Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública

Los desastres, ¿cómo se miden sus costos sociales y económicos?

Documento de trabajo núm. 220

Las opiniones expresadas en este documento no reflejan la postura oficial del Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, o de la Cámara de Diputados y sus órganos de gobierno. Este documento es responsabilidad del autor. Este documento es una versión preliminar, favor de citarlo como tal.

Junio 2016

www.diputados.gob.mx/cesop

CÁMARA DE DIPUTADOS
LXIII LEGISLATURA

CESOP
Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública
Información que fortalece el quehacer legislativo

CÁMARA DE DIPUTADOS
LXIII LEGISLATURA

Información que fortalece el quehacer legislativo

CESOP
Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública

Organización Interna

Marcelo de Jesús Torres Cofiño
Director General

Netzahualcóyotl Vázquez Vargas
Director de Estudios Sociales

Ricardo Martínez Rojas Rustrian
Director de Estudios de Desarrollo Regional

Marco Antonio Villarín Albarrán
Subdirector de Análisis
y Procesamiento de Datos

Luis Alberto Hernández Tovar
Coordinador Técnico

Ernesto R. Cavero Pérez
Subdirector de Estudios de Opinión Pública

Felipe de Alba Murrieta
Gabriel Fernández Espejel
José de Jesús González Rodríguez
Rafael López Vega
Salvador Moreno Pérez
Santiago Michele Calderón Berra
Heriberto López Ortiz
Investigadores

Luis Ángel Bellota
Elizabeth Cabrera Robles
Natalia Hernández Guerrero
Karen Nallely Tenorio Colón
Juan José Reyes Vázquez
Agustín Munguía Romero
Ricardo Ruiz Flores
Guillermina Blas Damián
Alejandro López Morcillo
Apoyo en Investigación

José Olalde Montes de Oca
Asistente Editorial

Claudia Ayala Sánchez
Corrección de estilo

Los desastres, ¿cómo se miden sus costos sociales y económicos?

Dr. Felipe de Alba

Introducción ... 4
1. Contexto internacional de los desastres ... 4
2. Administración del riesgo de desastre (Disaster Risk Management, DRM) ... 7
3. Impacto mundial de los desastres ... 8
4. ¿Cuánto cuestan los desastres en México? ... 16
4.1 *Sismos* ... 17
4.1.1 Problemas en la definición: temblor, sismo y terremoto ... 17
4.1.2 Instrumentación sísmica en el mundo y en México ... 18
4.1.3 Actividad sísmica en México ... 21
4.1.3.1 Zonificación sísmica en la Ciudad de México ... 26
4.2 *Huracanes* ... 29
4.2.1 Formación de los huracanes ... 29
4.2.2 Las categorías de los huracanes, según intensidad de vientos ... 31
4.3 *Inundaciones* ... 34
4.3.1 Inundaciones más frecuentes e intensas. Perspectiva nacional ... 34
4.3.2 El caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ... 37
4.3.2.1 Sistema Principal de Drenaje ... 38
4.3.2.2 Canalizar las aguas negras y el agua de lluvias, sin distinción ... 40
Consideraciones generales ... 41

Introducción[1]

En este documento se intenta reunir información relevante sobre las características de los desastres, específicamente de tres tipos: sismos, inundaciones y huracanes.

Primero, en una sección se trata el contexto internacional de los desastres con información de organismos internacionales especializados, las definiciones más recurrentes y los métodos de clasificación que dichos organismos manejan. Segundo, se trata de una serie de clasificaciones que los organismos mexicanos han hecho respecto a las tipologías de los desastres, igualmente enfocándose con relación a tres tipos: **sismos, inundaciones y huracanes**.

Este estudio tiene el objetivo de informar al lector especializado en cuanto a las características más relevantes que presentan estos fenómenos, **cuyos costos en los años recientes han rebasado la expectativa gubernamental** en los planos local, nacional e internacional, sin distinción.

En este documento se intenta responder a dos preguntas: ¿Qué se pierde en un desastre? ¿Cuánto cuestan esas pérdidas? Es decir, intentaremos hablar de esas pérdidas en términos humanos, económicos y sociales.

1. Contexto internacional de los desastres

Los desastres están directamente relacionados con el impacto a la salud humana, la pobreza en las ciudades y la degradación de los ecosistemas, causados por uno o más factores peligrosos; son una consecuencia no deseada, una posibilidad que amenaza con afectar la existencia y modo de vida de las comunidades humanas a lo largo y ancho del planeta.

Volcanes, cuerpos de agua, fallas geológicas, son objetos que constituyen el espacio terrestre, es decir, le dan forma al territorio que habitamos, por tanto, afectan

[1] En este documento se aborda con mayor profundidad el tema de los desastres. Puede encontrarse un ejercicio inicial sobre este tema en Felipe de Alba, “Las facturas de la naturaleza: estrés hídrico y eventos 'no calculados'”, *Reporte CESOP,* núm. 55, 2014 [en línea]. Colaboraron Juana Martín, Alexia Macario

dónde y cómo vivimos; por sí solos no constituyen una amenaza, hasta que rompen con el orden cotidiano.

Definición 1

De acuerdo con la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC, por sus siglas en inglés) un desastre es

> […] **un evento calamitoso, repentino o previsible, que trastorna seriamente el funcionamiento de una comunidad o sociedad y causa pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales** que desbordan la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación a través de sus propios recursos. Aunque frecuentemente están causados por la naturaleza, los desastres pueden deberse a la actividad humana.[2]

Los desastres son el resultado de la combinación entre peligro y vulnerabilidad, a lo que se suma, una vez ocurridos, la incapacidad de los actores institucionales para responder de manera oportuna.

Definición 2

Según el documento *Disasters and emergencies: definitions* (2002), elaborado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen conceptos básicos relacionados con el fenómeno del desastre. En la definición de esta organización resaltan otros elementos valiosos. Para la OMS un desastre es "**un acontecimiento perturbador de las condiciones normales de existencia**, que causa un nivel de sufrimiento que excede la capacidad de adaptación de la comunidad afectada".[3]

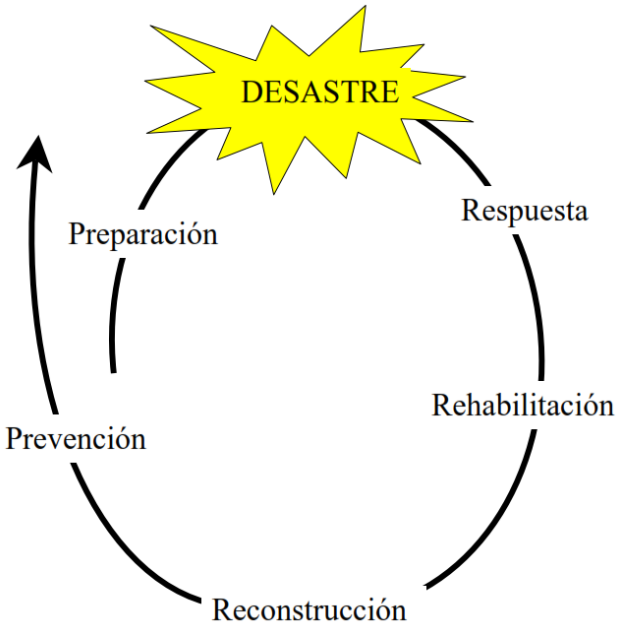
El fenómeno del desastre surge en el momento en que un peligro natural afecta a alguna comunidad humana. Sin personas no hay desastres. Previo al desastre está el

[2] IFRC (2016) "What is a disaster?" *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.* En línea http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/

[3] WHO (2002) "Disasters and emergencies: definitions". *World Health Organization*. Panafrican Emergency Training Center. Addis Ababa. En línea http://apps.who.int/disasters/repo/7656.pdf

peligro, que puede ser una propiedad o actividad causada por fuerzas naturales o humanas. El desastre no surge de manera espontánea, sino que se manifiesta a partir de una serie de acciones institucionales consecutivas (Figura 1).

Figura 1. El *continuum* del desarrollo en un desastre (OMS)



Fuente: WHO/EHA (2002).[4]

Estrategia para enfrentar una amenaza/desastre

Es necesario seguir una estrategia para enfrentar la amenaza que representa un desastre. Según la OMS los cinco puntos principales son:

- La **prevención**, la mitigación y la preparación salvaguardan el desarrollo.
- Una **respuesta oportuna** facilita la recuperación y el desarrollo.
- Los **peligros y vulnerabilidades** en África han sido el objetivo de 30 años de desarrollo: es el testimonio de muchos fracasos.
- Hoy en día cada vez es **mayor la cantidad de recursos invertidos** en el alivio del desastre, a expensas del desarrollo.

[4] WHO/EHA (2002) *Panafrican Emergency Training Centre*, Addis Ababa, disponible en http://apps.who.int/disasters/repo/7656.pdf

- Pero **sólo el desarrollo puede reducir las vulnerabilidades** y los peligros derivados de la estructura socio-económica.

Para esta organización internacional los desastres y las crisis en que pueden desembocar, o incluso las crisis de índole económica, llevan a las emergencias, situaciones en las que el orden habitual se suspende y se toman medidas extraordinarias para evitar consecuencias inesperadas. Las emergencias no son antinaturales, son "reflejos acerca de la forma en la que se estructuran las sociedades y asignan sus recursos".[5]

2. Administración del riesgo de desastre (Disaster Risk Management, DRM)

¿Qué se pierde en el momento de un desastre? Para poder proteger a las comunidades en riesgo, la formulación de políticas públicas debe comprender una combinación de componentes sociales y políticos, dado que un desastre es el resultado de un proceso al que una comunidad está o puede estar siempre expuesta, por tanto, deben darse pasos adelantados (previsión) para disminuir al máximo sus consecuencias.

La regulación en materia de desastres está estrechamente ligada con el desarrollo económico. Los países desarrollados cuentan con altos niveles de regulación en esta materia. Al contrario, los países pobres, por lo general más expuestos a dichos desastres, intentan por diferentes medios anticiparse al desastre, que afecta particularmente a la población que vive en condiciones de pobreza.

Comprender las causas de la vulnerabilidad al desastre y la compleja interacción entre el asentamiento humano y el ambiente natural que le rodea es necesario para aproximarse al manejo (*management*) del riesgo al desastre. Se trata de una estrategia integral que comprende la interacción de las instituciones, mecanismos financieros y políticas que construyan una aproximación nacional a la herramienta DRM.[6]

---

[5] Frase tomada de Kent, Randolph, "Planning from the future: an emerging agenda", *International Review of the Red Cross*, núm. 93, 2011, p. 884.

[6] Freeman, P. *et al.*, (2003) "Disaster risk management: National systems for the comprehensive management of disaster risk and financial strategies for natural disaster reconstruction", Washington, DC, Inter-

En el documento *Disaster Risk Management: Overview* (2016) elaborado por el Banco Mundial se menciona que los desastres afectan con mayor frecuencia a los países y población pobres, por ejemplo, entre los años de 1995 a 2014, el 89% de desastres vinculados con las tormentas tuvieron lugar en países en desarrollo, aunque sólo el 26% de esas tormentas surgieron en su territorio.[7]

Las organizaciones internacionales tienen opiniones diferentes respecto a la caracterización de los desastres.

Una vez más, en el documento *What is Disaster Risk Reduction?* (2012), elaborado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR por sus siglas en inglés) sostiene que no existe un desastre natural, sino que se trata de peligros naturales. En su programa para la reducción del riesgo de desastres, definen trabajar bajo una ética de prevención tomando en cuenta que son las decisiones humanas en todos los niveles de acción las que definen el impacto y la escala del desastre en nuestras vidas y nuestro ambiente, haciéndonos más vulnerables o más resilientes frente a las amenazas (United Nations, 2012).[8]

3. Impacto mundial de los desastres

Existe una amplia discusión sobre los desastres en el mundo contemporáneo, con variedad de opiniones según organismos e instituciones internacionales, particularmente sobre los efectos que tienen los desastres. Más recientemente, algunas discusiones –a las cuales se agrega el presente documento de trabajo– se centran en *calcular*, *medir*, *estimar*, *prever* los *costos* de los mismos.

De esta manera, enseguida se intentan aportar algunos elementos de información sobre lo que los desastres representan en costos económicos y sociales.

American Development Bank, 2003, disponible en http://www.pacificdisaster.net/pdnadmin/data/original/research_materials_drm_03.pdf

[7] World Bank, "Disaster Risk Management: Overview", Washington. DC, World Bank, 2016, disponible en http://www.worldbank.org/en/topic/disasterriskmanagement/overview#1

[8] United Nations, "What is disaster Risk Reduction?", United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2012, disponible en https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr

De acuerdo con el *Annual Disaster Statistical Review 2011*[9] que elabora el Centro para la investigación en Epidemiología del Desastre (CRED, por sus siglas en inglés), en 2011 sucedieron 332 desastres en el mundo, un poco menos del promedio de la primera década del siglo XXI (2001-2010), que fue de 384.

Sin embargo, en el documento se menciona que el impacto económico fue "masivo", las pérdidas calculadas ascendieron a una cifra jamás vista: $366.1 billones de dólares (USD). Los desastres naturales acabaron con la vida de 30,773 personas y causaron 244.7 millones de víctimas alrededor del globo.

A lo largo de la década pasada, China, Filipinas, Estados Unidos, India e Indonesia se constituyeron como los cinco países más afectados por los desastres. En 2011 Filipinas experimentó el número más alto de desastres naturales registrados en su historia: 33 desastres naturales, 18 inundaciones y derrumbes, 12 tormentas, 2 erupciones volcánicas y un terremoto. El ciclón tropical "Washi" golpeó Filipinas en diciembre y causó 1,439 muertes, convirtiéndose en la tormenta más letal de 2011.

Parece que los desastres afectan solamente a los países pobres, sin embargo algunas cifras contradicen esta idea. Por ejemplo, en 2011, entre los países del *top ten* afectados por desastres mortíferos, siete son clasificados por el Banco Mundial como países de altos ingresos económicos. En éstos se registró 79.2% de las pérdidas reportadas por desastres naturales en el año mencionado. Esto se debe principalmente al terremoto y tsunami que azotó Japón, causando 19,850 muertes, representando 64.5% del total de muertes por desastres (Tabla 1).

Tabla 1. Costos de los principales desastres ocurridos en 2011

Evento	*País*	*Costo (USD, 2011)*
Terremoto/Tsunami en marzo	Japón, Indonesia	$210
Inundación en agosto-diciembre	Tailandia	$40
Terremoto en febrero	Nueva Zelanda	$15
Tormenta en mayo	Estados Unidos	$14
Tormenta en abril	Estados Unidos	$11

[9] Guha-Sapir, D. *et al.,* "Annual Disaster Statistical Review 2011: The numbers and trends", Bruselas, Center for Research on Epidemiology of Disaster, 2012.

Sequía junio-diciembre	Estados Unidos, México	$8
Huracán “Irene” agosto-septiembre	Estados Unidos, Puerto Rico, Bahamas, República Dominicana, Haití, Canadá	$7.9
Inundación en junio	China	$6.4
Inundación abril-mayo	Estados Unidos	$4.6
Inundación en septiembre	China	$4.3
	Total	$321.1

Fuente: Tomada de Guha-Sapir *et al.,* “Annual Disaster Statistical Review 2011: The numbers and trends”, Bruselas, Center for Research on Epidemiology of Disaster, 2012.

Estos desastres en territorio japonés dejaron pérdidas económicas calculadas en 210 billones de dólares (USD), convirtiéndose en el desastre más costoso de la historia. Mientras que las inundaciones en Tailandia entre agosto y diciembre de 2011 costaron 40 billones; el terremoto del 22 de febrero en Nueva Zelanda, 15.0 billones; las tormentas en los Estados Unidos en mayo y abril 14 y 11 billones de dólares, respectivamente. En suma, estos son costos añadidos al total de los daños causados por desastres al comienzo de la segunda década del siglo XXI.

El desastre que causó más daño fue la inundación que afectó a China en junio, causando 67.9 millones de víctimas. China fue afectada en 2011 por una sequía que comenzó desde enero y terminó hasta mayo, dando como resultado 35 millones de afectados; una tormenta en abril con 22 millones de afectados y otra inundación en septiembre con 20 millones de afectados. China se encontró entonces a la cabeza, representando 65.1% (159.3 millones de afectados) del total de víctimas de desastres naturales.

Por otra parte, sequías y hambrunas consecutivas causaron víctimas en Etiopía (4.8 millones de afectados), Kenia (4.3 millones) y Somalia (4 millones). En el último país mencionado, si se considera el total de la población, cerca de la mitad (42.9%) fue víctima de desastre, mayormente por sequía.

Este incremento tiene origen en el alto impacto de los desastres hidrológicos, los cuales dieron como resultado 139.8 millones de víctimas en 2011, es decir, 57.1% del total de los desastres fueron de tipo hidrológico, comparado con un promedio anual de 106.7 millones de víctimas por desastres hidrológicos durante la década 2001-2010.

Finalmente, 66.8% del total de víctimas por desastre hidrológico corresponde a inundaciones y *wet mass movements* (subsidencia, derrumbes, avalanchas y deslizamientos) en China.

Bases de datos internacionales

Desde 1988, bajo el patrocinio de la United States Agency for International Development´s Office of Foreign Disaster Assistance (USAID-OFDA, por sus siglas en inglés), el Centro para la Investigación en Epidemiología del Desastre (CRED) ha construido la base de datos sobre desastres conocida como EM-DAT. En ésta se concentran los datos básicos acerca de la ocurrencia e impacto de más de 19,500 desastres a partir de 1900 hasta el presente. Incluso tiene algunas definiciones interesantes. De acuerdo con el CRED, el desastre es "una situación o evento que supera la capacidad local de respuesta y motiva a realizar la solicitud de asistencia externa a nivel nacional o internacional; evento repentino que causa grandes daños, destrucción y sufrimiento humano"[10] (Tabla 2).

[10] Guha-Sapir *et al.,* "Annual Disaster Statistical Review 2011…", *op. cit.*, p. 7.

Tabla 2. Definición y tipos de desastre, según el CRED (2012)

Subgrupo	*Definición*	*Tipos de desastre*
Geofísico	Eventos con origen en el desplazamiento del suelo	Terremoto, erupción volcánica, movimiento masivo de tierra (*dry*)
Meteorológico	Eventos causados por procesos atmosféricos mesoescalares de poca duración	Tormenta
Hidrológico	Eventos causados por desviaciones en el ciclo normal del agua y/o derrames de cuerpos de agua impulsados por el viento	Inundaciones, movimientos masivos de tierra (*wet*)
Climatológico	eventos causados por procesos persistentes de escala meso a macro	Temperaturas extremas (*heat waves*), sequías e incendios
Biológico	Desastre causado por la exposición de organismos vivos a gérmenes y sustancias tóxicas	Epidemias, infestaciones, estampidas animales

Fuente: Tomada de Guha-Sapir *et al.,* "Annual Disaster Statistical Review", Bruselas, Center for Research on Epidemiology of Disaster, 2012.

Los objetivos de la base EM-DAT son:

- Dar asistencia humanitaria a nivel nacional e internacional.
- Racionalizar el proceso de toma de decisiones en la preparación para un desastre.
- Proporcionar elementos para la evaluación de la vulnerabilidad y establecimiento de prioridades.

La contribución que hace el CRED en las investigaciones a nivel global sobre desastres es muy importante, porque además de ser un centro especializado, colabora con varias organizaciones a nivel internacional para mejorar nuestra comprensión acerca de este tipo de fenómenos y el impacto que tienen en la vida de los ciudadanos y las agendas de gobiernos.

El CRED, en conjunto con la *Global Risk Information Plattform* y el *Asian Disaster Reduction Center,* elaboraron un código para identificar los desastres en el mundo

(GLIDE, GLobal IDEntifier Number).[11] Este código está compuesto por ocho caracteres, los dos primeros son las letras que identifican el tipo de desastre, seguido del año y finalmente el ISO del país en el que sucede el desastre.

Cabe mencionar que Estados Unidos es el país con más agencias nacionales e internacionales preparadas para una respuesta y enfocadas a la reducción del riesgo.

Los desastres son regularmente procesos combinados: por una parte, son manifestaciones "naturales" en el sentido de sus características no definidas por los humanos; por la otra, se trata de manifestaciones que son, en muchos sentidos, sociales o consecuencia de los actos que algunos asentamientos humanos producen, como impacto sobre los ecosistemas de su entorno.

Por ello, en este documento se intenta aportar al debate sobre la definición de características, herramientas, metodologías y estrategias para desarrollar políticas públicas que tengan como objetivo prioritario la medición y estimación de los costos de dichos eventos socionaturales.

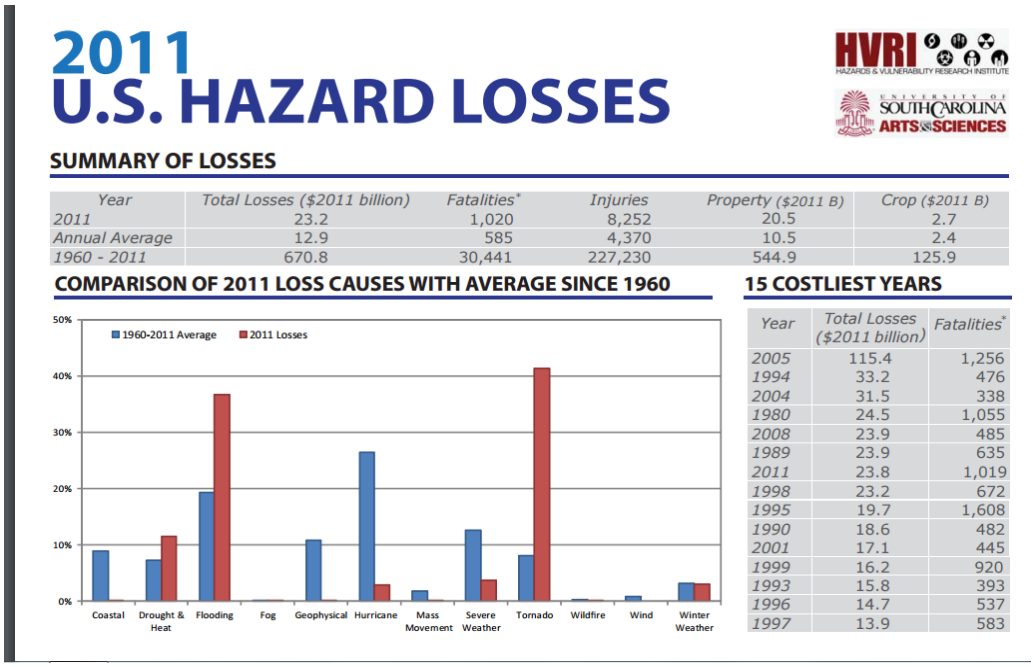
Igualmente, alrededor de la idea de los desastres se ha tejido una serie de conceptos que alimentan la definición de políticas públicas. Algunos de ellos son vulnerabilidad y resiliencia. Igualmente, nuevas disciplinas y nuevos campos de conocimiento se han desarrollado en torno a estas pesquisas tanto gubernamentales como académicas. Así, encontramos la ecología política, la teórica sobre economía del medio ambiente, la sociología de los recursos naturales, la geopolítica del desastre, o las herramientas de gestión de la naturaleza.

En todo ello, nuevamente, lo que más resalta son las estimaciones o las mediciones que existen cn relación al desarrollo y la ocurrencia de fenómenos.

En la Gráfica 1 se puede observar que los dos eventos socionaturales que han causado mayores pérdidas son las inundaciones y los tornados, según la medición de autoridades de Estados Unidos.

[11] M. Arakida, "GLobal IDEntifier Number (GLIDE)", Asian Disaster Reduction Center, Kobe, Japón, 2002.

Gráfica 1. Comparación del promedio de pérdidas económicas por desastre en 2011



Year	Total Losses ($2011 billion)	Fatalities*	Injuries	Property ($2011 B)	Crop ($2011 B)
2011	23.2	1,020	8,252	20.5	2.7
Annual Average	12.9	585	4,370	10.5	2.4
1960 - 2011	670.8	30,441	227,230	544.9	125.9

Year	Total Losses ($2011 billion)	Fatalities*
2005	115.4	1,256
1994	33.2	476
2004	31.5	338
1980	24.5	1,055
2008	23.9	485
1989	23.9	635
2011	23.8	1,019
1998	23.2	672
1995	19.7	1,608
1990	18.6	482
2001	17.1	445
1999	16.2	920
1993	15.8	393
1996	14.7	537
1997	13.9	583

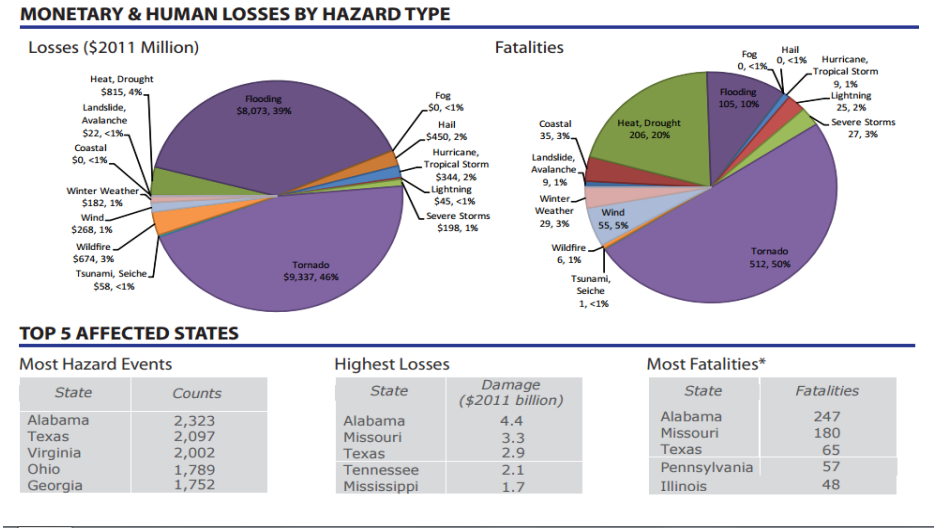
Fuente: Tomado del documento Hazards and Vulnerability Research Institute, "U.S. Hazard Losses", *Summary Report,* Estados Unidos, University of South Carolina, 2011. http://hvri.geog.sc.edu/SHELDUS/docs/Summary_2011.pdf [consulta: 9 de junio de 2016].

La particularidad relevante es que la idea del riesgo y la vulnerabilidad son conceptos concomitantes a una serie de estrategias que las agencias internacionales o los gobiernos locales desarrollan. De esta forma, nuevos enfoques y nuevas metodologías, con nuevas técnicas para medir los desastres, están siendo utilizadas cada vez más.

Los conceptos más comunes son: medir el riesgo o estimar los niveles de vulnerabilidad de un asentamiento urbano, de una sociedad o grupo. Se trata de saber el nivel de fragilidad por su condición geográfica y física, por su exposición a los eventos meteorológicos o por los resultados que dichos asentamientos humanos tienen sobre la naturaleza.

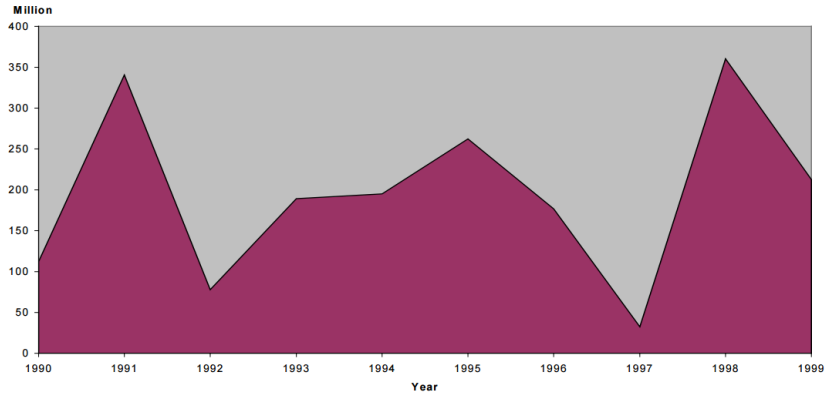
Entonces, los organismos (agencias y gobiernos) se centran, inicialmente, en medir el número de pérdidas humanas que cada uno de dichos eventos socionaturales representan (gráficas 2 y 3).

Gráfica 2. Pérdidas humanas y económicas por tipo de amenaza en 2011



Fuente: Tomado del documento Hazards and Vulnerability Research Institute, "U.S. Hazard Losses", *Summary Report,* Estados Unidos, University of South Carolina, 2011. Disponible en http://hvri.geog.sc.edu/SHELDUS/docs/Summary_2011.pdf [consulta: 9 de junio de 2016].

Gráfica 3. Número de personas afectadas por desastres en todo el mundo



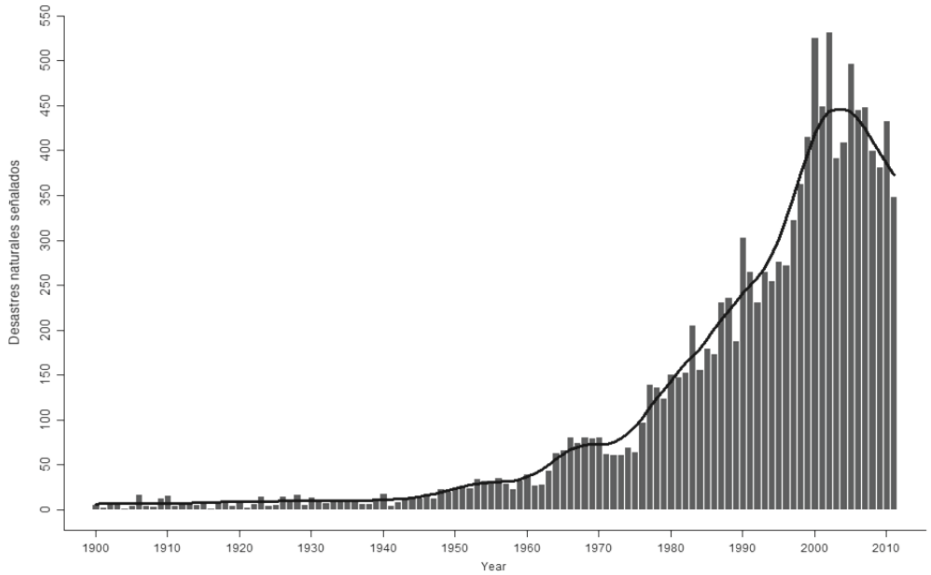
Fuente: IFRC *World Disaster Report* (2000), citado en WHO/EHA (2002).

Al mismo tiempo se destaca que los desastres cada vez ocurren con mayor frecuencia. Particularmente esto puede notarse en la segunda mitad del siglo XX, que coincide con los procesos acelerados de urbanización del planeta (Gráfica 4).

En suma, los desastres son un fenómeno recurrente en el mundo. Los gobiernos, las instituciones y las agencias internacionales se encuentran en una ya larga batalla por contener sus efectos, por manejar sus consecuencias; sobre todo, medir los alcances de

sus daños, las pérdidas humanas y materiales que dichos eventos naturales y “no naturales” producen.

Gráfica 4. Ocurrencia de desastres por año (1900-2010) a nivel mundial



Fuente: OFDA/CRED, International Disaster Database.

4. ¿Cuánto cuestan los desastres en México?

En México se observa un aumento del papel del sector público en la gestión del riesgo y de desastres, a través de un enfoque de red. Desde 1986 el gobierno estableció el Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc) como el principal mecanismo para la coordinación interinstitucional de los esfuerzos para *medir, atender* y *prevenir* los efectos de los desastres.

El Sinaproc es el organismo que tiene el objetivo de minimizar la pérdida de vidas y de bienes, así como la atención a la interrupción de los servicios esenciales causados por los desastres.

La responsabilidad del sistema recae en el Órgano de Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación (Segob). En 1990 se añadió el Consejo Nacional de Protección Civil de Sinaproc. El Consejo está encabezado por el presidente

de México y compuesto por 12 secretarios, más el jefe de gobierno de la Ciudad de México.

La red también incluye el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (Cenapred), una institución única ubicada en el campus de la Universidad Nacional Autónoma de México que depende directamente de la Dirección de Protección Civil. El Cenapred sirve como un enlace entre el trabajo de investigación sobre los desastres naturales y políticos, y está involucrado en la investigación y difusión de la información.

El gobierno de México asigna fondos presupuestarios para los esfuerzos de ayuda y reconstrucción de desastres. Dichos recursos están comprendidos en el denominado Fondo de Desastres Naturales (Fonden), que prevé la reparación de la infraestructura no asegurada, la asistencia inmediata para restaurar la productividad de los agricultores de subsistencia, y la ayuda a personas de bajos ingresos víctimas de desastres.[12]

A continuación se presentan los principales desastres ocurridos en México. El análisis se refiere a tres conceptos: sismos, huracanes e inundaciones.

4.1 *Sismos*

4.1.1 Problemas en la definición: temblor, sismo y terremoto

Según la definición de la Real Academia Española (RAE), 'sismo' proviene de 'seísmo' y significa "terremoto o sacudida de la tierra producida por causas internas". Aunque, como señala Hernando Taveras, responsable del área de sismología del Instituto Geofísico del Perú, "la gente atribuye al término temblor una sacudida de tierra que asusta un poco pero no provoca caída de viviendas ni pérdida de vidas. En cambio, terremoto está muy vinculado a la caída de casas y a la pérdida de vidas".[13]

---

[12] P. Freeman *et al.,* "Disaster Risk Management: national systems for the comprehensive management of disaster risk and financial strategies for natural disaster reconstruction", Washington, DC, Inter-American Development Bank, 2003. Disponible en http://www.pacificdisaster.net/pdnadmin/data/original/research_materials_drm_03.pdf [consulta: 3 de junio del 2016].

[13] BBC Mundo, "¿Es lo mismo un sismo que un terremoto?". BBC Mundo, 2014. Disponible en http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140825_terremoto_sismo_diferencias_mz.shtml?ocid=socialflow_facebook (consulta: 3 de junio de 2016).

Para la Fundación del Español Urgente (Fundéu), tanto *sismo* como *seísmo* son formas apropiadas para nombrar a un terremoto o sacudida de la tierra. La primera es más común en Hispanoamérica y la segunda en España.[14]

Según la definición de la Red Sismológica Nacional de Costa Rica (RSN), el 'temblor', al igual que el 'sismo', es un evento sísmico que no ocasiona daños materiales o económicos perceptibles ni pérdidas humanas; se le llama 'terremoto' al evento cuando éste ocasiona daños perceptibles de cualquier tipo en la sociedad humana.[15]

En algunas regiones de América Latina se utiliza la palabra *temblor* para indicar movimientos sísmicos menores y *terremoto* para los de mayor intensidad.

4.1.2 Instrumentación sísmica en el mundo y en México

Igual que en otras regiones del mundo, en México se hacen esfuerzos para alcanzar a medir con pertinencia y prontitud; prevenir, para evitar mayores pérdidas, y atender para resolver las consecuencias de los desastres naturales.

Las instituciones que se enuncian en la Tabla 3 producen conocimientos e información científica con objeto de minimizar la pérdida de vidas y propiedades que ocurre posterior a los desastres.

[14] Fundéu, "Terremotos: claves para una redacción más precisa", Madrid, Fundéu BBVA, 2012. Disponible en http://www.fundeu.es/recomendacion/terremotos-algunas-claves-para-una-redaccion-mas-precisa-1525/ (consulta: 3 de junio de 2016).

[15] RSN (s.f.) "¿Cuál es la diferencia entre un sismo, un temblor y un terremoto?", Costa Rica, RSN UCR-ICE. Disponible en http://rsn.ucr.ac.cr/index.php/faq/sismologia/325-cual-es-la-diferencia-entre-un-sismo-un-temblor-y-un-terremoto (consulta: 3 de junio de 2016).

Tabla 3. Instituciones nacionales especializadas en actividad sísmica

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C. (Cires)	El Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C. (Cires) es una asociación civil no lucrativa fundada en junio de 1986, originalmente bajo el auspicio de la Fundación Javier Barros Sierra, A.C., para promover la investigación y el desarrollo de tecnología aplicada a la instrumentación sísmica, como medio útil para mitigar posibles desastres sísmicos, como los que sufrió la Ciudad de México en 1985. Página web: http://www.cires.org.mx/
Servicio Sismológico Nacional (SSN)	El primero de abril de 1904 se reunieron en Francia 18 países, entre ellos México, con el fin de crear la Asociación Sismológica Internacional y mejorar la instrumentación sísmica a nivel mundial. Para cumplir con los compromisos adquiridos en esa reunión, el gobierno mexicano decretó la fundación del Servicio Sismológico Nacional (SSN) el 5 de septiembre de 1910. En ese momento, el SSN quedó bajo el cargo del Instituto Geológico Nacional dependiente de la Secretaría de Minería y Fomento. El SSN pasó a ser parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1929 y desde 1948 quedó adscrito al Instituto de Geofísica de la UNAM.

Fuente: Elaboración propia con información de cada página web.

Cada institución cuenta con sistemas y/o redes para monitorear la sismicidad. Aunque no puede evaluarse su eficacia, la Tabla 4 muestra la complejidad de los esfuerzos institucionales y académicos para dar cada vez mayor precisión a las mediciones sobre este tipo de riesgo natural.

Tabla 4. Sistemas de alerta sísmica del Cires

RACM (Red Acelerográfica de la Ciudad de México)	En enero de 1986, después de evaluar la magnitud del desastre que causaron los sismos de septiembre de 1985 en la Ciudad de México, expertos en ingeniería sísmica y geofísica propusieron, ante el Conacyt, ejecutar diversas investigaciones básicas y desarrollos tecnológicos útiles para mitigar la vulnerabilidad de la zona urbana del Valle de México, ante este peligro natural. En 1987 el CIRES inició el desarrollo de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM), con 78 aparatos, mismos que fueron donados al CIRES por el Gobierno del Distrito Federal (GDF) y la Fundación de Ingenieros Civiles Asociados (FICA). En 1997 el CIRES renovó por primera ocasión, con el sistema RAD-851, la totalidad de los acelerógrafos DCA333 de la RACM. Durante el periodo 2011-2012, como parte de un nuevo convenio con la Secretaría de Obras y Servicios (SOS) del Gobierno del Distrito Federal (GDF), actualmente Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal (ISCDF), el CIRES recuperó la obra civil de todas las estaciones de la RACM y renovó por segunda ocasión sus acelerómetros con el nuevo sistema RAD-12/16.

SASMEX (Sistema de Alerta Sísmica Mexicano)	El SASMEX® es un receptor para alertar una gama de posibles riesgos con diferentes funciones de respuesta rápida, entre ellas la sonorización del Sistema de Alerta Sísmica Mexicano. Está diseñado para dar el mayor tiempo de alertamiento ante la advertencia de peligros que emita la autoridad, como la aproximación de un sismo. El equipo proporciona una explicación hablada y escrita de lo que está sucediendo (seleccionable por el usuario), ya sea mediante tonos de alarma o los contenidos emitidos por la estación de receptor. Además, el radio puede activar otros dispositivos de advertencia como un timbre o una luz estroboscópica.
RAD (Registrador Acelerométrico Digital)	El Registrador Acelerométrico Digital (RAD) propuesto como alternativa accesible para medir la respuesta dinámica de obras sujetas a la acción de sismos, útil para evaluar sus condiciones de seguridad estructural. La RAD usa acelerómetros triaxiales de estado sólido y toma hasta 200 muestras por seg., con una resolución de 12 o 16 bits.
SASPER (Sistema de Alerta Sísmica Personalizada)	El receptor SASPER SE-01 está diseñado para recibir y decodificar los diferentes mensajes digitales transmitidos desde la estación central de control del Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX®). Cuando el receptor del Sistema de Alerta Sísmica Personalizada (SASPER), recibe un mensaje de alerta por sismo, enciende automáticamente durante un minuto el amplificador de audio que emite el sonido oficial de Alerta Sísmica a través de las trompetas instaladas.
SADE (Sistema Acelerométrico Digital para Estructuras)	El Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C. (CIRES), retomaron en 1987 la instrumentación sísmica de edificios en la Ciudad de México. El CIRES desarrolló el Sistema Acelerométrico Digital para Estructuras (SADE) en 2003, capaz de registrar el efecto de sismos fuertes en puntos seleccionados en las estructuras de los edificios. Cuando una estructura se somete a la acción de aceleraciones sísmicas, la medida de sus efectos provee información útil para estudiar y evaluar su respuesta dinámica, así como la posible evolución de su comportamiento.

Fuente: Con información del CIRES.

Actualmente, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con cerca de 102 equipos para el registro de temblores, organizado en cuatro subredes.

Tabla 5. Redes de alerta sísmica del SSN

Red Sismológica de Banda Ancha	La Red Sismológica de Banda Ancha está configurada para monitorear la sismicidad en las regiones de mayor potencial sísmico dentro de la República Mexicana. Las estaciones se localizan, en su mayoría, a lo largo de las costas del Océano Pacífico y de Veracruz, así como en el eje neovolcánico. La red consiste actualmente de 59 estaciones en operación.
Red Sísmica del Valle de México	En los últimos años, el Instituto de Geofísica de la UNAM se dio a la tarea de instalar una red de estaciones sismológicas equipadas con nuevos digitalizadores en diferentes sitios rodeando al Distrito Federal con el objetivo de mejorar la calidad de los datos y localizaciones de los temblores originados en el Valle de México. La Red Sísmica del

	Valle de México (RSVM) cuenta a la fecha con 31 estaciones digitales. La mayoría de ellas se localiza en el Estado de México.
Red Sísmica del Volcán Tacaná	La red sísmica de banda ancha del volcán Tacaná consta de 4 sismómetros marca Guralp modelo 6TD. Estos sensores de tres componentes (Vertical, Norte-Sur, Este-Oeste) permiten registrar ondas sísmicas en una amplia banda de frecuencias, con respuesta plana a la velocidad del suelo entre 0.03 a 50 Hz. Las señales del sensor de velocidad son muestreadas en forma continua a 40 muestras por segundo. Los datos se transmiten a la Estación Central localizada en Tapachula mediante un programa de interrogación y extracción automática a través de satélite. Todas las estaciones cuentan además con un reloj GPS marca Guralp modelo CMG-GPS2, que permite obtener una referencia de tiempo de alta precisión. Esta red sísmica también tiene el propósito de monitorear el volcán Tacaná y monitorear la actividad de fallas que existen en la zona Chiapas-Guatemala.
Red Sismológica Convencional	Esta red está formada por 9 estaciones telemétricas distribuidas dentro del territorio nacional que envían su señal en tiempo real directamente a la Estación Central localizada en el Instituto de Geofísica de la UNAM. La mayoría de los equipos utilizados son sensores verticales de periodo corto (1 seg.) y algunos de periodo largo.

Fuente: con información del SSN.[16]

4.1.3 Actividad sísmica en México

Según Bitran, el territorio mexicano se encuentra dividido entre cinco placas tectónicas. La mayor parte del país se halla sobre la placa norteamericana. Esta gran placa tectónica contiene a todo Norteamérica, parte del océano Atlántico y parte de Asia. Abarca la mayor parte de la zona de subducción mexicana desde Jalisco hasta Chiapas.[17]

La península de Baja California se encuentra sobre otra gran placa tectónica, la placa del Pacífico. Sobre esta placa también se encuentra gran parte del estado de California en los Estados Unidos y gran parte del océano Pacífico. El sur de Chiapas se encuentra dentro de la placa del Caribe. Esta pequeña placa contiene a gran parte de las islas caribeñas y los países de Centroamérica. Otras dos pequeñas placas oceánicas conforman el rompecabezas tectónico de México, Cocos y Rivera. Estas dos placas son oceánicas y se encuentran bajo el océano Pacífico.[18]

La placa del Caribe se mueve hacia el este respecto a la de Norteamérica, a lo largo del sistema de fallas Polochit-Motagua. El movimiento entre estas dos placas es transcurrente, al

[16] SSN, "Red Sismológica Nacional". SSN-Instituto de Geofísica, México, UNAM, (s.f.). Disponible en http://www.ssn.unam.mx/acerca-de/estaciones/ (consulta: 3 de junio de 2016).

[17] D. Bitrán, "Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-99", Cenapred, México, 2001, 43 p. Disponible en http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieImpacto/Impacto1.pdf (consulta: 3 de junio de 2016). La información que se proporciona en este inciso está tomado casi en su totalidad de dicho documento.

[18] *Idem.*

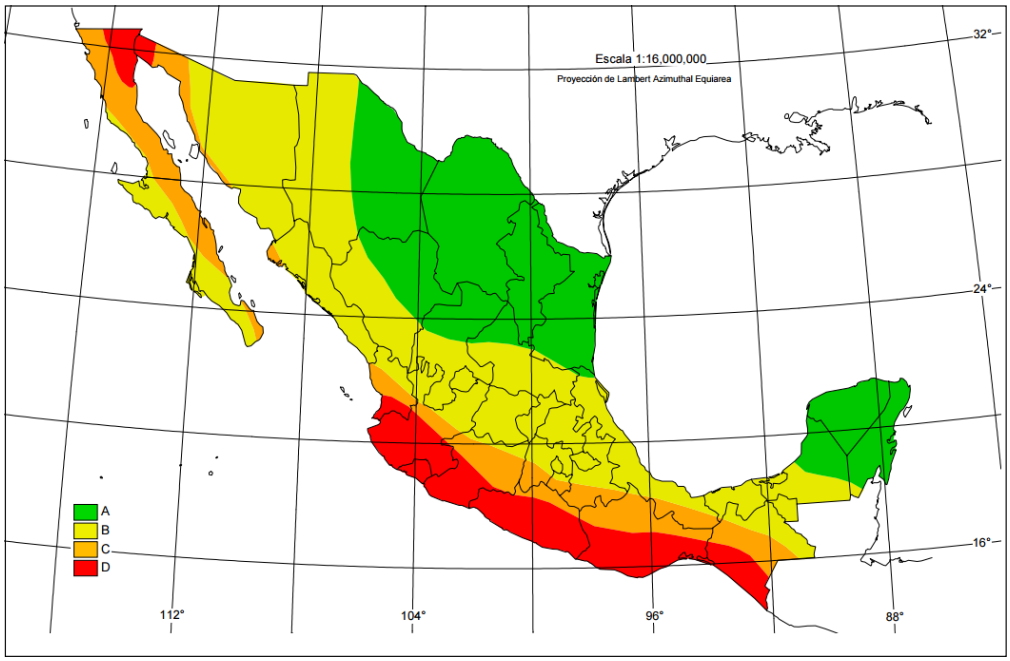
igual que el movimiento entre la del Pacífico y la de Norteamérica en el norte de Baja California. La placa del Pacífico se mueve hacia el noroeste respecto a Norteamérica. Este movimiento también genera zonas de extensión entre las placas del Pacífico y Norteamérica bajo el Mar de Cortés. Entre las placas del Pacífico y Rivera y entre las de Pacífico y Cocos también se dan movimientos de extensión y transversos. Las placas de Rivera y Cocos chocan con la placa Norteamericana a lo largo de la Fosa Mesoamericana (FMA). Aquí se produce una compresión.

México es uno de los países del mundo con mayor actividad telúrica. Siempre, según Bitran, se registran más de 90 sismos por año con magnitud superior a cuatro grados en la escala de Richter, lo que equivale a 60% de todos los movimientos telúricos que se registran en el mundo.

Los estados con mayor riesgo y donde ocurren sismos de gran magnitud (superiores a 7° en escala Richter) son: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla y la Ciudad de México. Otras entidades donde también se presentan sismos de gran magnitud, aunque menor frecuencia, son: Chiapas, Estado de México, la Península de Baja California, y Sonora.[19]

[19] *Idem.*

Mapa 1. Identificación de zonas sísmicas de México



A = no hay registros históricos de terremotos de los últimos 80 años y las aceleraciones del terreno que se esperan son menores a 10% del valor de la gravedad.

B y C = zonas intermedias, presentan sismicidad con menor frecuencia o bien están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan 70% de gravedad.

D = han ocurrido con frecuencia grandes terremotos históricos registrados y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores a 70% de gravedad.

Fuente: tomado del *Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana*.[20]

Por otra parte, los terremotos tienen su propia clasificación e impacto. Al respecto ha habido un minucioso registro de dichos eventos ocurridos a lo largo del siglo XX (Tabla 6).

[20] O. Zepeda y S. González, "Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. *Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana*", México, Cenapred, Sistema Nacional de Protección Civil, Segob, 2001, 46 p. Disponible en http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieEspecial/diagnostico.pdf (consulta: 3 de junio de 2016).

Tabla 6. Terremotos en México de gran magnitud desde 1900

(magnitud > = 6.0)

Fecha	*Epicentro*	*Magnitud*	*Muertes*
1900 enero, 20	Jalisco	8.2	X
1900 mayo, 16	Jalisco	7.8	X
1902 septiembre, 23	Chiapas	8.2	X
1902 octubre, 16	Baja California	7.8	X
1903 enero, 14	Oaxaca	8.2	X
1907 abril, 14	Guerrero	7.9	1
1909 julio, 30 y 31	Guerrero	7.5	2
1911 junio, 7 (*temblor maderista*)	Guerrero y Michoacán	7.8	45
1912 noviembre, 19	Acambay, Estado de México	7.0	X
1920 enero, 3	Quimixtlán, Puebla	6.4	650
1921 abril, 30	Ciudad Guzmán, Jalisco	7.8	X
1928 marzo, 22	Oaxaca	7.7	X
1928 agosto, 4	Oaxaca	7.4	X
1928 junio, 17	Pinotepa Nacional, Oaxaca	8.0	X
1928 octubre, 9	Puerto Escondido, Oaxaca	7.8	X
1931 enero, 15	Oaxaca	7.8	114
1932 junio, 3	Jalisco	8.4	45
1932 junio,18	Colima	7.8	X
1937 julio, 26	Orizaba, Veracruz	7.7	34
1941 abril, 15	Colima	7.7	90
1943 febrero, 22	Petatlán, Guerrero	7.5	75
1957 julio, 28 (*sismo del ángel*)	Guerrero	7.7	68
1959 agosto, 26	Veracruz	6.8	20
1962 mayo, 11	Guerrero	7.0	4
1962 mayo, 19	Guerrero	7.1	3
1964 julio, 6	Guerrero	6.9	30
1965 agosto, 23	Oaxaca	7.3	6
1968 agosto, 2	Oaxaca	7.1	18
1970 abril, 29	Chiapas	7.3	X
1973 enero, 21	Jalisco	6.2	X

1973 enero, 30	Colima	6.1	1
1973 agosto, 28	Ixtaczoquitlán, Veracruz	7.3	3,000
1973 octubre, 18	Jalisco	6.8	X
1974 enero, 25	Michoacán	6.1	X
1975 noviembre, 15	Michoacán	6.1	X
1978 marzo, 18	Guerrero	6.6	1
1978 noviembre, 29	Oaxaca	7.6	X
1979 enero, 26	Guerrero	6.6	X
1979 marzo, 14 (*sismo de la Ibero*)	Petatlán, Guerrero	8.0	5
1979 junio, 22	Tehuantepec, Oaxaca	7.1	X
1979 octubre, 15	California	6.4	X
1980 junio, 8	Ciudad Guadalupe Victoria, Baja California	6.3	X
1980 octubre, 24	Cerca de Huajuapan de León, Oaxaca	7.0	X
1981 octubre, 24	Cerca de Playa Azul, Michoacán	7.3	X
1982 junio, 7	Ometepec, Guerrero	6.9	X
1984 julio, 1	Guerrero	6.1	X
1985 septiembre, 19 (*sismo del 85*)	Michoacán	8.1	10,000
1985 septiembre, 20 (réplica)	Zihuatanejo, Guerrero	7.3	X
1986 abril, 30	Michoacán	7.0	X
1989 abril, 25	Guerrero	6.9	X
1995 septiembre, 14	Ometepec, Guerrero	7.3	4
1995 octubre, 9	Colima	8.0	49
1996 febrero, 25	Oaxaca	7.1	X
1996 julio, 15	Guerrero	6.6	X
1999 junio, 15	Tehuacán, Puebla	7.0	15
1999 septiembre, 30	Puerto Ángel, Oaxaca	7.5	X
2000 agosto, 9	Guerrero	7.0	X
2001 mayo, 19	Colima	6.5	X
2001 octubre, 7	Guerrero	6.1	X
2003 enero, 21	Colima	7.6	29
2006 enero, 4	Santa Rosalía, Baja California Sur	6.7	X

2007 abril, 13	Atoyac de Álvarez, Guerrero	6.3	X
2007 junio, 13	Ciudad Hidalgo, Chiapas	6.6	X
2008 febrero, 12	Unión Hidalgo, Oaxaca	7.0	X
2009 agosto, 3	La Doce, Sonora	6.9	0
2009 septiembre, 24	Cihuatlán, Jalisco	6.2	0
2010 abril, 4	Mexicali, Baja California	7.2	2
2010 junio, 30	Pinotepa Nacional, Oaxaca	6.5	1
2010 octubre, 21	Los Mochis, Sinaloa	6.9	X
2011 febrero, 25	Veracruz	6.0	X
2011 abril, 7	Las Choapas, Veracruz	6.7	1
2011 diciembre, 10	Zumpango del Rio, Guerrero	6.5	X
2012 enero, 21	Chiapas	6.2	X
2012 febrero, 16	Chiapas	6.0	X
2012 marzo, 20	Oaxaca	7.4	X
2012 marzo, 20	Ometepec, Guerrero	7.4	2
2012 marzo, 26	Acapulco, Guerrero	6.1	X
2012 abril, 2	Ometepec, Guerrero	6,3	X
2012 abril, 11	Michoacán	7.0	X
2012 abril, 12	Baja California Sur	7.0	X
2012 mayo, 1	Chiapas	7.2	X
2012 septiembre, 25	Baja California Sur	6.4	X
2012 septiembre, 29	Oaxaca	6.0	X
2012 octubre, 8	Golfo de California	6.0	0
2012 noviembre, 8	Guatemala	7.3	48

(X = sin información)

Fuente: Con información de *Temblores en México.*

4.1.3.1 Zonificación sísmica en la Ciudad de México

Diversas investigaciones y trabajos científicos en materia de ingeniería sísmica han dado como resultado una zonificación sísmica de la Ciudad de México. Esto muestra las zonas con mayor impacto y con mayores aceleraciones del terreno desfavorables para la estabilidad de la infraestructura civil.

De esta forma las delegaciones de la ciudad con mayor riesgo sísmico son: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa, Xochimilco y Tláhuac.

Para los efectos de diseño sísmico de las estructuras, las normas técnicas complementarias para diseño por sismo consideran la zonificación estratigráfica del Distrito Federal que fija el artículo 170 del Reglamento.

Adicionalmente, la zona III se divide en cuatro subzonas (IIIa, IIIb, IIIc y IIId), según se indica en el Mapa 2. El coeficiente sísmico (c) es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo (Vo) entre el peso de la edificación sobre dicho nivel (Wo).[21]

El coeficiente sísmico para las edificaciones clasificadas como del grupo B en el artículo 139 del Reglamento (viviendas, hoteles, comercios e infraestructura no vital) se tomará igual a 0.16 en la zona I, 0.32 en la II, 0.40 en las zonas IIIa y IIIc, 0.45 en la IIIb y 0.30 en la IIId (Tabla 7 y Mapa 2).

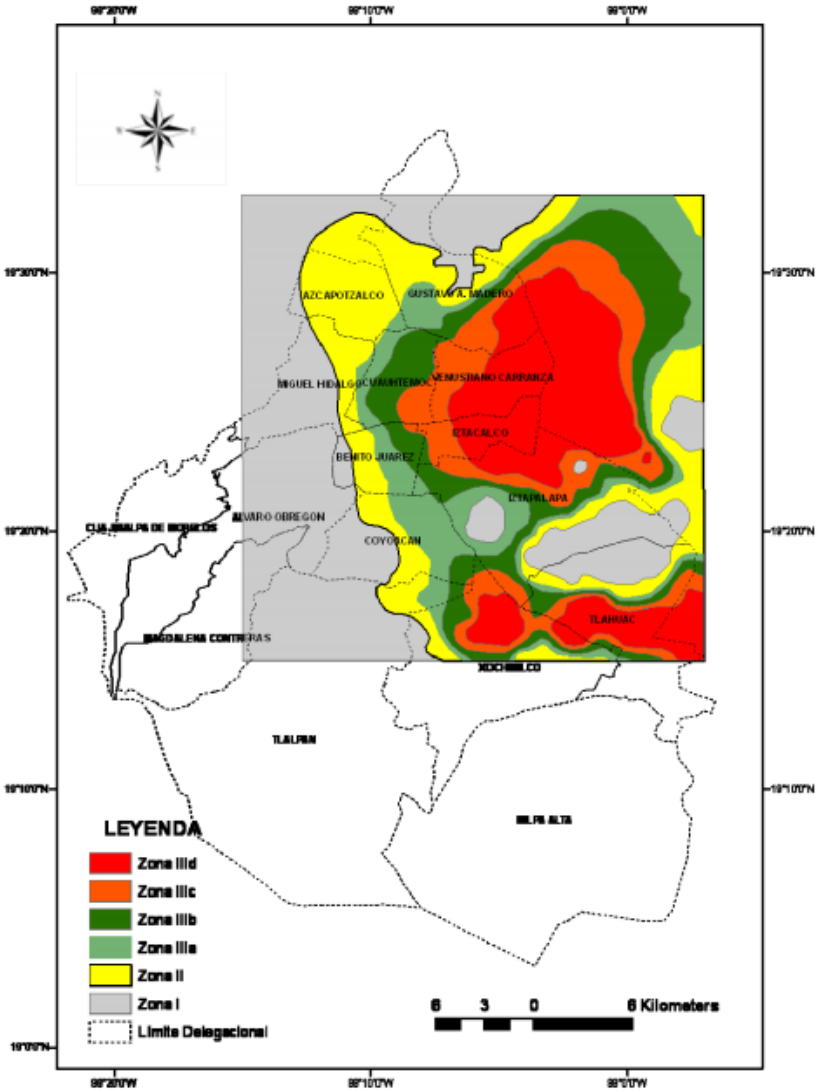
Tabla 7. Regionalización sísmica del Distrito Federal

Zona	c
I	0.16
II	0.32
IIIa	0.40
IIIb	0.45
IIIc	0.40
IIId	0.30

Fuente: Obtenido de *Diario Oficial de la Federación*, 2010.

[21] DOF, "Norma técnica complementaria al reglamento de la Ley de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010 que establece los lineamientos técnicos para la aprobación, utilización, operación y funcionamiento de instrumentos de Alertamiento Sísmico en inmuebles del Distrito Federal". Gaceta Oficial del Distrito Federal, 4 de agosto de 2010. México. 7 p. En línea http://ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Est modelos atal/Distrito%20Federal/wo51977.pdf

Mapa 2. Zonificación para fines de diseño sísmico de estructuras



Fuente: Obtenido de DOF, 2010.

En suma, hay una larga serie de estudios sobre los sismos y los terremotos. Particularmente, los estudios, tanto institucionales como académicos, se focalizaron e intensificaron en la zona central del país, después del sismo devastador ocurrido en la Ciudad de México, en 1985.

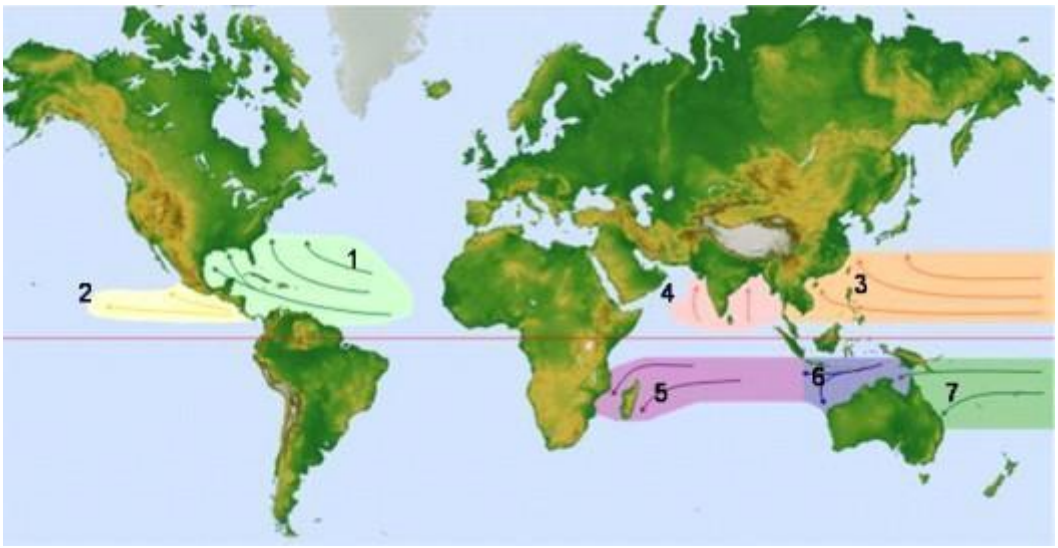
Las herramientas para medirlos se han especializado y los centros de investigación, así como los recursos técnicos de las dependencias, tienen un alto nivel de desempeño.

4.2 *Huracanes*

4.2.1 Formación de los huracanes

Al huracán se le llama *ciclón* si se forma en la Bahía de Bengala y en el océano Índico norte; Tifón, si se forma en el oeste del océano Índico (Japón, Corea, China); Willy-Willy en Australia; Baguío en Filipinas. Todos son nombres equivalentes referidos al mismo tipo de sistema atmosférico.[22]

Mapa 3. Zonas geográficas donde se forman los huracanes



NOTAS:

1. Cuenca del Atlántico
2. Noroeste de la Cuenca del Pacífico (de México a la línea de cambio de fecha)
3. Noroeste de la Cuenca del Pacífico (de la línea de cambio de fecha)
4. Norte del Océano Índico (incluyendo la bahía de Bengala y el mar de Arabia)
5. Suroeste del Océano Índico (de África a 100° este)
6. Suroeste de la cuenca indo/australiana (100°E-142°E)
7. Cuenca australiana/suroeste del Pacífico (142°E-120°O)

Fuente: Obtenido de J. E. Marcano (s.f.), "Los huracanes", Educación ambiental en la República Dominicana. Disponible en http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan.html#observa (consulta: 3 de junio del 2016).

[22] Marcano, J. E., "Los huracanes". Educación ambiental en la República Dominicana, (s.f.). Disponible en http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan.html#observa (consulta: 3 de junio del 2016).

La escala Saffir-Simpson define y clasifica la categoría de un huracán en función de la velocidad de sus vientos (Tabla 8).

Tabla 8. Escala de daño potencial de Saffir-Simpson

Categoría	Presión central (mb)	Vientos (km/h)	Marea de tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
Perturbación tropical	1008.1 a 1010	---	---	Ligera circulación de vientos
Depresión tropical	1004.1 a 1008	< 62	---	Localmente destructivo
Tormenta tropical	985.1 a 1004	62.1 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos
Huracán categoría 1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Potencial Mínimo. Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes no ancladas, arbustos, follaje y árboles. Ciertos daños a señales pobremente construidas. Algunas inundaciones de carreteras costeras en sus zonas más bajas y daños leves en los muelles. Ciertas embarcaciones pequeñas son arrancadas de sus amarres en fondeaderos expuestos.
Huracán categoría 2	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Potencial Moderado. Daños considerables a arbustos y a follaje de árboles, inclusive, algunos de ellos son derribados. Daño extenso a señales pobremente construidas. Ciertos daños en los techos de casas, puertas y ventanas. Daño grave a casas rodantes. Carreteras costeras inundadas de 2 a 4 h antes de la entrada del centro del huracán. Daño considerable a muelles, inundación de marinas. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarras. Evacuación de residentes que viven en la línea de costa.
Huracán categoría 3	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Potencial Extensivo. Follaje arrancado de los árboles; árboles altos derribados. Destrucción de prácticamente todas las señales pobremente construidas. Ciertos daños en los techos de casas, puertas y ventanas. Algunos daños estructurales en pequeñas residencias. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas; los escombros flotantes y el embate de las olas dañan a las estructuras mayores cercanas a la costa. Los terrenos planos sobre 1.5 m del nivel del mar, pueden resultar inundados hasta 13 km tierra adentro (o más) desde la costa.
Huracán categoría 4	920.1 a 945	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Potencial Extremo. Arbustos y árboles derribados; todas las señales destruidas. Daños severos. Daño extenso a los techos de casas, puertas y ventanas. Falla total de techos en residencias pequeñas. Destrucción completa de casas móviles. Terrenos de planicie a 3 m sobre el nivel del mar pueden inundarse hasta 10 km tierra adentro de la costa. Grave daño a la planta baja de estructuras cercanas a la costa por inundación, embate de las olas y escombros flotantes. Erosión importante de las playas.
Huracán categoría 5	< 920	> 250	> 5.5	Potencial Catastrófico. Derribamiento de arbustos y árboles, caída total de señales. Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y edificios industriales. Vidrios hechos añicos de manera extensiva en ventanas y puertas. Algunas edificaciones con falla total. Pequeñas edificaciones derribadas o volcadas Destrucción completa de casas móviles. Daños graves en plantas bajas de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m de la costa.

Fuente: Obtenido del *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México.*

4.2.2 Las categorías de los huracanes, según intensidad de vientos

De esta forma, existen cinco categorías según la velocidad de los vientos del huracán. La categoría 1 es la menos intensa (vientos de 119 a 153 km/h); la categoría 5 es la más intensa (vientos mayores de 250 km/h).

No obstante, es preciso aclarar que la categoría de un huracán no está relacionada necesariamente con los daños que ocasiona.

Los huracanes categorías 1 o 2 pueden causar efectos severos dependiendo de los fenómenos atmosféricos que interactúen con ellos, el tipo de región afectada y la velocidad de desplazamiento del huracán. Los huracanes de categoría 3.4 o 5 son considerados como severos sin importar el área geográfica en la que se presenten.[23]

En la Tabla 9 se pueden observar los principales huracanes ocurridos en México. La información se presenta por categoría a la que corresponden las entidades federativas afectadas, el número de muertes o víctimas, los damnificados, así como las viviendas dañadas.

Igualmente, se hizo un repertorio de las velocidades de los vientos registrados y las precipitaciones. Vale destacar que se realizó una estimación, según diferentes fuentes de los daños que causaron en términos económicos.

Los principales huracanes que han ocurrido en México en las décadas de 1980 a 2000 son: Paul (1982), Gilbert (1988), Gert (1993), Ismael (1995), Opal (1995) y Paulina (1997).

[23] M. Rosengaus, M. Jiménez, M. T. Vázquez, *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México*, Cenepred-IMTA, 2002. Disponible en http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/descargas/atlas_ciclones.pdf [consulta: 3 de junio de 2016].

Tabla 9. Huracanes en México 1980-2010

Huracanes en México	*Categoría*	*Entidades afectadas*	*Muertes*	*Damnificados*	*Viviendas dañadas*	*Vientos máximos*	*Precipitaciones máximas*	*Estimación del monto de daños*
Huracán Paul 1982	2	Sinaloa	0	256,800	5,904	170 km/hr	200 a 300 mm	4,500 millones de pesos
Huracán Gilbert 1988	5	Coahuila, Campeche, Nuevo León, Quintana Roo, Tamaulipas, Yucatán	225	51,610	9,739	270 km/h	400 mm	76 millones de dólares
Huracán Gert 1993	2	Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo	45	50,000	5,000	70 km/h	180 mm	156 millones de dólares
Huracán Ismael 1995	1	Baja California Sur, Sinaloa y Sonora	57	30,000	9,891	130 km/h	276 mm	8.6 millones de dólares
Huracán Opal 1995	3	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas	19	26,874	35,229	115 km/h	68 mm	$1.5 billones de dólares
Huracán Paulina 1997	4	Oaxaca y Guerrero	228	300,000	54,000	215 km/h	411.2 mm	62 millones de dólares
Huracán Julliete 2001	4	Baja California Sur y Sonora	9	1,000	18,873	233 km/h	~	90 millones de dólares
Huracán Iris 2001	4	Oaxaca y Quintana Roo	23	2,600	884	220 km/h	101.6 mm	10.6 millones de pesos
	2	Yucatán, Campeche y Quintana Roo	4	500,000	1,388,000	45 km/h	220 mm	8,877.55 millones de pesos
	5	Nayarit	4	2000	151,452	230 km/h	~	1,244.83 millones de pesos
	1	Baja California Sur y Sonora	4	13,140	2,633	130 km/h	150.01 mm	535,010 millones de pesos
	4	Baja California Sur	4	5,990	1,198	230 km/h	~	229,290 millones de pesos
	5	Tamaulipas, Yucatán, Quintana Roo y Campeche	0	~	12.000	260 km/h	66.5 mm	302 millones de dólares
	1	Chiapas	98	146,000	32,000	130 km/h	305 mm	228 millones de dólares
	5	Quintana Roo y Yucatán	0	~	22,750	295 km/h	124.2 mm	18,772.9 millones de pesos

	3	Sinaloa, Colima y Jalisco	1	20,000	~	205 km/h	278 mm	206 millones de dólares
	5	Quintana Roo, Puebla, Hidalgo, Campeche, Veracruz	14	~	19,564	278 km/h	200 mm	9,579 millones de pesos
	2	Yucatán, Quintana Roo, Tamaulipas	1	164,904	10,694	160 km/h	70 mm	169.7 millones de peso
	3	Veracruz, Tabasco, Chiapas, Puebla, Oaxaca, Nuevo León y Tamaulipas	18	500,000	140,000	204 km/h	250.4 mm	82,540 millones de pesos

(~ = sin datos)

Fuente: Elaboración propia con información periodística y del Cenapred, Series Especiales / Impacto socioeconómico de los desastres en México.

4.3 *Inundaciones*

Básicamente la historia de la Ciudad de México, del Valle de México, está construida a partir de, primero, el desecamiento de los lagos; segundo, el desalojo de las aguas pluviales y aguas negras de los asentamientos que fueron constituyéndose en el valle de México.

La lucha contra las inundaciones ha sido un eje central de estas políticas de "combate a la naturaleza". De allí se puede afirmar que en las políticas urbanas del siglo XX era un objetivo central construir un gran sistema de drenaje. De esto trataremos enseguida.

4.3.1 Inundaciones más frecuentes e intensas. Perspectiva nacional

El Instituto de Geografía de la UNAM ha elaborado mapas de las zonas susceptibles de inundaciones del país, los cuales permitirán prevenir daños. Esta cartografía a cargo de la investigadora Oralia Oropeza Orozco forma parte del *Nuevo atlas nacional de México.*[24]

La costa de Chiapas, la costa y los valles centrales de Oaxaca, Guerrero, Puebla, Veracruz, Campeche y Tabasco son zonas que están permanentemente inundadas como parte de los sistemas naturales.

En el norte también hay áreas susceptibles a estas contingencias. En Sonora, por ejemplo, llega a llover fuerte, por lo cual se desbordan algunos ríos que anegan ciudades ubicadas a pie de monte como Hermosillo, Nogales, Caborca y Cananea, o en la zona costera como Guaymas, Empalme, Huatabampo y Echojoa.[25]

En los últimos 20 años la frecuencia e intensidad de éstas se han incrementado en el país. Casi todas las ciudades grandes las padecen (Distrito

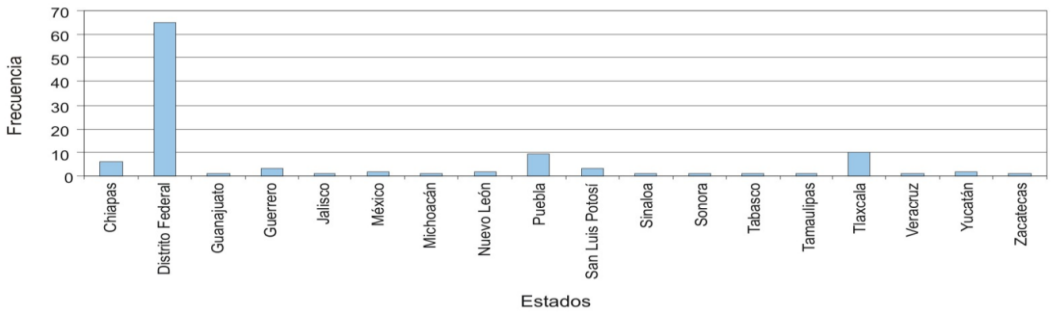
---

[24] Instituto de Geografía, "Naturaleza y ambiente. Peligros riesgos y desastres", en *Atlas nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, 2007. Disponible en http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-2007/nat_amb/na1.php (consulta: 3 de junio de 2016).

[25] UNAM, "Presentan mapas de zonas susceptibles a inundarse", Noticias Universia, México, 2006. Disponible en http://noticias.universia.net.mx/ciencia-nn-%20tt/noticia/2006/08/17/59490/presentan-mapas-%20zonas-susceptibles-inundarse.html (consulta: 3 de junio del 2016).

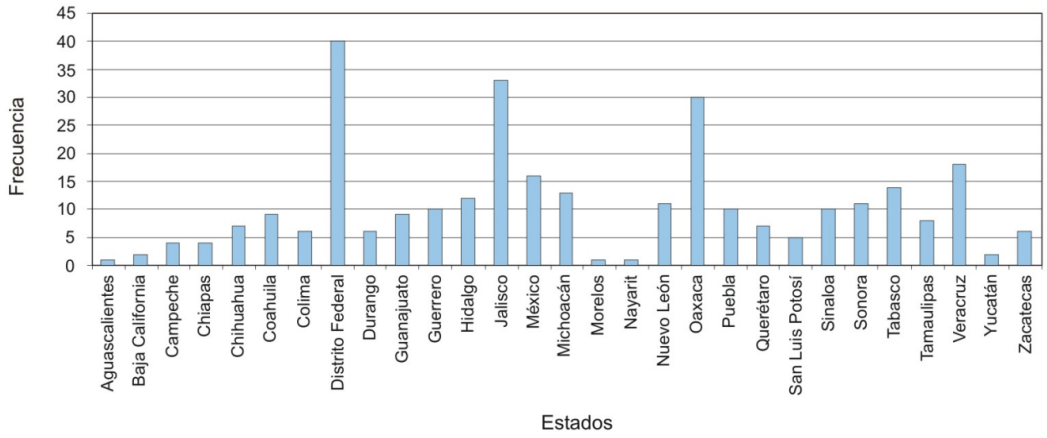
Federal, Monterrey, Puebla, Morelia, Tuxtla Gutiérrez, Chetumal y Acapulco, entre otras) como consecuencia de precipitaciones pluviales y de un mal funcionamiento del drenaje (gráficas 5 y 6).

Gráfica 5. Frecuencia de inundaciones por estados, siglos XVI, XVIII y XVIII



Fuente: Instituto de Geografía, 2007.

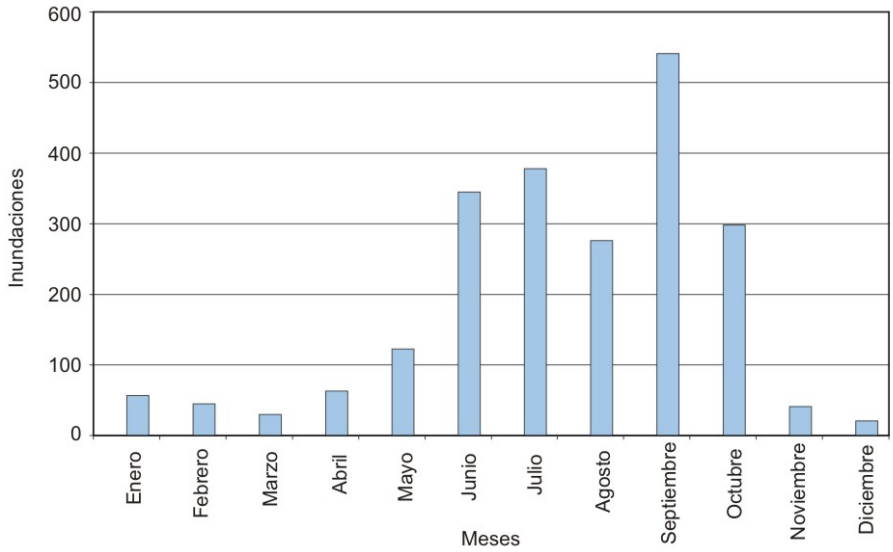
Gráfica 6. Frecuencia de inundaciones por estado, siglo XIX



Fuente: Instituto de Geografía, 2007.

En casi todo el país, estas manifestaciones ocurren principalmente durante el segundo semestre del año, es decir, en verano y otoño, en temporada de lluvias y de ciclones, sobre todo en el océano Pacífico, más que en el Golfo de México (Gráfica 8). La excepción es Tijuana, donde suceden en invierno.

Gráfica 7. Número de inundaciones por mes (1970-2004)

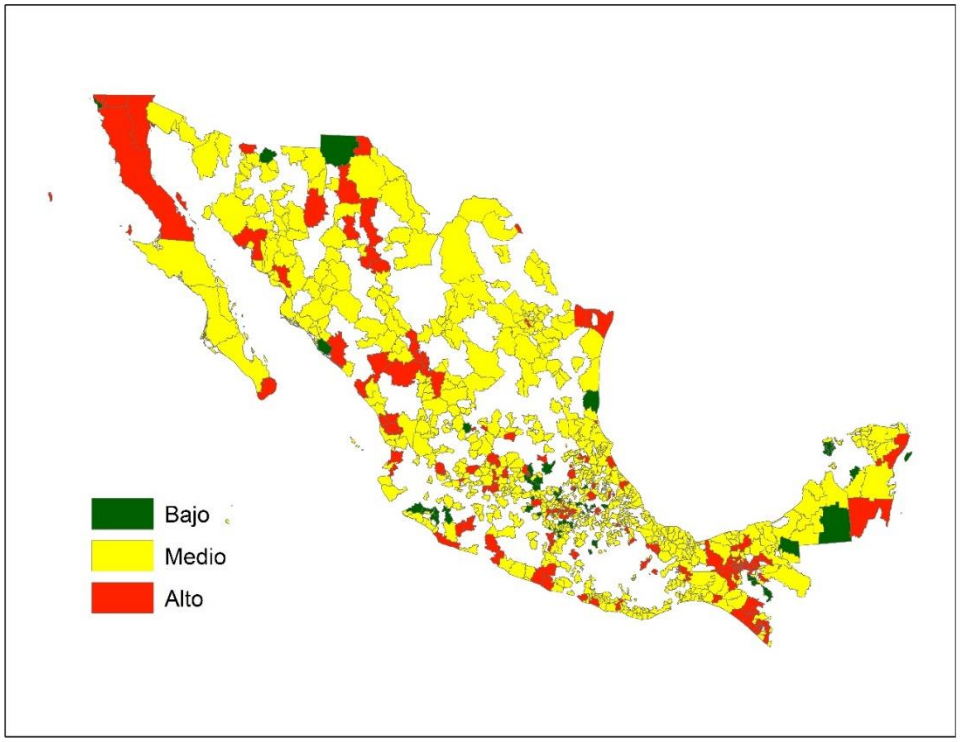


Fuente: Instituto de Geografía, 2007.

La cartografía de inundaciones permite ver cuáles son las zonas o regiones prioritarias que requieren atención; idear soluciones de tipo ingenieril para la prevención y mitigación de daños (diques, muros de contención y presas de derivación de agua); y diseñar medidas no estructurales referidas a educación y cambios en la legislación y en la regulación del uso del suelo.

Ahora bien, su utilidad depende de su escala: si ésta es a detalle, se puede definir en qué áreas de una ciudad se debe construir; en cuáles no, por peligro de inundación; y en cuáles, por riesgo moderado, es posible vivir con ciertas precauciones (la escala de los que se elaboran en el Instituto de Geografía es 1:4,000,000) (Mapa 4).

Mapa 4. Zonas propensas a inundaciones



Fuente: Elaboración propia con información de Cenapred, 2016.

4.3.2 El caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)[26]

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ubicada en una cuenca cerrada, cuenta con tres salidas artificiales denominadas: Gran Canal del Desagüe (túneles de Tequisquiac), Emisor Poniente (Tajo de Nochistongo) y Emisor Central. Construidos en diferentes épocas.

Cada uno de estos sistemas para el desalojo del drenaje ha sido diseñado pensando en resolver en forma definitiva el problema de desalojo y control de niveles de agua (aguas negras y agua de lluvia), principalmente de la Ciudad de México y su zona metropolitana.

[26] Esta sección ha sido elaborada con información de E. Aguilar, J. Aparicio y A. Gutiérrez, "Sistema de drenaje principal de la Ciudad de México", Gaceta del IMTA, 2007. https://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g04-08-2007/sistema-drenaje-mexico.html (consulta: 3 de junio de 2016).

Diversos problemas vienen concatenados con el sistema de desalojo. Con el paso del tiempo y debido al crecimiento de la metrópoli y a los hundimientos regionales provocados por la explotación de los mantos acuíferos ubicados en el subsuelo de la misma, ha sucedido lo siguiente:

a) El *Gran Canal del Desagüe* ha perdido su capacidad de desalojo, limitándose a un máximo de 40 m^3/s, ayudado por una Estación de Bombeo ubicada en el km 18+600.

b) El *Emisor Poniente* depende de que el vaso regulador El Cristo presente niveles de agua altos para que vierta un cierto caudal para su desalojo. Lo anterior implica cerrar las compuertas de descarga al río de Los Remedios.

Actualmente se realiza un proyecto para la construcción de una estación de bombeo y evitar que se requieran niveles altos en el vaso, a fin de que el emisor desaloje escurrimientos pluviales o residuales.

c) El *Emisor Central* ha disminuido también su capacidad de desalojo, por la variación de su coeficiente de rugosidad (falta de mantenimiento), y por la descarga de importantes caudales a través del Interceptor Centro-Poniente, que provoca importantes remansos aguas arriba, reflejados en su Lumbrera “0”.[27]

4.3.2.1 Sistema Principal de Drenaje

El Sistema Principal de Drenaje está formado por diferentes elementos, entre los que figuran presas y lagunas de regulación, colectores, estaciones de bombeo, colectores semi-profundos, cauces, canales y túneles profundos, entre otros. Para lograr que el conjunto de estructuras de drenaje cumpla con su objetivo, se han determinado diferentes políticas operativas, las cuales combinan la operación de

[27] *Idem.*

todos los elementos involucrados. La principal política operativa considera el estiaje y la temporada de lluvias de la siguiente manera:

a) Época de estiaje. Durante esta época del año se pretende que todos los escurrimientos sean conducidos a través de los cauces y canales superficiales, hasta su incorporación al Gran Canal del Desagüe, y desalojarlos por este conducto (Sistema de Drenaje Profundo Cerrado).

b) Temporada de lluvias. Durante las lluvias se pretende que los escurrimientos se desalojen por el Emisor Central y el Emisor Poniente, dejando como apoyo al Gran Canal del Desagüe.

El sistema de drenaje, al pasar por diferentes áreas de la metrópolis para su canalización y desagüe, ha tenido una larga historia de desbordamientos, lo cual crea inundaciones que, en este caso, no pueden llamarse “naturales”, aun cuando se producen en época de lluvias. Se trata de un desborde por incapacidad de canalización y por bloqueo del sistema, cargado de desechos pesados.

Por ello, los gobiernos sucesivos, tanto federales como locales, han tenido empeño en mantener políticas hacia el desalojo “eficiente”. Esto quiere decir, concretamente, que los esfuerzos en muchos casos están rebasados por la realidad del desalojo, tanto por las prácticas locales de “tirar desechos” sobre los canales de aguas negras que se encuentran a cielo abierto, como por una falta de políticas de coordinación para mantener un control adecuado de dichas canalizaciones.

En ese sentido, los gobiernos se han visto incapaces de mantener un drenado suficiente para evitar que, con una alta exigencia de caudal (por ejemplo, en época de lluvia), los canales de aguas negras se desborden, causando estragos y víctimas en las colonias aledañas.

4.3.2.2 Canalizar las aguas negras y el agua de lluvias, sin distinción

El gobierno federal, a través de la Conagua y del Fideicomiso 1928, que fue creado para proyectar y construir las obras para el Saneamiento de la Cuenca del Valle de México, se encuentra ejecutando la construcción del Túnel Río de la Compañía, que da inicio en la Planta de Bombeo 12, ubicada aguas arriba de donde este cauce confluye con la autopista México-Puebla, y termina en la Lumbrera 6 del Túnel Río de los Remedios (actualmente también en construcción).

En la actualidad, el área conurbada de los municipios de Chalco, Ixtapaluca, Los Reyes-La Paz, Chicoloapan de Juárez, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán, drena sus aguas residuales y pluviales hacia el canal de La Compañía, mediante 21 plantas de bombeo que se ubican en sus márgenes.

En el sitio de confluencia de ambos túneles se tiene proyectada una planta de bombeo que descargará su caudal a la laguna Casa Colorada, donde se regularán los escurrimientos para posteriormente regresarlos al Dren General del Valle, y de esta manera conducir los escurrimientos a través del Canal de la Draga, hasta el Gran Canal del Desagüe.

En el Gran Canal del Desagüe se localiza una estación de bombeo, en el km 18+600, con capacidad de 42 m^3/s. Con ella, finalmente, se traspalea el caudal para ser conducido por el Gran Canal hasta los túneles de Tequisquiac, donde cruza la sierra y descarga en el río Tula, ubicado éste fuera de la cuenca del Valle de México.

Con la conclusión de este túnel se pretende incrementar sustancialmente la capacidad de desalojo de la zona sur-oriente de la cuenca del Valle de México, y disminuir al máximo el riesgo de inundaciones que afecte directa o indirectamente a la población aledaña al río de La Compañía, y a parte del Dren General del Valle.

a) *Época de estiaje*. Debido a la pérdida de capacidad de desalojo del Gran Canal, desde hace aproximadamente 12 años se ha mantenido abierto en esta época el Sistema de Drenaje Profundo, lo que ha impedido su revisión y mantenimiento preventivo o correctivo. De esta manera, se ha

modificado la política de operación original, ya que el desalojo de las aguas se hace mediante los sistemas superficial y profundo.

b) *Temporada de lluvias*. Como consecuencia de la falta de mantenimiento en el Sistema de Drenaje Profundo, se ha observado la disminución de su capacidad de desalojo, principalmente en el Emisor Central, lo que ha provocado que este elemento funcione con carga en algunos eventos de lluvia, misma que se refleja principalmente en su Lumbrera “0”.

En suma, esta situación ha comprometido en más de una ocasión por año el funcionamiento hidráulico de diferentes túneles profundos, que inclusive han ocasionado el desbordamiento de algunas lumbreras que se ubican en las zonas más bajas de la ciudad y en su zona metropolitana.

Consideraciones generales

Desde la última mitad del siglo XX, los eventos naturales y no naturales tienen una frecuencia mayor. Desde entonces diversos organismos nacionales e internacionales han hecho una labor exhaustiva de medición, estimación e intervención, todo ello en vías de mejorar la calidad de la presencia institucional frente a estos desastres.

Desde entonces se ha desarrollado una serie de conceptos alrededor del lenguaje de los desastres: grado de vulnerabilidad, niveles de riesgo, incidencia, etcétera. Todo ello sirve para formar un cuerpo conceptual que facilita –o ese es el propósito–, la intervención institucional. Debe señalarse aquí, según lo que se desprende del presente documento, que no obstante dichos esfuerzos, la incidencia y la devastación sigue siendo el tono más fuerte a señalar.

En este documento pudo observarse una impresionante capacidad de devastación de los desastres que se registran en varias regiones del mundo, después de la ocurrencia de estos fenómenos. Como se informó el principio, se

intentó responder a dos preguntas centrales: ¿Qué se pierde en un desastre? ¿Cuánto cuestan esas pérdidas?

Por una parte, se pudo constatar que la dimensión e intensidad de los fenómenos naturales no distinguen países ricos de países pobres. El grado de devastación ha sido en cada ocasión diferente. En cambio, lo que pudo advertirse es que la vulnerabilidad de los países, de las regiones, o de los grupos sociales está definida por su condición social.

Por otra parte, los desastres afectan de manera mucho más violenta a las comunidades cuyo grado de vulnerabilidad y exposición es mayor, según análisis referidos aquí.

A nivel mundial se han hecho muchos esfuerzos por medir sus alcances y consecuencias. Nuevas herramientas y metodologías, así como protocolos educativos, están desarrollándose desde hace varias décadas para limitar al máximo las pérdidas materiales y humanas.

A nivel nacional se establecieron las tres tipologías de los desastres naturales o socionaturales que se distinguen en los documentos gubernamentales: los sismos o terremotos, los huracanes y las inundaciones.

Específicamente, se hizo énfasis en el caso de la cuenca del Valle de México, donde el desalojo de aguas negras y del agua pluvial causan inundaciones en zonas periféricas de la metrópolis.

Desde muchos ángulos, esto ha rebasado las previsiones de los gobiernos locales estatales y federales involucrados en la materia.

En general, en este documento se observa la necesidad de políticas públicas, de inversiones mayores, que atiendan con previsión, en el momento de la catástrofe, y con el seguimiento posterior a las consecuencias de dichos eventos.