicaciones entre otras, y pueden ser clasificadas según criterios de interés, utilidad, periodicidad y pertinencia.

d. Diagnosis (de potencialidad), prognosis y sintéresis. Desde la perspectiva de la Geografía del Paisaje los conceptos son retomados de De Bolós (1992:143, 158, 163) quién explica las condiciones de la capacidad de acogida del territorio confrontada con las funciones del mismo; la capacidad para el análisis de los posibles comportamientos del mismo para pautar la dinámica y la prevención de impactos.

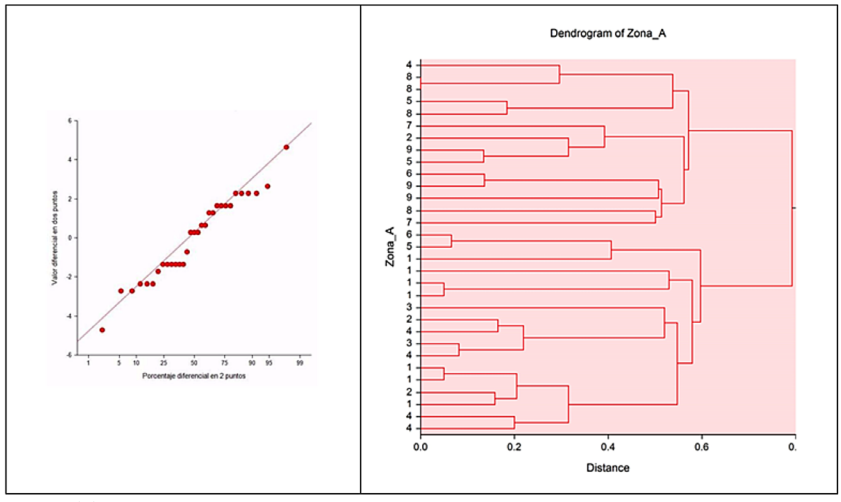
Modelos de representación

Finalmente, se han realizado deferentes ejercicios para representar las funciones de la Ecuación General de Riesgo destacándose cuatro grupos básicos. Fundamentados en modelos matemáticos se ha propuesto el análisis territorial y representación a través de regresión lineal simple, análisis multivariado, ecuaciones integrales, análisis impacto-probabilidad y análisis de redes; siendo el tercer grupo el que por lo menos hasta el tiempo presente ha mostrado la mejor respuesta de representación (Figuras 11.4, 11.5, 11.6 y 11.7).

11.5 Conclusiones

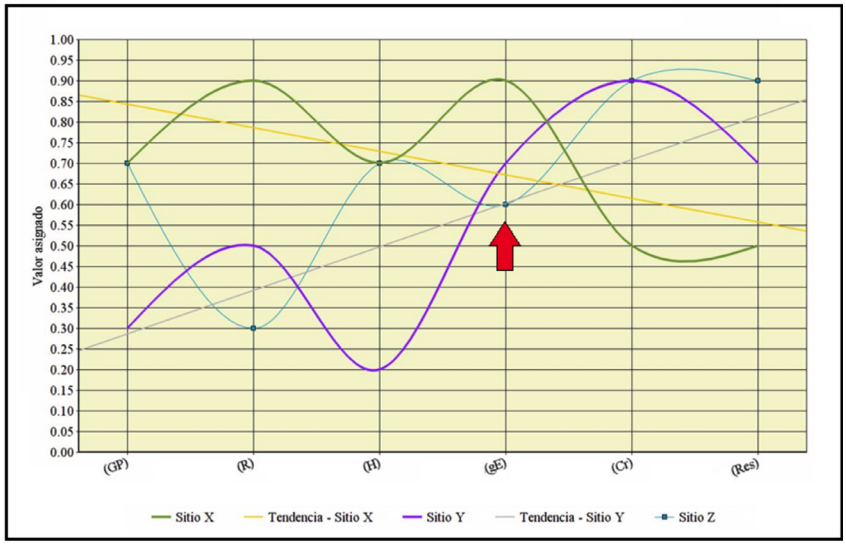
Las nuevas preguntas de investigación se plantean conforme se analizan las variables y la estructura de la ecuación presente. En éstas se denota la configuración sistémica que permite definir un concepto de riesgo desde una perspectiva multinivelada y multivariable. En el primer caso, se aclara la conformación jerárquica de los objetos formales que cada una de las funciones cumplen en la

Figura 11.4. Gráfica de regresión lineal simple de orden positivo (izquierda) y dendograma generado a través de análisis multivariado (derecha). Los gráficos se construyeron a partir de un ejercicio para la evaluación de riesgo debido al desarrollo de procesos de remoción en masa en la ciudad de Toluca en México



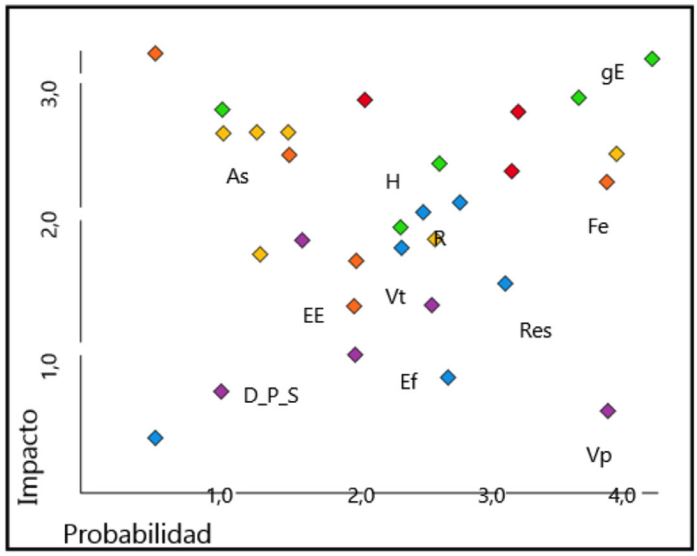
Fuente: elaboración propia.

Figura 11.5. Representación gráfica de una ecuación integral para el ejercicio referido



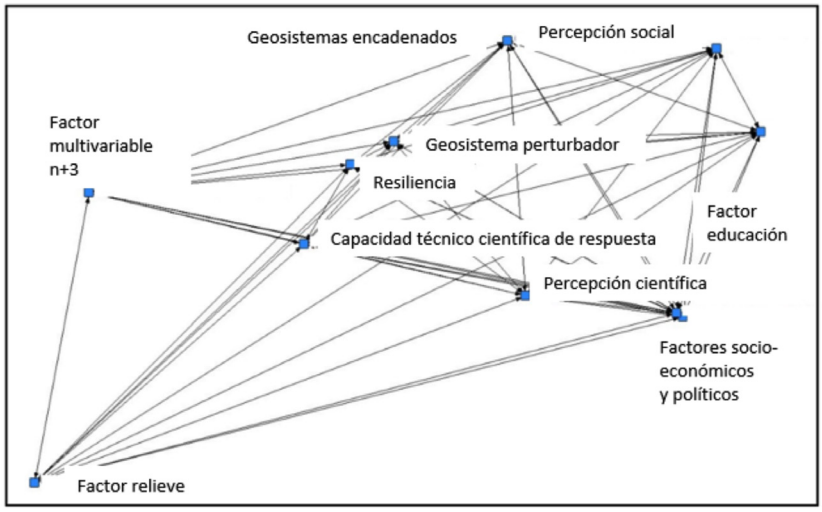
Fuente: elaboración propia.

Figura 11.6. Representación gráfica de un escenario de impacto-probabilidad para el ejercicio referido



Fuente: elaboración propia.

Figura 11.7. Representación gráfica de un escenario de redes para el ejercicio referido



Fuente: elaboración propia.

dinámica territorial, toda vez que en el segundo caso explica como el concepto se engrana por variables que poseen pesos específicos disimiles debido entre otras razones a que los contextos territoriales se organizan siempre de forma diferente.

Es la particularidad geográfica descrita a través de los sistemas abiertos la que no permite generalizar al territorio, es debido a esta razón que aumenta el grado de complejidad en la comprensión de los procesos que se desarrollan en este y de la, o las formas de articulación entre los componentes del éstos. En otras palabras, la complejidad del has de relaciones y las preguntas asociadas al riesgo pueden se explicadas bajo la óptica de la entropía y la equifandad, sin embargo, la dimensión real del riesgo tiende casi de manera "innata" a la creación de condiciones autopoiéticas; el análisis del riesgo no es lineal.
Esta afirmación representa una paradoja dialéctica debido a que la propia contradicción es la que se revela diferentes etapas, procesos, estadíos de desarrollo y contextos que interactúan en un mismo tiempo y espacio, y que se modifican en torno a estas mismas.

Si bien, se han planteado y descrito al conjunto de las variables que constituyen a la ecuación del riesgo desde una perspectiva que se fundamenta en la teoría sistémica, el riesgo posee por naturaleza una característica caótica

que resulta difícil de explicar desde una óptica monodimensional. El segundo problema que esboza la Ecuación general del riesgo se ciñe al encuadre entre el concepto y el conjunto de métodos que serán necesarios para obtener parámetros que representen por una parte, los atributos, condiciones de cada una las variables que conforman a las funciones del riesgo descritas en un territorio; y que reflejen a través de la aplicación y validación, los parámetros de la realidad territorial; entendida esta desde el punto de vista del lenguaje científico y la concepción filosófica-geográfica del espacio.

Este trabajo obliga a una siguiente fase en donde se logran plantear metodologías específicas que se apliquen en escalas de análisis a detalle y a la generación de nuevos cuestionamientos que permitan responder a las preguntas básicas que el estudio del riesgo plantea.

11.6 Bibliografía

Ayala J. (2000), La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico administrativo de evaluación de riesgos para la población. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles No. 30. 37-49 p.

Ayala J. y Olcina J. (2008), Riesgos Naturales: conceptos fundamentales y clasificación, Barcelona: Ed. Ariel Ciencia.

Banco Interamericano de Desarrollo (2000), El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe: Plan de acción del BID. Publicado en publications.iadb.org/discover; Consultado en agosto de 2015.

Banco Interamericano de Desarrollo (2003), Gestión del riesgo de desastres naturales: Sistemas nacionales para la gestión integral del riesgo de desastres: Estrategias financieras para la reconstrucción en caso de desastres naturales. Disponible en: publications.iadb.org/discover. Consultado en agosto de 2015.

Banco Interamericano de Desarrollo (2010), Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para en América Latina y el Caribe: Informe resumido. Disponible en: publications.iadb.org/discover. Consultado en agosto de 2015.

Baro J., Díaz C., Calderón G., Esteller M., Cadena E. y Franco R, (2012) Metodología para la valoración económica de daños potenciales tangibles directos por inundación. México: UAEM

Beck U. (2002), La sociedad del riesgo global. Madrid: Ed. Siglo XXI.

Bertalanfy L. (1974), Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, Desarrollo, Aplicaciones, México: Ciencia y Tecnología. Fondo de Cultura Econó-

mica; Séptima reimpresión.
Bilbao G. (2012), "El político: del desprestigio a la dignificación", La cuestión social. Documentos, ensayos y reseñas de libros acerca de lo social. Asociación Mexicana de Promoción y Cultura Social A.C. Año 20, No. 4 Octubre-Diciembre. México. 351-361 pp.
Burton I., Kates R. and White G. (1993), The environment as hazardd, New York: Oxford University Press.
Calvo F. (2001), Sociedades y territorios en riesgo, Barcelona: Ediciones del Serbal.
Campos M., Toscana A. y Campos J. (2014), Riesgos socionaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía. Universidad Nacional de Colombia.
Carmichael R. (2007), Notable natural disasters. Overwiews University of lowa. Edited by Marlene Biadford. Texas A&M University. Salem Press, Inc. Vol. 2007. Pasadena California.
Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2003), Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres, Tomo I, II, III y IV. CEPAL y Banco Mundial.
De Bolós M., Del Tura M., Estruch X., Pena R., Rivas J. y Soler J. (1992), Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones, Ed. Masson Barcelona.
De Pedraza J. (1997). Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones. Madrid: Ed. Rueda.
Díaz-Gómez B. (2009), Tipología familiar y rendimiento académico de los alumnos del Instituto para la Educación Integral del Bachiller S.C.: Estudio sociográfico, descriptivo, informativo y correlacional de la realidad plural familiar. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Sociales, México: Universidad Iberoamericana.
Espinosa L. (2010), "Propuesta metodológica para la evaluación de riesgos desde la perspectiva del ordenamiento del territorio". Revista del Centro de Estudios Latinoamericanos CESLA, Warsawa: Universidad de Varsovia Tomo II. No. 13 601-622.
Fairbridge R. (1982), "Historia del clima de la Tierra", El redescubrimiento de la Tierra, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp. 233-252.
Fielberman J. (2000), "The theory of integrative levels". In: Journal of Phil. Science. 1971.

Greivins S., Fleischhauer M. y Wanczura S. (2007), "Planificación territorial para la gestión de riesgos en Europa". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, No. 45 49-78 p.
Hardy S. y Sierra M. (2005), "Territoires et acteurs des risques "naturels" en Amerique latine. Les cas des villes de Managua (Nicaragua) et de Quito (Equateur)". Universite Paris. 85-95 p.
Heine K. (1990), Late Quaternay glacial chronology of the Mexican volcanoes, Dies Geowissenshaften.
Judson L. (1982), Fundamentos de geología física. México: Editorial Limusa.
Natural Hazards (2007), The nature of natural disasters. Revista, Harvard Review of Latin America. Disponible en:revista.drclas.harvard.edu/book/nature-natural-disasters.
Olcina J. (2009), "Hacia una ordenación sostenible de los territorios de riesgo en Europa", Cohesión e inteligencia territorial. Dinámicas y procesos para una mejor planificación y toma de decisiones. Farinos J., Romero J. y Salom J. Eds. Publicaciones de la Universidad de Valencia, pp. 153-182.
Olcina J. (2012), "Adaptación a los riesgos climáticos en España. Algunas experiencias", Nimbus No 29-30, pp, 461-474.
Palacio-Aponte G. (1995), Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales, Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
Sagan C. (1984), Cosmos. España: Editorial Planeta.
Toscana-Aparicio A. (2006), Los paisajes del desastre, México, Tesis, Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
Toscana A. (2014), "Actores sociales en la gestión local del riesgo de desastre en Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México", Revista de temas contemporáneos sobre lugares, política y cultura, pp 137-169.
Tricart J. (1987), "Algunos aspectos de las relaciones entre el hombre y los ecosistemas", Revista de Divulgación Geográfica del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. No. 7, México, pp. 15-30.
Van Gigh (1991), Teoría General de Sistemas Aplicada. México: Ed. Trillas.
Weber M. (1967). "La política como vocación", ID. El político y el científico, Madrid: Alianza Editorial Madrid.
Wilches-Chaux G. (1993). "La vulnerabilidad global" en Andrew Maskrey (comp.), Los desastres no son naturales, Colombia: Tercer Mundo Editores.

Capítulo 12. Territorio y análisis geoespacial desde la perspectiva de la geografía y su implementación en el estudio del riesgo socionatural

María Milagros Campos Vargas
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)
José Francisco Monroy Gaytán
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)
Oscar Frausto Martínez
División de Desarrollo Sustentable Ciencias y Humanidades,
Universidad de Quintana Roo
Alonso Reyes López
Universidad Mexiquense del Bicentenario

12.1. Introducción

Los conceptos *territorio* y *espacio* desde la disciplina geográfica ocupan un lugar central en diversos estudios referentes a la acción del hombre sobre la superficie terrestre; sin embargo, su significado es diferente. El primer concepto es abordado por el pensamiento social con un sentido específico, que lleva implícitas las nociones de apropiación, ejercicio y control de una porción de la superficie terrestre, aunadas a la idea de pertenencia y de la instrumentación de proyectos que una sociedad determinada desarrolla en un espacio en particular Montañez (2001). Por otro lado el espacio refiere a una entidad geométrica abstracta definida por lugares y objetos que forman una red en el

que las personas pueden experimentar directamente a través del movimiento y el desplazamiento, del sentido de dirección, de la localización relativa de objetos y lugares, y de la distancia y la expansión que los separa y los relaciona (Tuan, 1976). Por lo tanto, el territorio es un concepto relacional con el espacio en el que se insinúa un conjunto de vínculos de dominio, poder, pertenencia o de apropiación, ya sea en una porción o en la totalidad. Con base a lo antes escrito, en el presente capítulo se desarrolla una propuesta de análisis del riesgo socionatural, esto desde la perspectiva teórico-conceptual geográfica, en la que se retoma el concepto de territorio desde la visión regional y se explica la modelación geoespacial apoyada por los métodos y técnicas de las ciencias de la información geográfica.

12.2 El concepto de *territorio*

Con base a lo antes mencionado y de acuerdo a Montañez (2001: 20), la designación territorio asume de manera implícita la existencia de un espacio material y de un sujeto que ejerce cierto dominio sobre él. Se trata de una relación de poder, una calidad de poseer o una falta de apropiación. Para el autor (2001), el territorio contiene límites de soberanía, propiedad, apropiación, disciplina, vigilancia y jurisdicción, y está relacionado con la idea de dominio o gestión dentro de un espacio determinado. También se encuentra ligado a la idea de poder público, estatal o privado en todas las escalas, ya sea el territorio de un Estado; el de los propietarios de la tierra rural o de los conjuntos residenciales cerrados de las ciudades, o los dominios del mercado de una empresa multinacional (Montañez et al., 1998: 124). Desde esta perspectiva, las sociedades conforman territorios, los cuales, a su vez, configuran sociedades en las que pueden existir diversos poderes. En consecuencia, el territorio no sólo simboliza algo representable en un mapa, sino también un sentido político de relaciones sociales (Reyes et al., 2011).

Entonces la idea de poder que se relaciona con el concepto de territorio lo hace poseedor de una característica específica importante que destaca su proyección en el espacio. De acuerdo con ésta, las relaciones sociales sugieren que pueden existir diversas formas de territorios. En tal sentido, se atañen formas jurídico-políticas como un Estado-nación; culturales, de una asociación de barrio dentro de una ciudad; y/o económicas, como las de las grandes empresas. Por lo tanto, el concepto de territorio guía un análisis amplio de interacciones en el que intervienen factores biofísicos y culturales, todo ello bajo una visión de poderes y que, desde la opinión de Haesbaert (2013), se plantea a partir de

exponer cuatro dimensiones: política, económica, cultural y natural. Cada una presenta una concepción distinta en función de su objetivo.

Con base en la noción planteada, Aros (2011) señala que en el territorio es posible encontrar distintos niveles de territorialidad y que no todos los actores que forman parte de dicha delimitación tendrán el mismo poder o control. En consecuencia, no operan sólo actores que ejercen su territorialidad dentro de los propios límites del espacio, sino también otros que pueden ejercer territorialidad sin ser parte activa de la construcción del territorio. El territorio se va creando según las distintas relaciones que establezcan o la llamada actividad espacial que tengan. Este planteamiento parte de la idea de Massey (1995; referido en Montañez y Delgado, 1998: 125), quien menciona que

> El territorio se construye a partir de la actividad espacial de agentes que operan en diversas escalas, en el que la actividad espacial está referida a la red espacial de relaciones y actividades, de conexiones espaciales y de localizaciones con las que opera un agente determinado, ya sea un individuo, una firma local, una organización o grupo de poder, o una empresa multinacional.

De acuerdo con Borja (1998), el territorio se puede dar de dos formas: a partir de la división político-administrativa –en forma de municipio, provincia o país–, o bien mediante una estrategia orientada por determinados objetivos que implican un espacio de flujos que adquiere mayor diversidad, densidad y complejidad. Éste último puede ser plurimunicipal, pluriprovincial o incluir a varios países con base en una apreciable uniformidad de puntos en común que se repiten y pueden ser endémicos o un objeto de estudio imperante –lo que le da extensión al territorio y prolongación en el espacio–. Es importante resaltar que la variable dominante o el elemento de uniformidad del territorio depende de la escala elegida para el estudio, ya que los fenómenos no actúan aisladamente, sino que interactúan con otros a diferentes ritmos y escalas diversas; por lo tanto, el cambio de escala puede modificar el problema e, incluso, desaparecerlo.

Para Soja (1993, en Walter, 2006), la relación actual entre los niveles de ejercicio de la territorialidad se encuentra inmersa en un proceso análogo al del Renacimiento; es decir, se vive una territorialidad instituida y construida por una sociedad jerarquizada, asimétrica y heterogénea, la cual remite a un contexto donde los diferentes segmentos de la sociedad no participan del mismo modo. En otras palabras, no todos tienen acceso a los diferentes espacios.

En resumen, el territorio se refiere a la estructura lógica de apropiación de las acciones humanas, traducidas como el espacio físico; por ejemplo, una ciudad, una población o una zona urbana. A partir de éstos se consolida la territorialidad como un proceso de crear territorio por medio de actividades materiales y simbólicas de la sociedad. En el caso de la territorialización, ésta se relaciona con las tácticas utilizadas y los efectos de la demarcación de un territorio, así como con el ejercicio de algún tipo de control, ya sea social o por parte de algún actor en particular.

De forma aparente, en el territorio no debe existir una privación del uso del espacio. Sin embargo, el concepto puede resultar inmaterial y/o subjetivo, ya que se presentan actos de jerarquización de apropiación que restringen de una u otra forma las actividades y usos del mismo por cuestiones socioeconómicas y asuntos relacionados con el poder adquisitivo de la población, principalmente.

12.3 La postura geográfica del concepto *territorio*

Desde la perspectiva del espacio geográfico, el territorio se define como una delimitación que implica la división del mismo y su apropiación y control por parte de un grupo humano. En esta conceptualización se observa un amplio campo de relaciones e interdependencias entre factores diversos. Por ello, es muy importante retomar el significado descrito desde los estudios geográficos (Sánchez, 1991: 6). Haesbaert plantea que la noción de territorio contempla una perspectiva integradora en la cual el espacio no se considera ni meramente natural ni exclusivamente político, económico o cultural. En síntesis, será importante retomar la perspectiva geográfica para el diseño de una propuesta que unifique el mundo material y el contexto social.

De acuerdo con Toscana (2010: 33), la epistemología de la ciencia geográfica reflexiona sobre la acepción de territorio como un espacio acotado, diferenciado y apropiado. Éste ha sido concebido de diversas formas y se le han otorgado diversas denominaciones que responden a fundamentos disímiles como *medio, región, paisaje y lugar*. Dichas construcciones teóricas surgieron a partir de los procesos históricos asociados con el desarrollo científico.

A finales del siglo XVIII e inicios de XIX, la noción de territorio tenía una clara influencia de la cartografía, la cual era el soporte fisiográfico de cada Estado-nación para la descripción de sus límites y fronteras, todo ello circunscrito en un análisis descriptivo por medio del cual se podían detallar las características de la superficie terrestre donde se instalaban asentamientos humanos (Llanos, 2010: 209).

A mediados del siglo XIX, los geógrafos de la época buscaron construir un objeto de estudio que diferenciara su labor de otras disciplinas y le otorgara el carácter de ciencia. En el proceso, encontraron fundamento en el legado de Alexander Von Humboldt (1769-1859) y Carl Ritter (1779-1859), así como en sus aportaciones teóricas, ideológicas y epistemológicas. Ambos autores lograron enfocar un aspecto general: el territorio (Toscana 2010: 34) funcionaba como un repositorio o contenedor de objetos.

Desde la corriente positivista, las ideas del determinismo geográfico de Frederich Ratzel (1892) desarrollaron dos conceptos fundamentales del espacio geográfico. En ellos, se involucró al concepto de territorio como la porción de la superficie terrestre conquistada por una sociedad determinada con sus propias condiciones de vida y de trabajo, al mismo tiempo que se añadió la acepción de espacio vital como la delimitación de territorio adecuado para una sociedad específica en función de su tecnología y de los recursos demográficos y naturales disponibles. En otras palabras, las distintas sociedades requieren de un territorio como espacio vital.

De forma similar, los postulados de los geógrafos estadounidenses Ellen Churchill Semple y Ellsworth Huntington, fundamentados en la geografía humana, presentaban un modelo para explicar cómo las condiciones físicas determinan las condiciones de vida y, al mismo tiempo, controlan el grado de civilización, el progreso de la humanidad y las actividades del hombre que van desde la satisfacción de las necesidades básicas hasta el establecimiento de distintas formas de gobierno y representaciones culturales como el arte y la religión (Delgado, 2011). Así, surge la denominación *medio geográfico* para referir a las condiciones físico-naturales del territorio, a partir de las cuales se pueden entender y explicar las características de las sociedades, principalmente aquellas relacionadas con la política (Toscana, 2010: 35).

Desde la corriente del posibilismo, la geografía regional surgió en Francia y Alemania. Tres de sus principales exponentes, los geógrafos Alfred Hettner, Lucien Febvre y Paul Vidal de la Blache, propusieron, como alternativa al determinismo geográfico, un análisis en el que el hombre produce y ejerce las transformaciones sobre el medio geográfico, de modo que el medio no determina las actividades humanas, sino que las condiciona (Rodríguez, 2011). Ello implicó repercusiones en la acepción del territorio. En respuesta a dicha propuesta, Henttner presentó una nueva dimensión para concebir las relaciones de la humanidad con el entorno en la que "el territorio es considerado como la materialización física de las relaciones hombre-medio geográfico" (Toscana,

2010: 36). De esta forma, se confirió mayor importancia al concepto de territorio como producto de una relación; es decir, pasó de ser un soporte o influencia al resultado concreto de una acción o intervención humana.

El postulado de Lucien Febvre (1974) apoya el argumento de que la naturaleza es un producto humano, ya que la humanidad se encuentra inmersa en ella. A partir de esta postura, la cuestión no es conocer las influencias del hombre en el medio, sino saber si crece la acción del hombre sobre la Tierra. El papel del ser humano se considera activo ante las condiciones naturales, ya que trata de transformarlas según sus necesidades. En consecuencia, no se puede hablar de las influencias del medio sobre los grupos humanos, sino de una relación entre sociedad y naturaleza.

Con base en la idea de la relación entre sociedad y naturaleza, Paul Vidal de La Blache propone, desde un enfoque inductivo-historicista, a la *región* como objeto de estudio, entendida a partir de un ámbito territorial que se aprehende de forma visual y representa la expresión de las relaciones hombre-medio a lo largo de la historia, la cual es diferenciable y aprehensible. Ello se debe a su particular e irrepetible fisonomía natural, que le atribuye la caracterización de paisaje. En síntesis, se trata de un espacio dotado de elementos propios según las actividades humanas y los elementos del medio físico-natural que se configura a lo largo del tiempo (Gómez, 2005).

Así, en las tres propuestas presentadas se observa la tendencia relativista, expresada desde la acepción del paisaje. En ella se coloca al hombre como un ser activo que sufre la influencia del medio, pero actúa sobre éste y lo transforma. Las perspectivas mencionadas presentan una dinámica de cambio que transforma el concepto de región propuesto desde una visión natural, quien lo define como todo relieve y vegetación, pero también densidades humanas, modos de hábitats, actividades económicas, costumbres y mentalidades procedentes directa o indirectamente de la naturaleza. Asimismo, se observan modificaciones al planteamiento en el que se considera a la región como funcional, delimitada por criterios de complementariedad y cohesión, donde las configuraciones espaciales generadas por factores humanos como los económicos, industriales o urbanos eran difícilmente reducidas a la delimitación natural. Bajo este planteamiento, se observa que la noción denominada *región natural* se basó en la uniformidad como fundamento de la unidad regional; sin embargo, las condiciones económicas y urbanas llevaron a que ésta se apoyara en criterios de cohesión. En consecuencia, el concepto de región se transformó en su naturaleza a funciones, y su articulación territorial, a la estructura urbana y desarrollo económico y social.

A principios del siglo XX, el geógrafo norteamericano Harsthorne definió a las regiones como fragmentos de tierra delimitados arbitrariamente y constituidos desde una visión racionalista, cuyos límites se establecen a partir de la racionalidad humana. Esta idea reemplazó el concepto de *región* por el de *área*. Desde entonces, el método regional se formó por aquellos procedimientos intelectuales empleados en la construcción de áreas en las que la geografía se definía por su método para el estudio del espacio geográfico (Buzai, 2001, referido en Mateo, 2005). Así, se da el paso del concepto de *región* al desarrollo del de *espacio-paisaje*, como aquellos elementos que se entrelazan y logran su manifestación en la vinculación de una comunidad con el territorio, característica que le otorga una identidad propia.

El concepto de *paisaje* se incorpora a la geografía desde el marco cultural. Karl Sauer lo planteó como la manifestación de cierta unidad cultural producida por la adaptación específica del grupo humano a un determinado medio geográfico. En este caso, el paisaje adquiere una dimensión histórica al ser el resultado de sucesivas formas y transformaciones culturales. A diferencia del concepto de región, el paisaje no es una unidad definida con base en sus características naturales, sino el resultado de la interacción entre sociedad y naturaleza (Toscana, 2010). Su propuesta busca indagar el contenido visible en el paisaje y las posibles relaciones establecidas entre todos sus elementos, como el suelo, el clima y la vegetación; así como entre las características del medio físico y las formas de uso del suelo por parte de las comunidades habitantes del lugar (Delgado, 2003). En resumen, la cultura es la población, el área natural es el medio y el paisaje cultural es el resultado (Sauer, 1925: 94-96).

Hasta la primera mitad del siglo XX, la geografía clásica mostraba dos planteamientos fundamentales: los sistemáticos o generales, y los predominantemente corológicos o regionales. En los segundos, el concepto de territorio ocupa un lugar central como objeto de análisis, visto desde la perspectiva de apropiación, ejercicio y control de una porción de la superficie terrestre, así como desde la idea de pertenencia. Luego, a partir de la segunda mitad del siglo XX, se observa una reformulación en todos los campos del conocimiento como consecuencia de la revolución científica que incorporó criterios conceptuales y metodológicos de tipo lógico-matemático. En el caso de la geografía, se gestó una corriente en la que se afirmaba que ésta no era una disciplina singular ni excepcional, sino que debía utilizar el método científico. Desde entonces, se le denominó *nueva geografía*, también llamada *teorética* o *cuantitativa*. En ella, el territorio se define como un escenario sobre el cual se organizan, distribuyen y

vinculan las redes sociales, y su análisis se lleva a cabo desde la estadística. Su finalidad es construir modelos teóricos de planeación racional. [1]

Otro esquema metodológico aplicado en la nueva geografía es el de la Teoría General de Sistemas, el cual dio paso a la llamada geografía sistémica. Bajo esta perspectiva teórica, el territorio se define en términos de un geosistema; es decir, de una unidad que pertenece a una estructura determinada por procesos dinámicos entre las formas bióticas, como flora y fauna; antrópicas, como las del ser humano, las sociedades y sus creaciones; y abióticas: aquellas relacionadas con la atmósfera, el relieve, los suelos y el agua. También se analizan las interrelaciones de sus elementos o componentes como hidrósfera, atmósfera, litósfera, biósfera y sociósfera. Así, el concepto de paisaje resurge en términos sistémicos para fundamentar el análisis (Pillet, 2004: 143).

Por otro lado, surgió también el paradigma puente conocido como *geografía de la percepción y del comportamiento*, un esfuerzo científico por brindar respuestas subjetivas y hacer frente a las propuestas de la postura cuantitativa. Sus bases teóricas se encuentran en el conductismo. Mediante el estudio de la conducta, incorpora el aspecto interior del ser humano, la precepción psicológica del medio a través de los sentidos y el comportamiento de los hombres. Con esto, el comportamiento es estudiado a partir de mapas mentales donde se refleja la influencia de numerosos factores vinculados entre sí (Santarelli, 2002). La existencia de un espacio subjetivo es reconocida por la geografía de la percepción, la cual busca poner de manifiesto las cuestiones intrínsecas que influyen en la toma de decisiones y cuestiona las presuposiciones de transparencia y racionalidad asumidas por la geografía cuantitativa (Gómez et al., 1982).

Para la década de los años setenta, se plantearon nuevas concepciones de interpretación del espacio desde las líneas de investigación del liberalismo, el movimiento liberatorio y el marxismo estructural. Sus temas centrales fueron los recursos naturales y el medio ambiente en el marco del capitalismo, la geopolítica, el imperialismo y el subdesarrollo. De igual forma, se cuestionó

1 Algunos aportes clásicos de la geografía cuantitativa son el modelo de localización agrícola de Von Thünen (1826), el modelo de localización industrial de Weber (1909), el modelo de la estructura del espacio urbano en anillos concéntricos de Burgess (1925), la teoría de los lugares centrales de Christaller (1933) y su ampliación por Lösch (1939), el modelo de estructura del espacio urbano en sectores de Hoyt (1939) y los núcleos múltiples propuestos por Harris y Ullman (1945). Además, existe una ampliación que supera la geometría rígida con bases numéricas analíticas, a partir de la matriz de datos geográfica propuesta por Berry (1964), la cual funciona como un sistema organizativo de datos espaciales, con posibilidad de trabajarlos con base en perspectivas regionales, generales y temporales (Buzai, 2005).

tanto a las instituciones como a los individuos en cuanto a su compromiso social en relación con la desigualdad, la segregación social, la lucha de clases, la justicia social y la planificación territorial (Toscana, 2010).

Desde los planteamientos descritos, el espacio es entendido como un producto social, reflejo de la colectividad que lo ocupa, de su dinamismo, sus contradicciones y de las complejas relaciones de poder existentes en su seno. Esto implica la necesidad de prestar atención a los intereses y valores de los diferentes agentes o actores que construyen, destruyen y transforman cada territorio. Asimismo, es importante analizar las estrategias de actuación que se manifiestan en los paisajes y en la estructuración interna de cada espacio, así como las desigualdades o conflictos existentes por la apropiación y el uso de determinado territorio. Desde el plano metodológico, se defendía la descripción e interpretación de la evolución de territorios concretos a partir de la influencia ejercida por los procesos estructurales que, en cada fase histórica, definen las reglas del juego (Méndez, 2008). Así es como en la denominada *geografía radical,* se consolida la noción de espacio como una construcción social.

Actualmente, la comprensión del espacio como producto social ha llevado a un elevado nivel de escepticismo y eclecticismo conceptual, el cual se une al pragmatismo defendido por el posmodernismo. Esto ha motivado el acercamiento de unas corrientes con otras, sobre todo del humanismo fenomenológico y existencial, el estructuralismo radical, el realismo crítico y el posmodernismo. Así, se analiza al espacio local globalizado o a la conexión global local, vinculando lo local con lo global, fundamento del espacio o territorio como concepto. Como resultado, se origina una dialéctica teórica mediante la relación del espacio subjetivo con el espacio social (Pillet, 2004).

De acuerdo con Toscana (2010), la postura teórica de la Geografía presenta dos conceptos de territorio útiles para el análisis espacial. Por un lado, autores como Raffestain y Tuathail (1984 y 1988, citados en Moltó y Hernández, 2002) hablan de un proceso llamado *desterritorialización*, producto del proceso de globalización de los grandes capitales. Por otro, Nogué y Rufí (2001) consideran que el territorio ha ganado importancia porque a través de él se conectan las experiencias individual, local y global. Para los autores, cada nivel escalar muestra la relevancia de ciertos elementos notables, en los que algunos fenómenos adquieren visibilidad, lo que permite identificar sus relaciones y su dinámica.

De tal modo, territorio es colocado como un eje integrador de procesos con incidencia sobre un espacio determinado o delimitación física especifica en el que actúa una sociedad en particular. Por lo tanto el análisis geográfico de

la estructura territorial, de sus componentes y de su funcionamiento es básico en toda actuación vinculada al desarrollo local y basada en la revaloración del potencial endógeno del espacio y su entendimiento.

12.4. Los marcos metodológicos de la disciplina geográfica y su pertinencia en la temática de riesgos

El paradigma del posibilismo plantea el poder del hombre sobre la naturaleza, justificado a partir de su necesidad de crear un mundo donde vivir. Con base en la idea de la construcción social del espacio, se plantea una serie de enfoques o perspectivas provenientes de diferentes connotaciones teóricas, perfiladas en función de su temporalidad y disciplina geográfica. Todas ellas desarrollan una amplia variedad de marcos teórico-metodológicos aplicables en el estudio del territorio, el cual toma como eje de análisis la postura de la relación sociedad-naturaleza y puede ser recuperado de los estudios de problemáticas concretas como aquellas relacionadas con la temática de riesgos.

Entre los planteamientos propuestos por la geografía, Haggett (1988) ofrece un marco teórico-metodológico integrado a partir de diferentes perspectivas. En primer lugar considera la espacial, la cual implica que el geógrafo se pregunte cuáles son los factores que controlan los modelos de distribución y el modo en que éstos pueden modificarse para ser más eficaces o equitativos, entendidos desde la localización y su distribución en el espacio. En segunda instancia, la mirada ecológica interrelaciona las variables humanas y ambientales e interpreta sus relaciones, desplazando la atención de la variación entre áreas a las relaciones dentro de un sólo espacio geográfico. Finalmente, la mirada regional es una combinación de los resultados de los análisis espacial y ecológico, donde se identifican unidades regionales apropiadas a través de una diferenciación de áreas y se establecen los flujos y relaciones entre pares de regiones para explicar fenómenos específicos.

En síntesis, la geografía es una disciplina que permite entender la distribución de los fenómenos geográficos, la diferenciación del espacio en la superficie terrestre, las relaciones espaciales entre los fenómenos, la organización del espacio y la relación de los seres humanos con su medio. Esto permite considerarla como una ciencia-síntesis fundamentada en una dialéctica entre la explicación y la descripción. En consecuencia, cada enfoque ofrece una alternativa para el estudio de los riesgos, el cual ha sido abordado desde los aportes sistemáticos y corológicos; las corrientes teorética, sistémica, his-

toricista ideográfica, humanista y estructuralista; y los estudios de la geografía posmoderna. En estos últimos, cada teorización es vital en la modelación de estudios holísticos e interdisciplinares donde se integran factores naturales, sociales, económicos, políticos y culturales desde un plano espacial que, de no ser llevado a cabo, transformaría fácilmente a la geografía en una sociología espacial positivista de desigualdad y clases sociales.

12.5 Las ciencias de la información como herramienta del análisis geoespacial

Las condiciones socioeconómicas del mundo actual se definen por cambios radicales en las técnicas y en los procesos productivos, como los avances tecnológicos, la internacionalización de los circuitos del capital, la producción flexible y el post-fordismo. De igual forma, la crisis del Estado-nación, la preocupación por la homogeneización cultural, los esfuerzos de las minorías étnicas y culturales por reafirmar su identidad, los movimientos sociales con viejos y nuevos reclamos, y la crisis ambiental complejizan la problemática (Toscana, 2010). En este contexto, la ciencia geográfica es colocada frente a un desafío en el que debe desarrollar métodos interdisciplinarios donde se incluya la intervención de posturas teórico metodológicas mixtas, tanto cualitativas como cuantitativas, con el objetivo de explicar tal complejidad. Asimismo, se debe considerar la integración de escalas de análisis distintas, desde magnitudes mundiales o continentales hasta cuestiones concretas de carácter regional o local.

Desde los años ochenta y noventa, en el pensamiento geográfico se generaron diversos debates teóricos en respuesta a la compleja situación de los procesos socioeconómicos mencionados. Estos se dieron, principalmente, en el marco del marxismo y el neopositivismo. En el primero se gestó el interés por temas relacionados con una teoría social crítica desde la geografía radical. En el segundo, se desarrolló una inclinación por las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

Así, el debate en el análisis geográfico quedó contemplado por tres perspectivas que, de acuerdo con Buzai (2005), se pueden considerar como revalorizaciones paradigmáticas. Primero, la ecología del paisaje incorporó conceptos del paradigma regional, el racional o cuantitativo y el humanista, sin desestimar los aportes cualitativos. Segundo, la geografía posmoderna emplea los conceptos de la geografía crítica y la humanista, disciplinas en las que el espacio es un producto socioespacial. En tercer lugar, la postura de la geografía automatizada encuentra sustento en los paradigmas cuantitativo y sistémico bajo la bases de las ciencias empírico-analíticas, y representada por

una visión digital del mundo. En ella, el tratamiento y análisis de los fenómenos son realizados a partir de medios computacionales. [2]

Como se puede observar, cada una de las perspectivas teóricas mencionadas muestra una alternativa para abordar el estudio de las formas de estructuración social. Sin embargo, la geografía automatizada presenta una nueva óptica del análisis del espacio geográfico a partir de un ámbito geotecnológico, en el cual se valora el campo de la informática mediante sistemas cibernéticos, humanos y electrónicos para estudiar sistemas físicos y sociales. Esto revela un factor de gran valía, ya que conduce a retomar el objeto de estudio de la geografía, así como a la pertinencia de la integración de conocimientos de diferentes disciplinas relacionadas con el estudio del espacio producto de la interacción del hombre con el medio físico. De esta manera,

> El desarrollo tecnológico obtiene una alta valorización ocupando un lugar central para que la ciencia se presente como aplicación concreta a fin de satisfacer las demandas sociales de dinámica cambiante (Buzai, 2001: 621).

12.5.1 Geografía automatizada

La revolución tecnológica del siglo XX dio paso a la era de la computación, lo que trajo consigo una rápida evolución en el campo de la informática. Con ello, se redujeron los tiempos para procesar, archivar y recuperar grandes volúmenes de datos. Además, surgió la posibilidad de ejecutar una amplia gama de combinaciones en el manejo de diversas variables y se facilitó el estudio y manipulación de situaciones hipotéticas que eran muy difíciles de efectuar sin el uso de las computadoras.

De forma gradual, las nuevas tecnologías se comenzaron a utilizar para generar información geográfica como la percepción remota o imágenes de satélite, la fotografía aérea moderna, la fotogrametría digital, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en ingles) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Reyes et al., 2003). Éstos últimos destacan dentro del desarrollo de las tecnologías de recolección y almacenamiento de datos geográficos. Con ellos se dio el establecimiento de los principios básicos para la creación de datos geográficos con referencia espacial, así como la codificación, el análisis y la presentación

2 La geotecnología se presenta como una nueva visión del espacio geográfico que valora el campo de la informática (Buzai, 2005) y amplía cada vez más su acción (GEOblog, 2007; Oropeza, 2007).

de un sistema informatizado. Su objetivo principal ha sido construir una herramienta de almacenamiento y manejo de información cartográfica; es decir, desarrollar una combinación de elementos de cartografía cuantitativa enlazada con los sistemas informáticos. Este tipo de tecnología fue diseñada para la gestión de la tierra en temas que incluyen la protección del medio ambiente, la planificación urbana y regional, la propiedad y los impuestos, la gestión de recursos, la gestión de los servicios públicos, la ubicación del sitio, la inteligencia y tácticas militares, entre otros. Dichos sistemas están basados en ordenadores para el análisis de datos (Tomilson, 1976, en Coppock, 1991).

En 1970, la disponibilidad de las computadoras y los avances en los sistemas informáticos sentaron los fundamentos para el desarrollo de los modernos sistemas de producción y de diseño gráfico digital, especialmente lo que respecta al diseño de innovadores sistemas de almacenamiento de datos con capacidad para administrar grandes volúmenes de información. Ello elevó el valor de las bases de datos simples a una gama de entidad-relación; es decir, surgieron las bases de datos relacionales gráficas y alfanuméricas. A partir de éstas, los desarrollos en cuanto a sistemas de información geográfica comenzaron a representar características geográficas complejas. Así, comenzaron a surgir elementos comunes y se diseñaron los primeros productos de software comerciales (Goodchild, 1992). [3]

Por otro lado, en el ámbito académico, la situación llevó a que la aplicación de las tecnologías computacionales otorgara entidad propia a un campo de conocimiento, así como a sus formas de procesamiento de información geográfica integrada y a otras prácticas fundamentales de la disciplina. Así, hoy se vislumbra el camino hacia una prometedora ciencia de la información geográfica (GIS, por su abreviatura en inglés) (Olaya, 2011: 27).

12.5.2 La ciencia de la información geográfica

La ciencia de la información geográfica es un campo del conocimiento que pretende el estudio, la investigación y el desarrollo de los conceptos teóricos, los algoritmos matemáticos, los programas informáticos, los instrumentos físicos y las bases de datos georreferenciadas que se relacionan con las tecnologías

3 Jack Dangenmnd en el Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (ESRI) en América del Norte, y David P. Bickmore en la Unidad de Cartografía Experimental (ECU) en el Reino Unido. Fuente: Coppok, 1991.

de información geográfica (Bosque, 1999). Esta visión inició en la década de los años ochenta, con la posibilidad de formular dichos sistemas como una postura de análisis.

El debate de Jerome E. Dobson en 1983 abrió la discusión sobre la posibilidad de automatizar la mayoría de los procedimientos de análisis espacial. Esto dio pie al surgimiento de la denominada geografía automatizada, como un campo de aplicación técnico presentado como ventajoso con respecto de los métodos de trabajo tradicional. Con ella, los análisis de sistemas físicos y sociales se desarrollaron a partir de sistemas cibernéticos, humanos y electrónicos (Toudert y Buzai 2004, en Oropeza, 2007).

Así, Dobson propuso un enfoque multidisciplinar en el que se aprovecharon los avances tecnológicos como los sensores remotos, los sistemas de posicionamiento y el análisis espacial para constituir una base digital computarizada orientada a proporcionar respuestas estructuradas a distintos problemas del espacio geográfico. De acuerdo con Lake (1993: 405), esta situación muestra ventajas con respecto del trabajo geográfico tradicional gracias al perfeccionamiento de la perspectiva cuantitativa de la construcción regional. Asimismo, se rescata la tradición racionalista en cuanto al predominio de los sistemas de información geográfica[4] en una posición cerca del espacio geográfico o en el centro de la planificación.

A partir de este punto comenzó una serie de debates con opiniones distintas. Por una parte, el autor menciona la liberación de discusiones desde el ámbito terminológico en cuanto al uso de los conceptos como la *geografía automatizada* o *sociedad tecnológica (*Zimmerli, 1988; Marble y Peuquet, 1983; Moellering y Stetzer, 1983; Poiker, 1983). Por otra, se discutió sobre la incorporación de aspectos teóricos de relevancia y la falta de neutralidad ideológica de los sistemas computacionales al momento de su aplicación (Cromley, 1983).

Dentro del contexto descrito por Wright et al. (1997) cita a autores como Goodchild (1992), quien habla del papel de la ciencia de la información geográfica; y hace mención de autores como Suit´s (1994) quien elaboran una discusión sobre la conciliación de las diferencias entre los entusiastas de los sistemas de información geográfica y las posturas críticas al respecto. Además, Wright retoma los artículos sobre geografía automatizada que aparecen en el

4 La revaloración de la geografía cuantitativa ante el desarrollo tecnológico y del ambiente digital de finales del siglo XX ha sido producto de un creciente interés por la información geográfica y el estudio del medio, así como del nacimiento de la era informática (Olaya, 2011).

compendio denominado *The Professional Geographer* (1993), donde se discuten distintas reflexiones sobre los diez años de evolución del campo disciplinar, contados a partir del momento y en la que Dobson (1983) anuncia los avances realizados en cuanto a los métodos analíticos y la tecnología informática.

En la década de los años noventa, Buzai (2005) retomó los aportes de R. G. Cromley (1983), referidos a los aspectos teóricos que adquieren relevancia para que exista una importante neutralidad ideológica en la aplicación de dichos sistemas. Buzai (1999) también recupera las propuestas de M. Monomonier, quien vislumbra una mayor capacidad interdisciplinar para el geógrafo, y J. L. Morrison, quien considera que los avances científicos representan una excelente oportunidad para que la geografía ocupe un lugar destacado en relación con otras ciencias.

La Fundación Nacional de la Ciencia (NSF, por sus siglas en inglés) es institución de origen estadounidense que Ron Abler (1984, en Duckham, 2003) propuso para la dirección del *Programa de Geografía y Ciencia Regional.* La iniciativa surge como resultado de observar la oportunidad de que la NSF podía impulsar la creación de un centro de investigación científica y tecnológica dedicado específicamente a los sistemas de información geográfica. Además, se buscó dirigir los intereses de la NSF en los centros de investigación y de la Big Science hacia la disciplina de la geografía.

Así, se dio una revaloración de los métodos empírico-analíticos que inician la inserción de conceptos relacionados con la denominada *ciencia de la información geográfica* –conocidas en inglés como *Information Geographical Science* (IGS) – (Goodchild, 1992, en Dukham, 2003). De acuerdo con Duckham (2003), el núcleo científico de esta postura se relaciona con cinco temas de investigación y ocho tópicos (véase tabla 12.1) establecidos a finales del siglo XX como las bases para la exploración IGS. Las temáticas que fueron tomadas como base del estudio se componen por:

- Análisis espacial y estadística espacial.
- Relaciones espaciales y estructuras de bases de datos.
- Sistemas de inteligencia y expertos artificiales.
- Visualización.
- Temas sociales, económicos e institucionales.

Para Goodchild (1992: 43), la ciencia de la información geográfica se define como el manejo de la información geográfica mediante tecnología geoespacial. En ella nacen desafíos intelectuales y científicos de mayor amplitud de lo que la manipulación de datos espaciales implica.

Tabla 12.1 Contenido de las ciencias de información geográfica

Goodchild (1992)	**Delegados de la UCGIS, 1994-1996**	**National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) Proyecto Varenius, 1954**	**Dukham (2003)**
1. Recopilación y medición de datos	1. Datos espaciales adquisición e integración	1. Modelos cognitivos del espacio geográfico.	1. La interacción humana con la GI y la tecnología.
2. Captura de datos	2. Computación distribuida	2. Métodos computacionales para la representación de conceptos geográficos	2. Razonamiento espacial cualitativo
3. Estadística espacial	3. Extensiones a la representación geográfica	3. Geografías de la Sociedad de la información.	3. Tiempo en el espacio geográfico.
4. Modelado y teorías de datos espaciales de datos	4. Cognición de la información geográfica.		4. Otros temas Geocomputación
5. Estructuras de datos, algoritmos y procesos	5. Interoperabilidad de Información Geográfica		
6. Pantalla	6. Escala.		
7. Herramientas de análisis	7. Análisis Espacial en un entorno SIG		
8. Asuntos institucionales, de gestión y éticos	8. El futuro de la Infraestructura de Información Espacial.		
	9. Incertidumbre en los datos espaciales y los análisis basados en el SIG.		
	10. GIS y Sociedad		

Nota. Adaptación de Duckham, 2003.

Fuente: Adaptación de Duckham , 2003.

Con base en lo antes mencionado, se logra una diferenciación conceptual fundamental entre los sistemas de información geográfica y las ciencias de la información geográfica. Los primeros *sistemas de información geográfica* se institucionalizan dentro del grupo de tecnologías que se relacionan con la re-

colección, procesamiento y distribución de datos geoespaciales –información que puede ir desde un mapa de papel hasta un modelo digital–y sirven de plataforma de análisis a disciplinas participantes en la modelación y presentación de dichos datos, entre las cuales se encuentran, por un lado, aquellas que han estudiado la información geográfica de forma tradicional –como la cartografía, la geodesia, la topografía, etcétera–, y, por otro, las que estudian la información geográfica en formato digital –como la teledetección y la geoinformática–, o los que analizan de forma tradicional la tierra y su superficie –como la geología, la geofísica, la oceanografía, la biología, las ciencias ambientales, la sociología, la antropología y la geografía (Bosque, 1999).

De acuerdo con Monmonier (1983, citado en Buzai, 2000: 21), con los avances de la ciencia de la información geográfica se presenta un nuevo ámbito de reflexión en el que se comienza a dar la relación de la geografía con otras ciencias, las cuales comprenden las ventajas de considerar la variable espacial a través de la automatización[5]. De esta forma, se presentan los sistemas de información geográfica como el medio fundamental de interacción y comunicación entre campos disciplinarios. En este sentido, el desarrollo de los avances de la postura neopositivista en relación con la geotecnología permite un diálogo con otras ciencias al momento de utilizarlos como bases para la generación de procedimientos geográficos comunes.

En el ámbito académico, las discusiones en cuanto a los sistemas de información geográfica muestran diversas perspectivas. Autores como Goodchild (1992: 11) proponen que se tendría que pasar de un sistema de análisis al desarrollo de una ciencia pura o aplicada mediante el establecimiento de las ciencias de la información geográfica como la intersección entre aquellas disciplinas con intereses comunes. Para ello, podría apoyarse de una serie de herramientas tecnológicas que ayuden en las actividades de investigación básica. A partir de esta discusión, se generó una visión en la que la geografía cuantitativa se revaloraba como relevante, aplicable y comercial, con base en el desarrollo y aplicación de los sistemas tecnológicos (Cli y Haggett, 1993; Gatrell y Bailey, 1995 y Jane Birkin et al. 1996; en Sailajanada, et al., 2012: 387).

Dobson (2007) menciona que los métodos de análisis y la tecnología computarizada han hecho posible la automatización de varios aspectos de la inves-

5 En el siglo XIX, las ciencias que se consideraban geográficas habían tomado los fragmentos del objeto de estudio de la geografía para formar los propios. La geodesia se ocupaba de las dimensiones terrestres, la geofísica del campo magnético, la meteorología y la climatología de la atmósfera, etcétera. Los cambios se presentaron al quedar en evidencia que una única ciencia, no podía abarcar todo el conocimiento. En la actualidad, las geotocnologías han hecho mucho para eliminar el tradicional aislamiento entre los campos mencionados (Buzai, 2000).

tigación geográfica y de la resolución de problemas. En el estudio de Goodchild (1992) –así como en varios otros como los realizados por Rhind et al. (1991 y 1992), Abler (1993), Cromley (1993), Dobson (1983) y Fedra (1993)– se ha buscado eliminar el tradicional aislamiento entre los campos de la fotogrametría, teledetección, geodesia, cartografía, topografía, geografía, ciencias de la computación y la estadística espacial, entre otras disciplinas con interés en las cuestiones genéricas de los datos espaciales (Wright, 1997). Ante ello, el autor argumenta que se trata de las disciplinas de la ciencia de la información geográfica, por lo que tenía más sentido para la comunidad de investigación mantener el término *sistemas de investigación geográfica* dentro del análisis.

De acuerdo con Buzai (2001), investigaciones como la de Goodchild (1992) explican la aparición de una nueva geografía que impacta notablemente en las otras ciencias y en diversas prácticas sociales a partir de la incorporación de sus conceptos fundamentales en el ámbito computacional, mediante procedimientos de aplicación estándar. Ello propicia el surgimiento de un campo teórico-metodológico de aplicación generalizada. El autor propone una postura nueva aplicable para el mundo actual, cuyo fin sea resolver problemas donde la variable espacial sea fundamental para enseñar conceptos y producir conocimientos científicos.

En suma, la visión de las ciencias de la información geográfica aporta una forma para el análisis de fenómenos que implica la recolección, el manejo y el análisis de información geográfica desde la modelación y el análisis geoespacial.

12.5.3. La incorporación del análisis social en la ciencia de la información geográfica

La vertiente inicial de la geografía automatizada basada en los SIG pasó, de esta primera apreciación, a ser una GIS con el fin de dar mayor sustento a la base teórica de la geotecnología, desde un privilegio en los sistemas de información (IS, por su abreviatura en inglés) hacia un privilegio geográfico. En este contexto se da un segundo surgimiento importante: la aparición de una ciencia social integrada espacialmente (SISS, por su abreviatura en inglés), la cual inicia con los trabajos realizados en el Centro de Ciencias Sociales Espacialmente Integradas (CSISS, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (UIUC, por sus siglas en inglés), como un avance tecnológico estrictamente dentro del campo de la teoría. A diferencia de una ciencia social centrada en la sociología, este nuevo marco muestra la necesidad de centrarse en el espacio (Buzai, 2001: 8).

Para Del Bosque (2013: 13), la tendencia a sistematizar el manejo de la información geográfica a través de terminología geoespacial debe ser entendida como un conjunto de procedimientos técnicos y metodológicos que permiten, por un lado, tratar la espacialidad de los datos, y, por otro, favorecer el estudio de la realidad desde enfoques multidimensionales e integrados, como el tiempo, el espacio y las personas que interactúan con el medio. En tal sentido, las tecnologías SIG se pueden considerar un enfoque para la resolución de problemas en las ciencias sociales, ya que se realizan modelos a partir de la producción de conocimientos empíricos[6]. Estos últimos permiten el diagnóstico de la distribución de la población, sus características demográficas y sus hechos culturales, sociales, económicos, institucionales, políticos, etcétera, a lo largo y ancho del espacio geográfico. La descripción de la realidad es lo que interesa en estos estudios, pero también explicarla, interpretarla, alcanzar la síntesis y, si es posible, clasificar el espacio geográfico en función de la problemática abordada. En tal sentido, dos cuestiones son fundamentales en el proceso de esquematizar la realidad: la primera, la forma en que se concibe el mundo real, y segunda, cómo sintetizar los diversos componentes de un dato geográfico (Bosque, et al., 1994:4).

Por supuesto, la situación no escapó de las discusiones acerca de la GIS como una disciplina científica, solo que ahora las cuestiones giraron en torno a los orígenes, la epistemología, la selección y acceso a datos, a las formas de representación, y a la política y ética de la información. En un sentido se consideró a la GIS como un conjunto de sistemas institucionalizados de tecnologías y prácticas situadas en determinadas estructuras económicas, políticas, culturales y legales de manejo de datos y de imágenes (Pickles, 1999: 51). Esto, con base en la suposición de que se trataba de una disciplina analítica y técnica con objetividad y neutralidad política, así como con un dualismo sujeto-objeto; en otras palabras el reconocimiento de la imposibilidad de separar hechos y valores (Brown, 1987; Christensen, 1986; Enbar, 1983; Hoch, 1992; Innes, 1990; y Vtlachs, 1982, en Lake, 1993).

Como se puede observar, la discusión remite a temas relacionados con limitaciones técnicas, lógicas y epistemológicas sobre lo que hacen los SIG, las formas de razonamiento, y de entender el mundo en el que los profesionales y los teóricos deben profundizar y dominar el conocimiento de forma integral

6 El desarrollo teórico-metodológico del análisis espacial se centra en la producción de modelos, generalmente matemáticos, en el marco de importantes cuerpos teóricos, como la teorías de la localización de industrias y servicios, de las redes, de los lugares centrales, de la interacción de distancia, la estadística espacial o geoestadística, la entrografía, la taxonomía espacial, etcétera (Sánchez, 2013).

tanto de la disciplina objeto de estudio como del manejo, recolección y calidad de datos, así como la verificación de resultados.

En cuanto a la crítica realizada a la geotecnología, Lake (1993) menciona planteamientos de autores como Sackman (1991), Curry, (1993) y Obermeyer (1992) que muestran una alternativa para amparar el entendimiento y utilización del campo. Entre sus postulados se propone que los profesionales de las tecnologías de la información deben obligarse a actuar de forma ética al evaluar consecuencias sociales y ayudar a garantizar la seguridad y los beneficios del uso de aplicaciones tecnológicas. Asimismo, deben asegurarse de que los métodos de análisis sean adecuados. Todo ello, evitando interpretaciones sesgadas por alguna tendencia en la que el énfasis no esté en qué se hace, sino en cómo se hace; es decir, en el proceso de ejecución.

En resumen, los profesionales están obligados a utilizar la tecnología con un buen fin y evitar su uso para objetivos perjudiciales. También deben procurar comportarse conforme a las normas profesionales de la práctica. Para ello, se debe seguir el referente del dualismo sujeto-objeto, que se relaciona con la separación del punto de vista y la ontología por parte del investigador. Esto sucede cuando el acceso a grandes bases de datos provoca que el analista interprete a los sujetos únicamente como datos, donde se refiere a las personas diferenciadas subjetivamente como un sujeto cosificado. El denominado *otro* es visto como espacio cartesiano existente en un tiempo cronológico, un espacio específico o en un lugar y una postura narrativa o humana. Mientras, el analista prepara sus estudios, centra al mundo de los humanos en un lugar específico, según su libre actuar y decisión (Curry, 1993).

A partir de la GIS, las investigaciones sociales presentan el reto de integrar diferentes categorías de datos que se extienden más allá de las limitaciones éticas, políticas y epistemológicas, especialmente, al momento de aplicar un estudio que, de acuerdo con Gregory (2009), instrumente las bases teóricas de las disciplina mediante el uso de la geotecnología. Para ello, deben buscar la integración de dos perspectivas de análisis: una que incluya aspectos no cuantitativos con referencia en la categoría de las humanidades –a partir de estudios locales con elevados niveles de profundidad–, y, en segundo lugar, aquella relacionada con estudios genéricos poco profundos o generales. Ambas visiones se complementan: por un lado, ofrecen explicaciones y matices, y, por otro, desafían las ortodoxias y proporcionan un contexto (Gregory, 2009: 181).[7]

7 Un ejemplo de este aporte es mencionado por Gaytán, Campos, Toscana y García, en su trabajo Sistema Inteligente del Combate al Feminicidio: Geoinformática, Innovación Tecnológica Geoespacial y SIG en

El referente más representativo de la aplicación de las geotecnologías en las ciencias humanas y sociales inicia en el CSISS, donde la perspectiva espacial se integró a las teorías y las prácticas de las ciencias sociales, así como el uso de las tecnologías geoespaciales analíticas y la información georeferenciada como ejes de abordaje.

Los trabajos relacionados con la arqueología y la antropología se convirtieron en algunos ejemplos de las disciplinas pioneras en la utilización de los sistemas de información geográfica y la teledetección. Posteriormente, se sumaron la ciencia política, la historia o la economía, mediante aplicaciones y usos que abordan temas relacionados con el paisaje, los movimientos migratorios, el cambio climático, la geopolítica, la planeación territorial, el análisis de actividades humanas en espacios físicos virtuales, la salud pública y la criminología, entre otros (Robinson, 2010; Raleigh y Urdal, 2007; Hongbo Yu y Shih-Lung Shaw, 2008; Thomas y Sappington, 2009; Kromley, 2002; en Del Bosque, 2013).

Según Shepard (2001), la GIS es una disciplina útil para los diversos enfoques, ya que brinda la posibilidad de establecer correlaciones y asociaciones espaciales. Las investigaciones se ven favorecidas porque dicha perspectiva proporciona una visión digital del mundo y favorece su tratamiento y análisis posteriores a partir de medios informáticos. Al respecto, Buzai (2001: 30-31) indica que se parte de la consideración de que el espacio geográfico tangible y el incorporado al ambiente computacional son diferentes en esencia.

El mundo real es un entorno de múltiples dimensiones y su espacio es absoluto y relacional. A partir de la percepción del hombre, sus manifestaciones visibles son entendidas como una imagen, lo que permite su transformación conceptual. En ella, las entidades y relaciones se convierten en representaciones, lo que da paso a la creación de un modelo conceptual, el cual, en un segundo momento, se incorpora al ambiente computacional para su tratamiento y análisis, bajo una codificación alfanumérica y geocodificación gráfica; es decir, un modelo digital. Al respecto, el autor reflexiona que

> el mundo real, el modelo conceptual y el modelo digital van recorriendo un camino de simplificación, razón por la cual, la interpretación de este último modelo de representación espacial no puede realizarse únicamente por la confluencia de conocimientos informáticos, sino por la existencia de un conocimiento académico que permita analizar la realidad en diferentes niveles Buzai (2001: 30-31).

Toluca. Se trata de un estudio de criminología donde se abordan los conceptos de modelización espacial y análisis de patrones que interrelacionan fenómenos sociales, económicos y ambientales, con la ocurrencia de homicidios de mujeres (Monroy et al, 2010).

De esta manera, la computación geoespacial tiene el potencial de permitir que los investigadores utilicen una serie dispar de fuentes. Éstas pueden provenir de un paradigma extenso basado en las ciencias sociales, o bien a profundidad desde el paradigma de las humanidades espaciales (Gregory, 2009).

Dentro de la disciplina geográfica, el paradigma geotecnológico intenta complementar las formas de análisis de las dinámicas espaciales a partir de la generación de diferentes formas de representación. Esta situación coloca a la geografía en el contexto de las ciencias como productora de soluciones socioespaciales ante las demandas del contexto global. A pesar de ello, no se cumple un rol pasivo, sino que muestra gran actividad a partir de crear el mundo y transformarlo. La geotecnología deja de ser un set de herramientas de análisis espacial, nutrida a través de conceptos de naturaleza geográfica, para convertirse en una interface con una notable carga teórica (Buzai, 1998: 2).

Sin duda, el marco teórico de la geografía y la ciencia de la información geográfica presentan una línea de discusión de gran relevancia en el análisis de los riesgos socionaturales, a partir de propuestas conceptuales como el *territorio* y el análisis geotecnológico. En el primer caso, los riesgos y el territorio están estrechamente relacionados porque los primeros se materializan en un espacio territorializado; es decir, en un espacio apropiado por una comunidad o sociedad y sujeto a un Estado al que le corresponde la gestión de riesgos, misma que implica la prevención, la mitigación y la atención de emergencias, entre otros. El análisis geotecnológico permite el desarrollo de estudios territoriales desde una visión ecológica y corológica en la que se incluyen factores de la relación hombre-medio desde distintas representaciones que van de lo real a la modelación digital, y de lo local a lo global, en un contexto multiescalar.

12.6. Las ciencias de la información geográfica en el estudio de los riesgos

Los riegos socionaturales son entendidos como procesos que generan situaciones latentes de daño y/o alteración en la estabilidad y cotidianeidad de la vida de las personas. Éstos se encuentran relacionados con aquellas condiciones de degradación e impacto ambiental que magnifican o potencializan los procesos naturales de la dinámica terrestre, en combinación con situaciones estructurales de vulnerabilidad social, política o económica. En consecuencia, su análisis desde la disciplina geográfica supone un punto de encuentro entre sus diferentes áreas, ya que solo desde el conocimiento del medio y de la sociedad que habita un espacio determinado es posible conocer los territorios de riesgo (Ayala, 2002). En dicho análisis suelen involucrarse tres fases: el análisis

de factores de riesgo, en el cual se incluyen la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición; la evaluación del riesgo; y el análisis y diseño del ciclo de gestión relativo a medidas y/o funciones de manejo, mitigación preparación, respuesta de emergencia y recuperación (Castellanos, 2002).

Dentro del contexto señalado, la ciencia de la información geográfica, en conjunto con las tecnologías de la información geográfica, representan una posibilidad de análisis. Las amenazas y las variables que conforman el riesgo tienen una manifestación espacial, lo que da pie a su captura, sistematización, análisis, modelaje cartográfico, representación, y actualización (Bosque et al., 2002). En términos operativos, estos procesos pueden ser funcionales en las tres fases del riesgo. La información obtenida del análisis ayuda a cimentar una base en cuanto a las funciones de la gestión del riesgo (Carter, 1991)[8]. De acuerdo con Castellanos (2002: 6-8), los principales aportes se describen de la siguiente forma:

• En la fase de prevención: a partir de los mapas de peligros, vulnerabilidad y riesgo se obtiene información sobre la variación espacial de un desastre potencial, cómo puede afectar al medio ambiente y al humano, y qué plan de estrategia espacial es susceptible de ser desarrollado para reducir la posibilidad de desastre.

• En la fase de preparación: la información y los SIG pueden ser utilizados para la planificación de emergencias y su difusión a las diferentes organizaciones involucradas en el manejo de desastres naturales. Otra aplicación importante es modelar la estimación de pérdidas y producir los planes de emergencia para diferentes escenarios, así como para evaluar la intensidad de los desastres.

• En la fase de respuesta: la geotecnología permite asignar de forma casi inmediata la extensión de las zonas afectadas y gestionar la búsqueda y rescate, el funcionamiento, la activación del plan de emergencia y la distribución de los recursos, tomando en cuenta las mejores rutas disponibles.

• En la fase de recuperación: tanto los datos como las tecnologías de información geográfica son útiles para el estudio de evaluación de daños y el análisis de la recuperación. En tal sentido, todos los resultados de encuestas y cuestionarios referentes al conocimiento, comportamiento público y la percepción de respuesta ante los Riesgos Socionaturales pueden ser integrados en un

8 Las funciones de la gestión de riesgo de desastre son la mitigación, la preparación, la emergencia y la recuperación (Asociación Nacional de gobernadores, 1978, citado en Lindell, 2013). La fase de prevención involucra la mitigación y el desarrollo de las actividades necesarias para eliminar o reducir la ocurrencia de un desastre. La fase de preparación se desarrolla a partir de planes para minimizar los daños de desastres mientras las medidas de mitigación no puedan evitar los desastres. La fase de respuesta se activa cuando se produce un desastre, con el objetivo de proporcionar asistencia de emergencia para víctimas y daños. Finalmente, la fase de recuperación a corto y largo plazos se instrumenta para devolver la vida a los niveles normales (Castellanos, 2002.)

SIG después de un desastre para mostrar qué áreas han sido afectadas y cuánto. Por lo tanto, es posible modelar un plan de recuperación bien fundamentado.

Como se puede observar, el uso de las diferentes tecnologías tanto de recolección de datos –como los sensores remotos satelitales, GPS, fotografía digital, etcétera– como de procesamiento y análisis de información –a partir del *software* SIG– permite su integración a través de operaciones espaciales que, en términos de riesgos, facilitan la toma de decisiones y mejoran la coordinación entre agencias. Además, permite su entendimiento, ya que son fenómenos multicausales y multidimensionales. Aunque dejan de lado la carga subjetiva que implican los riesgos, las nuevas tecnologías facilitan la compresión de la realidad. Adicionalmente, pueden mejorar la amplitud y profundidad de los análisis, orientar los procesos de desarrollo y asistir a planificadores en la selección de medidas de mitigación y la ejecución de acciones de preparativos y respuesta (Maskrey, 1998: 4). Algunos trabajos sobre el tema fueron realizados por Wadge et al. (1993), Coppock (1995), Emani (1998), Kaiser et al. (2003), Twigg (2004) y Longley et al. (2005).

Entre los puntos más relevantes de los SIG en el análisis de riesgos de desastre se encuentra su capacidad para representar la situación del mundo real en estrecha colaboración con capas de información o mapas temáticos de los factores de riesgo. Éstos se pueden combinar a través de técnicas específicas de análisis espacial. En el caso de las amenazas, los elementos expuestos y la vulnerabilidad, Van Westen (2009) describe casos específicos de evaluaciones a diferentes escalas de análisis. Cada uno tiene sus propios objetivos y necesidades de datos espaciales. Esto implica que el empleo de las herramientas geoespaciales se da de forma diferente para cada situación.

12.6.1 Factor de amenaza

De acuerdo con Van Westen (2009), los datos de entrada en la escala global están a una escala menor de 1: 10 millones y la resolución espacial en el orden de 1 a 5 kilómetros. Estas evaluaciones cubren vastas áreas y se relacionan con ciclones, sequías e inundaciones de grandes cuencas, como las de los ríos Rin y Ganges. En este tipo de proyectos, el método es la generación de índices e inventarios a través de mediciones de redes de estaciones de captura de datos a nivel mundial, tales como las redes sísmicas para detectar terremotos, las estaciones meteorológicas y las estaciones de aforo de marea o boyas de medición de ondas –las cuales se apoyan del monitoreo de sistemas sate-

litales que proveen información referente a la temperatura, la precipitación, la nubosidad, la vegetación y el uso de suelo–. Al respecto, el autor menciona algunos ejemplos de redes e información que se presentan en los trabajos de Hong et al. (2007), Mannaetrs et al. (2009) y Centinela Asia (2010).

Otro ejemplo proporcionado por Van Westen (2009) es la Plataforma de las Naciones Unidas de Información Obtenida desde el Espacio para la Gestión de Desastres y la Respuesta de Emergencia (ONU-SPIDER, por sus siglas en inglés, 2010), la cual busca garantizar que todos los países tengan acceso y posibilidad de desarrollar la capacidad de utilizar la información obtenida desde el espacio para apoyar a sus ciclos de gestión de desastre.

Los diferentes países están trabajando en una matriz de aplicación espacial que proporcione los enfoques basados en satélites para cada tipo de riesgo y las distintas fases del ciclo de gestión de desastres. Los productos derivados de los Modelos Digitales de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés) se pueden utilizar en el análisis heurístico a pequeñas escalas; por ejemplo, en los modelos sombreado para la visualización y clasificación fisiográfica, la densidad de drenaje, etcétera.

De acuerdo con Van Westen (2009), la cobertura a escala regional y nacional abarca decenas de cientos de miles de kilómetros cuadrados, según el tamaño de la región o país. Ésta presenta datos de mayor resolución que son tratados en los SIG con el fin de dar seguimiento al estado de riesgo. Barredo (2007) expone un ejemplo a partir del monitoreo de las inundaciones en Europa, en el que, a partir de los modelos digitales de elevación a una resolución de entre 100 metros a un kilómetro, se generan mapas de peligros y un factor de riesgo por métodos hidrológicos a diferentes escalas y en distintos periodos de retorno.

Algunas iniciativas similares a la anterior son mencionadas por Ayanza et al. (2003) en el ámbito de los incendios forestales, a partir del Sistema de Información EFFIS. Éste consiste en una rápida evaluación de las áreas quemadas a través de una serie de imágenes denominadas *MODIS*, que son tomadas desde el satélite llamado *Terra y Aqua*. Dicha tecnología muestra los incendios en áreas quemadas de aproximadamente 40 hectáreas o más en un Web-SIG. Los análisis estadísticos se emplean para la generación de información como la identificación de zonas de altitud; inclinación, longitud y dirección de la pendiente; y el perfil de curvatura. Estos datos sirven como bases temáticas para la evaluación de amenazas.

En escalas provinciales, municipales y locales, la información espacial debe contar con una calidad alta en cuanto a la resolución y suficiencia para ejecutar modelos sofisticados, ya sea de origen estadístico o de base física, mediante el uso de herramientas de *software* SIG. Entre las bases de datos empleadas para obtener la información de estos estudios se pueden incluir los Modelos Digitales del Terreno (MDT) de alta resolución. De acuerdo con Dal Cin et al. (2005), y Alkema y Middelkoop (2005, en Van Westen, 2009), los modelos son generados empleando datos LIDAR, imágenes de satélite de alta resolución e imágenes y fotografías aéreas. Según el autor, los métodos que se pueden emplear son los estadísticos de tipo bivariado y multivariado, así como los geotécnicos determinístico y probabilístico. De acuerdo con Soeters y Van Westen, 1996, en este sentido es posible generar modelos y mapas de amenaza y/o esquemas basados en la física, los cuales se enfocan a procesos específicos como los realizados por Van Beek y Van Asch, 2004 en cuanto a deslizamientos superficiales, o el comportamiento de inundaciones de Stelling et al., 1998, y las erupciones volcánicas. Para ello, se crean diferentes escenarios de modelación de eventos eruptivos y propagación de productos volcánicos.

12.6.2 Los elementos expuestos

Desde la escala local hasta la global, la información espacial corresponde a unidades administrativas como países, provincias y municipios. Ésta se presenta en formato digital de celdas o información vectorial para los elementos lineales de costas, fronteras internacionales, ciudades, aeropuertos, elevaciones, redes de telecomunicaciones, carreteras, ferrocarriles o sitios específicos como el área de una presa, edificios, etcétera. Dicho contenido está disponible a partir de fuentes digitales; por ejemplo, la Carta del Mundo (DCW, 1992). En este rubro, las geotecnologías cumplen una función doble: por un lado, son herramientas específicas en el proceso de obtención de datos que aplican diversas técnicas cartográficas, como la digitalización de mapas analógicos, los levantamientos geodésicos con estaciones terrestres de trabajo GPS o SIG móviles, los métodos fotogramétricos y el procesamiento de imágenes obtenidas por satélite (INEGI, 2009); por otro, se emplean en el análisis de los elementos desde SIG y redes sociales virtuales de impacto y evaluación de daños.

Otro elemento a considerar es la población, expresada como el número de personas por unidad de mapeo y la densidad de población. Los censos son la referencia principal para obtener estos datos, los cuales se agregan a las condi-

ciones censales referentes a divisiones en la tierra, junto con las características relevantes que utilizan en la evaluación de riesgo, como la información del estatus económico y las condiciones de vida, entre las que se identifican la edad, el género, los ingresos, la educación y la marginación.

De esta forma, la geotecnología, ya sea como elemento de obtención masiva de información o como herramienta de procesamiento, es un instrumento valioso para la obtención, gestión y análisis de datos útiles para una rápida toma de decisiones a escalas globales y locales. En ambos casos se facilita la relación entre los mapas y las bases de datos que integran una variedad de factores de la realidad y sintetizan la situación de riesgos.

12.6.3 La evaluación de la vulnerabilidad

De acuerdo con Bankoff et al. (2003, Citado en Van Westen, 2009: 24), la vulnerabilidad es un componente multidimensional conformado por los ámbitos físico, social, económico, ambiental, institucional y humano. Es dinámico, porque cambia con el tiempo y a través del espacio; multiescalar, porque de la escala de los individuos hasta los países; y específico, porque cada lugar puede requerir su propio enfoque.

Diversos postulados teóricos se han desarrollado con el fin de entender la vulnerabilidad y mitigar los riesgos a partir de ella. Por un lado, existen propuestas generales y sencillas que consideran a la vulnerabilidad como el grado de exposición a un peligro, a consecuencia de la pobreza, la desigualdad y el deterioro ambiental (Wiljkman y Timberlake 1984). La disgregan en diversas variables (Wilches-Chaux 1993; Zaman 1999). Por otro, se encuentran aquellas que se basan en indicadores que aglutinan una gran cantidad de variables demográficas, socioeconómicas, políticas y culturales; o bien, las que se enfocan en características particulares de la población como la clase, la etnia, la edad y/o el género (Fothergrill 1996; Fordham 2007), en desarticuladas variables culturales u organizacionales (Hilhorst 2003; Toscana 2014).

Blaikie (1996) menciona que la vulnerabilidad está relacionada con el nivel de desarrollo de las áreas expuestas y afectadas, lo que obliga a considerar estos procesos desde un enfoque integral. De tal manera, Wilches-Chaux (1989) señala que una sociedad puede ser vulnerable desde diferentes ángulos, como el natural, el físico, el ecológico, el social, el económico, el cultural, el educativo, el político, el técnico, el ideológico y el institucional. La suma de todos

estos elementos da como resultado la vulnerabilidad global. En opinión de Van Westen (et al., 2009), los ángulos de la vulnerabilidad se pueden entender de la siguiente manera:

• Vulnerabilidad física: es la relacionada con el potencial de impacto en el entorno construido y la población. Se define como el grado de pérdida de un elemento dado o conjunto de elementos en situación de riesgo resultantes de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud específica. Se expresa en una escala de cero, valor que reporta la ausencia de daños, a uno, valor que representa daño total.

• La vulnerabilidad económica: se define como el impacto potencial de los riesgos de los activos económicos y procesos, es decir, la interrupción de las actividades comerciales y sus efectos secundarios, como el aumento de la pobreza y la pérdida de empleo.

• La vulnerabilidad social: se refiere al impacto potencial de los eventos en los grupos de la sociedad; por ejemplo, las clases sociales, los hogares monoparentales, las mujeres embarazadas o lactantes, los discapacitados, los niños, y ancianos, entre otros. En ella se incluye la conciencia pública sobre el riesgo, la capacidad de los grupos de recuperarse y el estado de las estructuras institucionales diseñadas para hacer frente a los desastres. Los diferentes tipos de elementos en riesgo muestran distintos niveles de daño, según la intensidad de peligro.

• La vulnerabilidad ambiental: está dado por el posible impacto de los eventos sobre factores del medio ambiente como la flora, la fauna, los ecosistemas, la biodiversidad, etcétera. Ocurre cuando el modelo del desarrollo no está basado en una relación adecuada con el entorno y promueve o fomenta la explotación y la destrucción de los recursos naturales. Estas circunstancias llevan a la degradación inevitable de los ecosistemas y al aumento de la vulnerabilidad. El autoajuste para compensar los impactos directos e indirectos de la actividad humana o de acontecimientos naturales puede llegar a ser muy difícil (Cardona, 2011).

Los datos básicos y los métodos para definir los diferentes ángulos de la vulnerabilidad en un análisis en el que se involucra a la geotecnología se obtienen a partir de censos económicos y se asocian a la infraestructura vectorial y *raster*. Se hallan relacionados con una base de datos de atributos que puede ser manipulada desde paquetes estadísticos para la construcción de indicadores y modelos de análisis espacial en *software* de SIG.

Los métodos basados en la geotecnología para medir la vulnerabilidad física y/o estructural son, básicamente, de orden cuantitativo. Sus procedimientos son realizados a partir de la superposición espacial de los elementos en situación de riesgo y las huellas de peligro. Se utiliza la información de las bases de datos relacionadas con los elementos o datos gráficos localizados en un sector de amenaza para calcular la resistencia de los materiales en función de la severidad y la recurrencia del evento (Van Westen et al., 2009). Los resultados se presentan en mapas de daño físico de las estructuras y en gráficas de costos y pérdidas económicas.

12.7 Evaluación del riesgo

Para Van Westen (2008), la valoración del riesgo se integra por amenazas y vulnerabilidades medidas a partir de dos aproximaciones cuantitativas. La primera se basa en la integración de índices de peligro y vulnerabilidad mediante la evaluación de criterios espaciales y procesos estadísticos de tipo multicriterio, multivariado o bivariado. La segunda evaluación expresa el riesgo en términos de probabilidades o como pérdidas esperadas. Éstas pueden ser deterministas, basadas en escenarios o probabilísticas, tomando en cuenta el efecto de todos los escenarios posibles e incertidumbres.

En su mayoría, los métodos referidos siguen un enfoque de ingeniería y se centran en la evaluación de las pérdidas físicas directas que resultan del impacto de la amenaza; por ejemplo, cuando se inundan o colapsan edificios debido a un terremoto o a daños por el viento. La atención se centra en las pérdidas tangibles que tienen un valor monetario, como los edificios, los cultivos, el ganado, la infraestructura, etcétera. Estas propuestas son útiles; sin embargo, es importante mencionar que dejan de lado los daños que no pueden valorarse monetariamente.

De acuerdo con Cutter (1993), las técnicas para valorar las variables sociales abarcan las narrativas históricas (Colten, 1991), los análisis contextuales (Mitchell et al., 1989), los estudios de caso (Liverman, 1990b), los análisis estadísticos y ciertas técnicas de mapeo (McMaster y Johnson, 1987; McMaster, 1988; Burke, 1993; Parrish et al., 1993; von Braun, 1993; Wadge et al., 1993; Hepner y Finco, 1995). La construcción de índices elaborados por una serie de indicadores individuales y apoyados en métodos estadísticos ha tenido relevancia (Jepson, 2007). Trabajos como el de Cutter y Finch (2008) son un ejemplo de ello. Estos autores construyeron el denominado *Índice de Vulnerabilidad Social* (SoVI, por sus siglas en inglés), el cual proporciona un

nivel comparativo de medida de la vulnerabilidad social a amenazas asociadas a fenómenos naturales basado en el perfil socioeconómico y demográfico de los diversos condados de Estados Unidos.

De acuerdo con Bird (2009), entre los métodos utilizados para la medición se encuentran las correlaciones de Pearson, donde las variables se examinan para encontrar patrones subyacentes de variación; los análisis de componentes principales, en los que las variables presentan una variedad de ideas de interés y su asociación; y el índice de puntuaciones, en el que los factores son estandarizados y ponderados con respecto de sus cargas de factor. Éstas últimas son una indicación aproximada de las correlaciones del concepto de dominio de estructura latente. En las evaluaciones, el SIG se define como un complemento del *software* estadístico, tanto para la modelación como para la representación espacial de los datos.

Finalmente, dentro de este contexto holístico entre amenazas y vulnerabilidad, Maskrey (1998) menciona que el análisis de riesgo puede entenderse de diversas maneras. En él se describen metodologías complejas que combinan datos físicos y sociales contextuales. Al mismo tiempo, las ciencias de la información geográfica ofrecen técnicas específicas de análisis. De acuerdo con el autor citado, existen los procesos de superposición de capas temáticas sobre los elementos en riesgo, en combinación con otras capas sobre las amenazas. Una segunda técnica es la construcción de índices probabilísticos de riesgo mediante la combinación de diferentes capas temáticas que representan diversas variables. En cada una se describen las características espaciales, temporales, atributos y topología de una variable asociadas con el riesgo. Por ejemplo, se combinan capas representando variables a las que se les asigna un peso o valoración particular y, a partir de diferentes algoritmos, se combinan las variables.

Como se puede observar, el riesgo es un fenómeno variable en términos de espacio. La tecnología SIG es ahora una herramienta estándar para la producción y presentación de información sobre los riesgos, los cuales pueden ser presentados a manera de información estadística por unidad administrativa según se trate de un país, una provincia, un municipio o un barrio. Ejemplos de ello son el valor de índice de riesgo resultante de la evaluación de riesgos cualitativa, la Pérdida Máxima Probable (PML, en inglés), el promedio de pérdida anual (AAL), la pérdida de la curva de excedencia por el riesgo económico o las curvas de población de riesgo social.

> El riesgo también puede ser visualizado espacialmente en forma de mapas que muestran su variación sobre un área (Van Westen, 2008). El aumento de la disponibilidad de los datos de las geotecnologías y los análisis integrados en los SIG, han creado oportunidades para un detallado y rápido análisis de riesgos, gracias al cual la planeación de actividades en casos de desastre puede ser eficaz y rentable para la gestión de desastres. Esto puede ayudar a reducir el número de víctimas y los daños causados por los desastres asociados a fenómenos naturales (Bahuguna, et al., 2013).

La información de las aplicaciones geotecnológicas puede utilizarse en apoyo de las medidas convencionales de gestión de riesgos; por ejemplo, al orientar el uso del suelo, el desarrollo de proyectos de infraestructura o la incorporación en los procesos de planificación urbana y regional en forma proscriptiva o prescriptiva (Maskrey, 1998). Las pérdidas potenciales por la manifestación de una amenaza también pueden incluirse en un análisis de costos y beneficios, en situaciones como el diseño de una carretera o una hidroeléctrica. En el caso del desarrollo urbano, la información puede utilizarse para elaborar reglamentos de zonificación y de construcción que reflejen los niveles de amenaza para diferentes usos y tipos de construcción en distintas zonas, minimizando los daños futuros.

Asimismo, la información obtenida con las geotecnologías puede utilizarse en la preparación para contingencias mediante el almacenamiento de suministros y la programación de actividades preventivas en áreas donde se esperan mayores daños y destrucción. En el sector privado, las estimaciones de pérdidas y daños pueden ser utilizadas por las aseguradoras y reaseguradoras para fijar las primas de seguros, así como por inversionistas, para determinar las prioridades de inversión (Maskrey, 1998).

12.8 Conclusiones

Dado lo expuesto hasta el momento, se advierte que, si bien la ciencia de la información geográfica se presenta como una alternativa de análisis para los estudios de riesgo, es necesario que se realice bajo una visión holística en la que la valoración incluya enfoques sociales y no sólo reduccionistas sobre el riesgo. En tal sentido, la instrumentación de las geotecnologías lleva implícita una ética de compromiso con la sociedad por parte del usuario.

Recapitulando, la valoración de riesgos desde la perspectiva geográfica, se presenta como una alternativa viable para desde la visión socionatural, a partir de la integración y valuación estadística de los factores que en este intervienen, esto, apoyado por la instrumentación de las geotecnologías.

De tal modo, se entiende que habrá que apostar por desarrolla una investigación que considera las variables mencionadas, en las que por un lado, se incluye el factor de amenaza desde las perspectivas natural y socionatural, así como la inserción de factores sociales, a partir del análisis de vulnerabilidad socioeconómica, ambiental y de los elementos expuestos. Por otro, en cuanto a las capacidades institucionales para prevenir, se plantea la elaboración de un análisis de capas temáticas para reconocer un inventario de infraestructura disponible y la aplicación de encuestas a los integrantes de la institución de protección civil que proporcionen información acerca de la situación en cuanto al manejo y gestión del riesgo de las autoridades municipales locales. Los resultados obtenidos a partir de la valoración del índice de riesgo y la información proveniente de la caracterización serán sometidos a un ejercicio de integración con el objetivo de complementar ambas posturas. Se espera que la segunda de ellas aporte un contrapeso de subjetividad a la valoración cuantitativa del índice.

12.9 Bibliografía

Aros, P. (2011), Conceptualización de "espacio", "territorio" y "límite" desde la geografía y su implicancia en la práctica geográfica dentro del contexto neoliberal. Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía, 2: 77-89.

Ayanza, J.S.M., Barbosa, P.M., Schmuck, G.; Liberta, G. (2003). The European Forest Fire Information System (EFFIS). S/l: European Commission: JIR Institute for Environment and sustainability.

Ayala-Carcedo, J.; Olcina-Cantos, J. (2002). Riesgos naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. Ayala-Carcedo, J. y Olcina Cantos, J. (coord.). Riesgos naturales, 41-70. Barcelona, España: Ariel Ciencia.

Bahuguna, V.; Joshi, S.; Deshmukh, N.K.; Bhalchandra, P. (2013). Assessment of Role of GIS for Natural Disaster Management: A Critical Review. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2(10): 5630-5632.

Barredo, J. I. (2007). Major flood disasters in Europe: 1950–2005. Natural Hazards, 42(1): 125–148.
Bird, D. K.; Gísladóttir, G.; Dominey-Howes, D. (2009). Resident perception of volcanic hazards and evacuation procedures. Natural Hazards and Earth System Science, 9(1):251-266.
Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I.; Wisner, B. (1996). Vulnerabilidad, el entorno social de los desastres. Bogotá, Colombia: La RED-ITDG.
Borja, J. (1998, agosto-septiembre). Seminario Ciudades: política, gestión y proyecto. Capital Federal, Buenos Aíres Argentina.
Bosque-Sendra, J.; Escobar-Martínez, F.J.; García-Hernandez, E.; Salado-García, M.J. (1994). Sistemas de Información Geográfica: prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI. Madrid, España: Ra-Ma.Bosque-Sendra, J. (1999). La ciencia de la información geográfica y la geografía. Ponencia presentada en el VII Encuentro de Geógrafos de América Latina. San Juan, Puerto Rico.
Bosque, S.; Zamora, L. (2002). Visualización geográfica y nueva cartografías. GeoFocus, 2: 61-77.
Buzai, G.D. (1998). Impacto de la geotecnología en el desarrollo teórico-metodológico de la ciencia geográfica. Hacia un nuevo paradigma en los albores del siglo XXI. Tesis Doctoral. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo-Facultad de Filosofía y Letras.
_____ (1999), Geografía global. Buenos Aires.
_____ (2001), "Paradigma geotecnológico, geografía global y cibergeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión", GeoFocus, 1, pp. 24-48.
_____ (2000), La exploración geodigital. Argentina.
_____ (2005), "Geografía automatizada, ciencias de la información geográfica y ciencias sociales integradas espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI", Fronteras, 4(4), pp. 31-36.
Cardona, O.D. (2011), "Disaster risk and vulnerability: concepts and measurement of human and environmental insecurity", Brauch, H.G. (ed.). Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security, pp. 107-121. Berlin, Alemania: Springer-Verlag.
Carter, N.W. (1991), "Disaster Management: A Disaster Manager's Handbook", Asian Development Bank (ADB).
Castellanos-Abella, E. (2002), "GIS for Natural Disaster Management", III Congreso Internacional Geomatica. La Habana, Cuba: Palacio de las Convenciones.

Cromley, R.G. (1993), "Automated Geography: Ten Years Later", Professional Geographer, 45, pp. 442-443.
Coppock, J.T.; Rhind, DW. (1991), "The history of GIS", Geografical information systems: principles and applications, 1(1), pp. 21-43.
Coppock, J. T. (1995), GIS and natural hazards: an overview from a GIS perspective.
Carrara, A., Guzzetti-Dordrecht, K. (eds.). "Geographical information systems in assessing natural hazards", North America: Springer Netherlands, pp. 21–34
Curry, M. (1995), "GIS and the inevitability of ethical inconsistency". Pickles, J. (ed.). Ground truth: the social implications of geographic information systems, pp. 68-87. Nueva York: Guilford Press.
Cutter, S.L. (1993), Liting witlr risk. London: Edward Amold.
Cutter, S. L.; Finch, C. (2008), "Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards", Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(7), pp. 2301-2306.
Delgado, O. (2003), "La tercera vía: el espacio geográfico desde la teoría de la estructuración". Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, pp. 143-149.
Delgado, O. (2011). Ideas geográficas sobre la relación tiempo, clima y sociedad: el determinismo geográfico como ideología. Disponible en: http://sogeocol.edu.co/documentos/DETERMINISMO_GEOGRAFICO.pdf].
Del Bosque-González, I.; Fernández-Freire, C.; Martín-Forero-Morente, L.; Pérez-Asensio, E. (2013), Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los%20SIG%20y%20la%20Investigacion%20en%20Ciencias%20Humanas%20y%20Sociales.pdf].
Dobson, J.E. (1983), "Automated geography", The Professional Geographer, 35(2), pp. 135-143.
Emani, S. (1998), "Applications in hazard assessment and management". Explorations in Geographic Information Systems Technology, 6, pp. 1-48.
Dobson, J.E.; Fischer, P.F. (2007), "The panopticon's changing geography", Geographical Review, 97(3), pp. 307-323.
Duckham, M.; Goodchild, M.F.; Worboys, M. (2004), Foundations of geographic information science. London and the New York: CRC Press.
Fordham, M. (2007). "Gendering Vulnerability Analysis: Towards a More Nuanced Approach", Bankoff, G.; Frerks, G. y Hilhorts, D. (eds.). Mapping Vulnerability: Disasters, Develpment and People, pp. 174-182. Londres, Reino Unido: Earthscan.

Fothergrill, A. (1996), "Gender, Risk and Disaster". International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 14(1), pp. 33-56.
Goodchild, M. (1992), "Geographical information science", International Journal of Geographical Information Systems, 6 (1), pp. 3-45.
Gómez-Mendoza, J. et al. (1982), El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Universidad.
Gómez-Escobar, C. (2005), Aspectos Teóricos y metodológicos de la cartografía de la población. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Filosofía y Letras. Posgrado de Geografía, Maestría en Geografía.
Gregory, I. (2009), "Text, images and statistics: Integrating data and approaches using geospatial computing", E-Science Workshops, 5th IEEE International Conference. The Kassam Stadium.
Haesbaert, R. (2013), "Del mito de la desterritorialización a la multiterritorialidad", Cultura y representaciones sociales, 8(15), pp. 9-42.
HAGGETT, P., (1988): Geografía: una síntesis moderna.Barcelona, Ediciones Omega
Hilhorst, D. (2003). "Responding to Disasters. Diversity of Bureaucrats, Technocrats and Local People", International Journal of Mass Emergencies and Disastres, 21(1), pp. 37-56.
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009), "La información topográfica como conjunto de datos digitales", Guía para la interpretación de cartografía, pp. 19-20. México: INEGI.
Jepson, M.; Jacob, S. (2007). "Social indicators and measurements of vulnerability for Gulf coast fishing communities", NAPA Bull, 28, pp. 57-68.
Kaiser, R.; Spiegel, P. B.; Henderson, A. K.; Gerber, M. L. (2003), "The application of Geographic Information Systems and Global Positioning Systems in humanitarian emergencies: lessons learned, programme implications and future research", Disasters, 27, pp. 127-140.
Lake, R.W. (1993), "Planning and applied geography: positivism, ethics, and geographic", Progress in Human Geography, 17(3), pp. 404-413.
Lefebvre, H. (1974), La production de l´espace. París: Anthropos.
Longley, M.F.; Goodchild, D.J.; Rhind, D.W. (2005), Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications. Hoboken, Nueva Jersey: John Wiley and Sons.
Llanos-Hernández, L. (2010), "El concepto del territorio y la investigación en las ciencias sociales", Agricultura, sociedad y desarrollo, 7(3), pp. 207-220.

Maskrey, A. (1998), Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgos en América Latina. Soluciones prácticas. Perú: LA RED.
Mateo, J. (2005), La concepción sobre los paisajes vista desde la Geografía. Cuba: Universidad de La Habana-Facultad de Geografía.
Monroy, G.J.; Campos-Vargas, M.; Toscana-Aparicio, A.; García-Ruiz, D. (2010), "Sistema inteligente del combate al feminicidio: geoinformática, innovación tecnológica geoespacial y sistemas de información geográfica en Toluca", Arteaga-Botello, N. (coord.). Por eso la maté: una aproximación sociocultural a la violencia contra las mujeres, pp. 139-165. México: Porrúa.
Montáñez-Gómez G., Delgado-Mahecha, O. (1998), "Espacio, territorio y región: conceptos básicos para un proyecto nacional. Cuadernos de Geografía", Revista Colombiana de Geografía, VII (1-2): pp. 120-135.
Montáñez-Gómez, G. (2001), "Introducción razón y pasión del espacio y el territorio", Montañez-Gómez, G.; Carrizosa-Umaña, J.; Suárez-Fernández, N.; Delgado-Mahecha, O.; Lucio, J.A. (eds.). Espacio y territorios razón pasión e imaginarios, Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Vicerrectoría General, pp. 15-32.
Moltó, E. y Hernández, M. (2002), "Desarrollo local y análisis territorial integrado: algunos ejemplos aplicados", Revista Investigaciones Geográficas. Edición electrónica, (27), pp. 175-190.
Nogue J. y Rufi V. (2001), Geopolítica, Identidad y Globalización. Barcelona: Ariel.
Olaya, V. (2011), "Sistemas de Información Geográfica", Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano, 2009, 8, pp. 1-839.
Oropeza, M.; Díaz, N. (2007). "La geotecnología y su inserción en el pensamiento geográfico", Terra Nueva Etapa. 23 (34), pp. 71-95.
Pickles, J. (1999). "Arguments, debates and dialogues: the GIS-social theory debate and the concern for alternatives". Longley, P. A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D. J., and Rhind, D. W. (eds.). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management, New York: Wiley, pp. 49-60.
Pillet, F. (2004), "La geografía y las distintas acepciones al espacio geográfico", Investigaciones Geográficas, (34), pp. 141-154.

Ratzel, F. (1982), "El territorio, la sociedad y el Estado", Gómez-Mendoza, J.; Muñoz- Jiménez, J. y Ortega-Cantero, N. (coord.) El pensamiento geográfico. Estudio interpretativo y antología de textos (De Humboldt a las tendencias actuales). Madrid: Alianza.

Reyes, D. L.; Córdoba-Henao, G. A. (2011), "Los conceptos región y territorio como aporte a los estudios de la lengua. Lenguas en contacto y bilingüismo", 3 (2), pp. 131-160. Disponible en: http://www.bibliodigitalcaroycuervo.gov.co/192/. Consultado en junio, 2013.

Reyes, M.; Martínez-Arce, J. (2003), "Tecnologías de Información, cartografía y geografía en la era digital", Revista Boletín de Política Informática, (2), pp. 1-11.

Sailajananda, S. y Bishmita, M. (2012), "Understanding the relationships between society and environment in geography with gis support". International Journal of Science, Environment and Technology, 1(5), pp. 386–394.

Sánchez, J. (1991), Espacio, economía y Sociedad. Madrid: Siglo XXI.

Sánchez, D. C. (2013), "Contribución del análisis espacial a la ciencia y a la geografía: El caso de los métodos clasificatorios", GeoUSA, revista científica de Geografía, 2 (3), pp. 36-58.

Santarelli de Serer, S. y Campos, M. (2002), Corrientes epistemológicas, metodología y prácticas en Geografía. Propuestas de estudio en el espacio local. Bahía Blanca: editorial de la Universidad Nacional del Sur.

Sauer, C. O. (1925), "La morfología del paisaje", Bosque, J. y Ortega, F. (eds.). Fragmento, Comentarios de textos geográficos (Historia y crítica del pensamiento geográfico), pp. 94-96. Barcelona: Oikos-tau.

Soeters, R. Van Westen, C. J. (1996), "Slope instability recognition, analysis and zonation", Turner, A. K. and Schuster, R.L. (eds.). Landslides Investigation and Mitigation, Transportation Research Board. Special Report 247, Washington: National Academy Press, pp. 19 -177.

Toscana-Aparicio, A. (2010), "El estudio del territorio en la Geografía Humana", Rodríguez-Wallenius, C. A. (coord.) Defensa comunitaria del territorio en la zona central de México: enfoques teóricos y análisis de experiencias, México: Juan Pablos Editor, pp. 33-55.

Toscana-Aparicio, A. (2010), "El estudio del territorio en la Geografía Humana", Rodríguez-Wallenius, C. A. (coord.) Defensa comunitaria del territorio en la zona central de México: enfoques teóricos y análisis de experiencias, México: Juan Pablos Editor, pp. 33-55.

Toscana-Aparicio, A. (2014), "Actores sociales en la gestión local del riesgo de desastre en Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México", Espacialidades. Revista de temas contemporáneos sobre lugares, política y cultura, 4(1), pp. 139-169.

TUAN, Yi-fu. (1976), Geografía Humanística. Annals of the Association of American Geographers, LXVI No 2.

Twigg, J. (2004), Good Practice Review. Disaster Risk Reduction: mitigation and preparedness in development and emergency programming. No. 9. London: Overseas Development Institute-Humanitarian Practice Network.

Van Westen, C. J. (2008), Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management. Netherlands: Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC)-University of Twente Hengelosestraat.

Van Westen, C.J. (2009), Distance Education course on the use of spatial information in Multihazard risk assessment. Disponible en: http://www.itc.nl/Pub/study/Courses/C11-AES-DE-01]. Consultado en enero 2013.

Walter Porto-Gonçalves, C. (2006), "De Saberes y de Territorios: diversidad y emancipación a partir de la experiencia latino-americana", Polis Revista Latinoamericana. Disponible en: http://polis.revues.org/2636].

Wadge, G.; Wislocki, A. P. y Pearson, E. J. (1993), "Spatial analysis in GIS for natural hazard assessment", Goodchild, M. F, Parks, B. O. (eds.). Environmental Modeling with GIS, Oxford: University Press, pp. 332–338.

Wilches-Chaux, G. (1989). Desastres, ecologismo y formación profesional. Colombia: SENA-Popayán.

Wilches-Chaux, G. (1993), "La vulnerabilidad global", Maskrey, A. (eds.). Los Desastres no son naturales, Bogotá: La Red-Tercer Mundo Editores, pp. 11-4.

Wiljkman, A. y Timberlake, L. (1984), ¿Natural disasters, Acts of God or Acts of man? Philadelphia: Earthscan Book.

Wright-Dawn, J.; Goodchild, M. F. y Proctor, J. D. (1997), "Demystifying the persistent ambiguity of GIS as 'tool' versus 'science'", Annals of the Association of American Geographers, 87 (2), pp. 346-362.

Zaman, M. (1999), "Vulnerability, disaster, and survival in Bangladesh", Oliver-Smith, A. and Hoffman, S. M. (eds.). The Angry Earth. Disaster in Anthropological Perspective, Londres: Routledge, pp. 192-212.

Capítulo 13. Reflexiones sobre el estado actual de la Gestión Integral de los Riesgos Socionaturales en México

José Emilio Baró Suárez y
Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo
Facultad de Geografía,
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

13.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es discutir sobre las reflexiones del estado actual de la Gestión Integral de los Riesgos Socionaturales en México, para conocer cuáles son los puntos de vista de este tema y cuáles son las perspectivas, alcances y aportaciones en el bienestar social de la población, y sobre todo en la prevención de catástrofes.

Además, sintetiza los puntos prioritarios sobre el riesgo, desde las causas, consecuencias y la prevención. De igual manera se enfoca en cuáles son las instancias gubernamentales, sociales e instrumentos que permiten el monitoreo, la prevención y la respuesta ante desastres.

13.2 Reflexiones sobre el estado actual de la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales en México

Según la Ley General de Protección Civil del 3 de junio de 2014 en el Capítulo I. Disposiciones Generales del Artículo 2, fracción XXVII señala que la Gestión Integral de Riesgos "El conjunto de acciones encaminadas a la

identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción" (H. Congreso de la Unión, 2014: 3).

Partiendo del concepto anterior consideramos que con el objetivo de trabajar en la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia del país ante los diferentes fenómenos naturales que lo impactan territorialmente, debemos trabajar, a nuestro juicio, en los siguientes aspectos:

1. Priorizar la gestión preventiva del riesgo local de desastre; en este sentido, la prioridad estará en la capacitación, formación y superación de recursos humanos a nivel local, fundamentalmente. Esto se justifica dada la globalidad y el enfoque sistémico bajo el cual se debe visualizar a la gestión integral de los diferentes escenarios de riesgos. Son muchas las causas que intervienen en su construcción.
2. Partiendo del punto anterior, la situación actual amerita que el personal operativo de Protección Civil, principalmente de los municipios, sea acreditado, de base y con garantías de continuidad. Lo anterior debe ser independiente de los movimientos de la política, ya que con esto se garantizaría la sistematización, actualización y el manejo acertado de la información; importante para la gestión prospectiva o preventiva de los diferentes escenarios de riesgo.
3. Se necesita que el marco legal, reglamentario y normativo que gira alrededor de los análisis, evaluaciones y gestión del riesgo, sea del conocimiento profundo de los tomadores de decisiones en el territorio; la mayoría de los escenarios de riesgo son consecuencia de la violación de la ley. Los riesgos son distorsiones en la proyección territorial de las políticas públicas en materia de gestión de cuencas, ecosistemas, ordenamientos territoriales (usos del suelo) y atlas de riesgo.
4. La Gestión Integral del Riesgo debe ser fortalecida legalmente; por tanto, es importante asignar recursos a los municipios, no solo para desarrollar su atlas de riesgo, sino también para su gestión y actualización continua.
5. Debemos apostar fuertemente por la resiliencia comunitaria; es preciso

tener en cuenta que ésta se inicia en la educación de las personas desde el nivel básico hasta el medio superior, con esto reduciríamos significativamente la vulnerabilidad.

6. Priorizar la realización de los análisis de costo beneficio en el planteamiento de medidas tanto estructurales, como no estructurales para la reducción del riesgo de desastre. A su vez, es importante el tema de la transferencia del riesgo, a través de seguros y otros instrumentos financieros.

7. Incrementar los recursos asignados al FOPREDEN, con el objetivo de estimular potencialmente la prevención.

8. Internalizar y articular el tema de los riesgos y su gestión (por ley) en los planes de desarrollo, programas, proyectos, ordenamientos y estrategias de desarrollo territorial a cualquier nivel. Velar por su seguimiento y cumplimiento.

9. Finalmente, de lo que se trata es de dignificar y poner a la altura que exigen las circunstancias, toda la actividad de protección civil en el país. México cuenta con los recursos humanos preparados para poder resolver, consolidar y desarrollar los puntos anteriormente planteados. Debemos consolidar, gestionar y darle seguimiento a las siguientes políticas públicas básicas para la reducción del riesgo a desastres.

a. Priorizar la profesionalización de la actividad de Protección Civil con nivel superior de sus recursos humanos operativos.

b. Internalizar y financiar la Gestión Integral del Riesgo en los Planes de Desarrollo Municipales y Programas de Ordenamiento Territorial.

c. Instrumentación y gestión de los Ordenamientos Territoriales y su articulación con los Atlas de Riesgos, Planes de Desarrollo Municipal y organismos de gestión de cuencas hidrológicas.

d. Aumentar y consolidar la participación comunitaria en los Sistemas de Alerta Temprana, para los diferentes eventos geológicos e hidrometeorológicos más recurrentes.

e. Incrementar la penetración de los seguros en materia de prevención.

13. 3. Bibliografía

H. Congreso de la Unión (2014), Ley General de Protección Civil, Estados Unidos Mexicanos: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación (DOF) 03-06-2014.

Lista de autores

1. Marco conceptual para el estudio de los Riesgos Socionaturales: José Emilio Baró Suárez Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Srahyrlandy Rocío Díaz Sánchez Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Juan Carlos Garatachia Ramírez Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

2. Marco legal, normativo e institucional de los Riesgos Socionaturales de México: José Emilio baro Suarez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Armando Arriaga Rivera, Facultad de Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Rosa Estela Hernández Valdés, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

3. Riesgos por inundaciones: Carlos Díaz-Delgado, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); José Emilio Baró Suárez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Carlos Alberto Mastachi Loza, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Khalidou M Bâ y Juan Gaytán Iniestra, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

4. Riesgo por procesos de vertientes y otros movimientos del terreno: Alexis Ordaz Hernández, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Luis Miguel Espinosa Rodríguez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); José Ramón Hernández Santana, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); José Luis Expósito

Castillo, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

5. Susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en México: una alerta a la vulnerabilidad construida: Jorge López Blanco, José Ramón Hernández Santana, Rafael Aragón González y Ana Patricia Méndez Linares, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM).

6. Determinación o zonificación del peligro sísmico: Carlos I. Huerta López, Departamento de Ingeniería Civil y Topografía de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez y Instituto Tecnológico de Tijuana del Tecnológico Nacional de México; Juan Carlos Garatachia Ramírez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); José Emilio Baró Suárez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

7. Reducción del Riesgo Volcánico: Amiel Nieto Torres, Departamento de Vulcanología, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED); María del Carmen Jaimes Viera, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México; Héctor Víctor Cabadas Báez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

8. La relación entre el relieve y la gestión del riesgo: Luis Miguel Espinosa Rodríguez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

9. Cartografía del riesgo: Tecnologías de la Información Geográfica aplicadas al análisis de riesgos: Julio César Carbajal Monroy, Juan Carlos Garatachia Ramírez, Norma Dávila Hernández y Francisco Zepeda Mondragón, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

10. Gestión Social de Riesgos: construyendo escenarios de futuro: Javier E. Thomas Bohórquez, Departamento de Geografía, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

11. Ecuación General del Riesgo (EGR): principios generales: Luis Miguel Espinosa Rodríguez, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); José Ramón Hernández Santana, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

12. Territorio y análisis geoespacial desde la perspectiva de la geografía y su implementación en el estudio del riesgo socionatural: María Milagros Campos Vargas, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); José Francisco Monroy Gaytán, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); Oscar Frausto Martínez, División de Desarrollo Sustentable Ciencias y Humanidades, Universidad de Quintana Roo; Alonso Reyes López, Universidad Mexiquense del Bicentenario.

13. Reflexiones sobre el estado actual de la Gestión Integral de los Riesgos Socionaturales en México: José Emilio Baró Suárez y Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).

Enfrentando los riesgos socionaturales

Se terminó de imprimir en noviembre de 2018

El objetivo del libro es comprender la magnitud de los Riesgos Socionaturales en México y Latinoamérica, para comprender el peligro que existe por algún tipo de desastre, ya sea inundaciones, sismos, remoción en masa, entre otros, además conocer qué medidas preventivas, correctivas y de contingencias existen para estar atentos ante alguna señal que la naturaleza esté enviando y así evitar alguna catástrofe. El libro se enfoca en los aspectos básicos de análisis de los peligros, escenarios de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia, importantes para la gestión prospectiva o preventiva.

La presente obra está recomendada fundamentalmente hacia los técnicos locales de Protección Civil, los cuales son los que se desempeñan operativamente y necesitan nutrirse de los conocimientos de avanzada que se presentan en este libro.

ISBN 978-607-437-457-5