



# LOS DESASTRES NATURALES: LO QUE LA SOCIEDAD DEBE SABER PARA ENFRENTALOS

*No es la especie más fuerte la que sobrevive,  
tampoco la más inteligente,  
sino la que mejor responde al cambio.*

Charles Darwin

JOSÉ F. LONGORIA TREVIÑO

En la última década los desastres naturales tales como terremotos, inundaciones y huracanes han matado varios millones de personas en el planeta; el promedio anual de pérdidas de vida ha sido estimado en 150,000. Los costos financieros de los desastres naturales excede los 50 mil millones de dólares por año, eso es, sin incluir las pérdidas sociales tales como la pérdida de empleo, la angustia mental, y la reducida productividad. Solamente dos desastres, la inundación causada por el ciclón de Bangladesh en 1970 y el terremoto de China de 1975 sumaron 600,000 vidas. El tsunami del Océano Índico del 2004 cobró 200,000 vidas y otro ciclón en Bangladesh en 1991 cobró 145,000. Es evidente que el impacto de estos eventos ha incrementado como resultado del aumento de la población humana que ahora se pone en el camino de los procesos y fenómenos naturales.

DR. JOSÉ F. LONGORIA TREVIÑO

Earth and Environmental Sciences Department Florida International University. Correo:longoria@fiu.edu.

Obtuvo su grado de doctor en geociencias por la Universidad de Texas en Dallas. Tiene estudios de post doctorado en la Academia Polaca de Ciencias. Ha sido profesor e investigador de diferentes instituciones Mexicanas y extranjeras (Estados Unidos y Europa), en la actualidad se desempeña como 'Profesor de tiempo completo' en el Departamento de Ciencias Ambientales y de la Tierra, en donde ha sido responsable del Laboratorio de Desastres Naturales, y ha desarrollado los cursos de Desastres Naturales y Geología Ambiental. Sus investigaciones se centran en la cartografía regional enfocada al análisis del peligro y riesgo de desastres naturales. Su proyecto actual se enfoca en la elaboración de mapas de vulnerabilidad a desastres naturales de varias poblaciones en el Este y Norte de México.

## ¿QUE ES UN DESASTRE NATURAL?

Un desastre natural es todo fenómeno natural, es decir, originado por los procesos internos y externos del planeta Tierra, que amenaza la estabilidad socio-económica y que potencialmente puede interrumpir el desarrollo sustentable de una región.<sup>1</sup> Los desastres naturales son fenómenos y procesos geológicos que han existido a través de toda la historia de la Tierra, sin los relámpagos, los terremotos y los volcanes el planeta Tierra no tuviera las condiciones habitables que disfrutamos en la actualidad, ya que son los fenómenos geológicos a los que debemos la existencia de las condiciones favorables para el desarrollo de la vida y el éxito de la humanidad. Dada la explosión demográfica actual y el hecho de que los humanos han incursionado en prácticamente todos los sistemas terrestres es evidente que esos fenómenos y procesos geológicos se han convertido ahora en una amenaza y un reto para el futuro de la humanidad y constantemente amenazan las megatendencias de la humanidad y su misma existencia (figura 1). Es fundamental tener un entendimiento claro de los desastres naturales, tanto su funcionamiento como los mecanismos que los inician y que los ponen en marcha. Por lo mismo, el conocimiento de los procesos y fenómenos geológicos debe de considerarse en la planificación de las actividades humanas, desde el urbanismo hasta el desarrollo de infraestructura civil, por lo que el conocer los fenómenos geológicos debe de jugar un papel integral en la planificación de las urbanizaciones y el desarrollo sustentable de las regiones. Ante todo debemos de admitir que ¡vivimos en este planeta Tierra por consentimiento geológico! Todas las tendencias indican que la humanidad enfrentará en los próximos 20 años constantes embates de la naturaleza, los desastres naturales serán parte de nuestra rutina. El presente artículo se escribió pensando en que la sociedad en general debe de estar mejor preparada para enfrentar los desastres naturales ya que una sociedad en general y a la vez informada estará mejor preparada para enfrentar futuros desastres naturales, tales como el Huracán Jimena que durante la preparación de esta nota embistió las costas de Baja California y de Sonora con resultados catastróficos. Hasta el 11 de Septiembre de 209 habían ocurrido diez tormentas tropicales en el Pacífico.

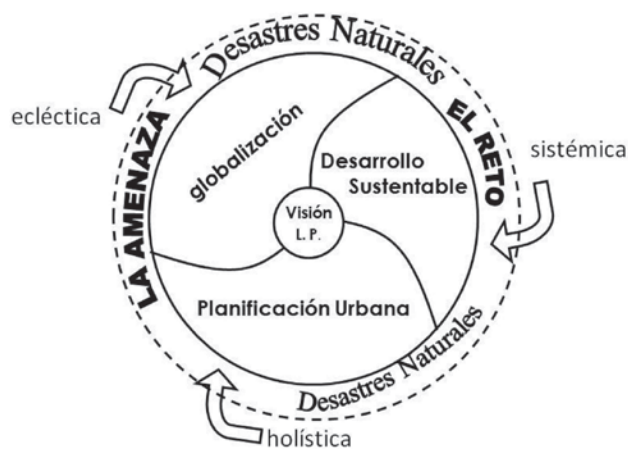


Figura 1

## EL ORIGEN DE LOS DESASTRES NATURALES

La visión sistémica de los desastres naturales: Los desastres naturales tienen su origen en la dinámica de la Tierra ya que son el resultado de la interacción de los sistemas terrestres y deben de manejarse desde un enfoque científico-técnico, reconociendo que su gestión

necesita de una visión holística, como un Sistema, por lo que se debe tener una perspectiva sistémica (figura 1). Los sistemas terrestres están definidos por el estado físico de la materia, así los principales sistemas terrestres incluyen: (1) los sistemas geosféricos que tratan con el estado sólido; (2) los sistemas atmosféricos, que tratan con la parte gaseosa del planeta; (3) los sistemas hidrosféricos que tienen que ver con la fase líquida del planeta; (4) los sistemas biosféricos que tratan con el contenido biótico del planeta; (5) los sistemas exosféricos, que tienen que ver con el espacio sideral; (6) los sistemas antropogénicos los cuales resultan de las actividades humanas y su influencia en procesos del planeta Tierra (Figura 2), es decir, son fenómenos o eventos que son disparados, modificados, o influenciados por las actividades y acciones de la humanidad.

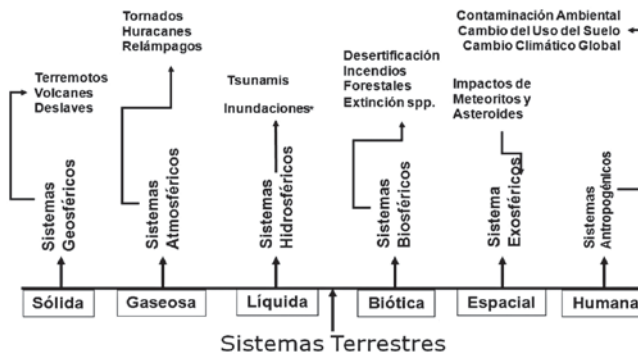


Figura 2

Los sistemas desastres naturales tienen las siguientes características en común: (1) una estructura definida por sus partes o componentes; (2) son generalizaciones de la realidad; (3) tienden a funcionar de la misma manera cada vez que ocurren; (4) los diversos componentes de un sistema tienen relaciones funcionales y estructurales entre cada uno de ellos; (5) las relaciones funcionales de las partes o componentes indican el flujo y/o transferencia de energía y/o materia; (6) las relaciones funcionales de un sistema se llevan a cabo debido a que existe un mecanismo en común que los dispara o inicia; (7) las partes o componentes del sistema desastre natural funcionan en conjunto, es decir las partes trabajan juntas.

La tectónica de placas: la capa más externa del planeta, la litosfera, aunque sólida, esta partida en grandes fragmentos que denominamos placas, estas placas litosféricas o tectónicas, actúan de manera independiente una de otra, pero se rigen por la dinámica del interior del planeta, sobre todo de la dinámica del manto terrestre que está formado por magma, o roca fundida, en constante ebullición lo cual resulta en las corrientes de convección que al final son los mecanismos que hacen que las placas se muevan. El resultado es que vivimos en un planeta en constante transformación, con la generación de nueva corteza y al mismo tiempo con su destrucción, o simplemente con el roce entre dos placas delimitadas por una falla geológica, como lo es el caso de la falla de San Andrés en California.

Ubicación en el Sistema Solar: la Tierra es el tercer planeta del Sol, esta situación espacial de la Tierra en el Sistema Solar le da sus características únicas, es decir, ni muy caliente ni muy frío, lo cual resulta en que habitamos un planeta único, en razón a que es el único en el Sistema Solar que tiene las condiciones propicias para sustentar la vida, es decir, contiene una capa de ozono que nos protege de la exposición masiva a los rayos ultravioleta del Sol y una campo geomagnético que sirve de escudo protector contra las emanaciones del Sol. También, la existencia de oxígeno libre, de agua y de vida, influencia la dinámica la Tierra. Los procesos geológicos que ocurren en la Tierra son por lo general cíclicos.

Las influencias antropogénicas: es decir, la influencia que los humanos y sus actividades tienen sobre los cambios que vemos en el planeta, por ejemplo, el cambio climático global. Es evidente que las urbanizaciones se ponen cada vez más en el camino de los fenómenos naturales, unido esto a la explosión demográfica y la invasión de todos los ecosistemas existentes en el planeta Tierra; cabe señalar que los humanos son solamente igualados por los dinosaurios en el hecho, pues como ellos, habitamos todos los ambientes naturales existentes en el planeta. Con esto, se demuestra que los humanos hemos cambiado drásticamente el uso del suelo así como afectado dramáticamente la biodiversidad. Todos estos son, sin lugar a dudas, efectos directos de la actividad humana en los procesos naturales, ejemplos de ello son: el calentamiento global y la desertización. A medida que la urbanización se ha puesto más y más en el camino de esos procesos naturales, éstos se han convertido en los villanos o las grandes amenazas a la estabilidad socio-económica de la humanidad; el futuro mismo de la humanidad depende en gran medida de la manera como se conozca y finalmente se maneje el estudio de los desastres naturales.

Los procesos y fenómenos geológicos se consideran como desastres sólo cuando amenazan la vida humana, la salud o intereses de la humanidad ya sea en forma directa o indirecta. Se adopta un enfoque antropocéntrico (centrado en los humanos) para estudiar y manejar o gestionar los desastres naturales y los peligros geológicos. Esto es normal si se toma en cuenta que los esfuerzos de los gobiernos se centran en la protección de vidas humanas y sus propiedades; desafortunadamente ese enfoque tiene implicaciones negativas pues puede llegar, como parece ser que lo está haciendo, a señalar a los desastres naturales como los enemigos, o los villanos con la consecuente manipulación de los esfuerzos por entender los fenómenos naturales que han regido, y seguirán rigiendo, la existencia y evolución del planeta Tierra como lo han hecho desde sus inicios. En contraposición de ese enfoque antropocéntrico está el enfoque científico, que es el que el autor de esta nota utiliza; el cual se enfoca en el mejoramiento del conocimiento y entendimiento científico de los fenómenos y procesos geológicos que son los mecanismos que disparan o generan lo que se ha dado por llamar desastres naturales. El autor considera que el procedimiento científico provee una base fundamental para la mejor preparación frente a un desastre natural y asegura la mejor toma de decisiones en el manejo o gestión de la emergencia.

## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL ESTUDIO DE LOS DESASTRES NATURALES?

Un repaso a la incidencia de desastres naturales en los últimos quince años nos permite tener una idea clara del por qué es importante que la humanidad tenga un mejor entendimiento de lo que son y por qué ocurren los desastres naturales. Desde 1995 el planeta Tierra ha experimentado devastadores fenómenos naturales, se pueden mencionar: (1) Un devastador tsunami en el Océano Índico, el cual fue generado por uno de los cinco terremotos más grandes que se hayan registrado en la historia escrita; (2) Las inundaciones catastróficas de Venezuela, Bangladesh, y de Europa central; (3) El episodio El Niño más fuerte, los terremotos mortales de la India, Irán y Turquía; (4) En las Américas se vivió el huracán de categoría 5 más destructor que afectó tanto a los Estados Unidos como a Guatemala y Honduras; (5) En Arizona y California se registraron incendios forestales tan devastadores que rompieron todos los registros hasta la fecha existentes; (6) Los tornados más violentos en la historia del estado de Oklahoma; (7) Un registro sin igual de cuatro huracanes en seis semanas en Florida y las Carolinas; (8) Una tormenta de hielo que paralizó a Nueva Inglaterra y a la provincia de Quebec en Canadá; (9) En Nebraska se estableció el record de granizada; (10) El registro más evidente del calentamiento climático de Alaska y del norte de Canadá.

En la última década los desastres naturales tales como terremotos, inundaciones y huracanes han matado varios millones de gentes en el planeta; el promedio anual de pérdidas de vida ha sido estimado en 150,000. Los costos financieros de los desastres naturales excede los 50 mil millones de dólares por año, eso es, sin incluir las pérdidas sociales tales como la pérdida de empleo, la angustia mental y, la reducida productividad. Solamente dos desastres, la inundación causada por el ciclón de Bangladesh en 1970 y el terremoto de China de 1975 sumaron 600,000 vidas. El tsunami del Océano Índico del 2004 cobró 200,000 vidas y otro ciclón en Bangladesh en 1991 cobró 145,000 vidas. El terremoto de la ciudad de Kobe, Japón, de 1995, cobró más de 5,000 vidas y destruyó edificios que causaron una pérdida de más de 100 mil millones de dólares.

Es evidente que el impacto de éstos eventos ha incrementado como resultado de la explosión demográfica, es decir, el aumento de la población humana que ahora se pone en el camino de los procesos y fenómenos naturales son vitales para el funcionamiento del planeta Tierra.

## ¿TENEMOS MÁS DESASTRES NATURALES EN LA ACTUALIDAD?

Con frecuencia nos preguntamos que si en la actualidad tenemos más desastres naturales, o es que en realidad la humanidad está mejor comunicada como resultado del avance de las tecnologías de información y comunicación. Es difícil contestar la pregunta, el avance de las comunicaciones es tal que la ocurrencia de un desastre natural en cualquier parte del mundo es inmediatamente conocido en el resto del planeta. Pero sabemos también que en la actualidad la urbanización se ha puesto cada vez más en el camino de los procesos y fenómenos naturales de la dinámica del planeta Tierra, por lo mismo se sabe de más desastres naturales, pero deben de considerarse los siguientes factores:

Las inundaciones aumentan por el hecho de que tenemos lluvias anómalas, es decir llueve de más en ciertas localidades y en otras no llueve lo suficiente. Esto aunado al hecho de que la humanidad tiende a olvidar los registros históricos de lluvias y también hay una tendencia marcada a ignorar la dinámica de un sistema fluvial, en particular los asentamientos en las planicies de inundación de los ríos, los humanos olvidamos que ese terreno lo ha preparado el río para su uso en caso de que la cantidad de agua que recibe en un tiempo dado exceda su cauce y esto le permita extenderse lateralmente. Otro caso de vulnerabilidad a inundaciones es la ocupación por parte de los humanos de los lechos secos de ríos. En ambos casos el uso de ese terreno por parte de los humanos es sólo temporal ya que los ríos en su momento reclamarán lo que es de ellos.

La circulación atmosférica y oceánica se han visto afectadas y ha resultado en los patrones anómalos de la distribución de las temperaturas mundiales.

El balance de energía del planeta se encuentra en desequilibrio de tal forma que se generan efectos de invernadero con inversiones térmicas frecuentes, por lo que la cantidad de calor producido por la energía solar que entra al planeta no equivale a la cantidad que sale o que se retiene, causando así un sobrecalentamiento, es decir el calentamiento global.

El ciclo del agua se ha visto afectado resultando en marcadas fluctuaciones de su disponibilidad, lo que implica que la cantidad de agua que circula de la atmósfera a la litosfera y de ahí de regreso a la hidrosfera y finalmente su almacenamiento en la biosfera sea interrumpido.

La actividad volcánica una vez que ha habido una erupción volcánica en la región es necesario hacer un inventario de la distribución de los materiales volcánicos emitidos por la erupción ya que da una idea de lo que podemos esperar en futuras erupciones.





La deformación de la corteza terrestre es un proceso geológico lento pero que su culminación conlleva a cambios del terreno y puede resultar en deslizamientos de masa.

La denudación es un proceso constante que conlleva a la inestabilidad de los taludes que pueden desencadenar deslizamiento de masa los cuales están controlados por la velocidad y la cantidad de agua que contienen.

### LA TERMINOLOGÍA USADA EN EL ANÁLISIS DE DESASTRES NATURALES

El objetivo principal del análisis de desastre es entender la relación causa-efecto de los fenómenos naturales para culminar en un análisis de la vulnerabilidad de las regiones y finalmente establecer un plan de mitigación, es decir, de preparar a la sociedad a sobre llevar un próximo evento (figura 3). Un vistazo a la literatura disponible sobre desastres naturales de México evidencia una fuente de confusión conceptual y de los procedimientos y maneras de ver los fenómenos naturales que aquí se denominan desastres naturales. Esta confusión ha conllevado a un mal uso de los términos y al mismo tiempo impide que su estudio sea efectivo, es fundamental tener una clara distinción entre lo que es la causa, el fenómeno y el efecto envueltos en la generación de un desastre natural. La falta de distinción entre esas tres ideas impide la diferenciación de los conceptos, de escala, de los resultados y las aplicaciones de los estudios de desastres naturales (Longoria2). Se debe distinguir entre el desastre natural, la amenaza, el peligro y el riesgo. Con respecto a la escala se hace énfasis en que ésta tiene que ver con la dimensión con la que ocurre el evento o fenómeno de tal forma que se debe diferenciar entre catástrofe, calamidad, cataclismo. El beneficio de esa aclaración de conceptos conduce a la separación entre lo que es un atlas de riesgos, la estimación del peligro y el análisis de desastres. Todo lo anterior conlleva a identificar las aplicaciones, es decir para que se llevó a cabo el análisis de desastres, las aplicaciones incluyen determinación de la vulnerabilidad, la cartografía de desastres, la prevención y la mitigación.

La secuencia evolutiva de un desastre natural se muestra en la figura 3. Se inicia como una perturbación del fenómeno, para pasar consecutivamente de amenaza, a peligro, riesgo y conducir a la vulnerabilidad de la sociedad al fenómeno. Esta vulnerabilidad genera una situación desastrosa que dependiendo la escala de la dimensión a la que se lleve a cabo resultará en una de los tres dimensiones (catástrofe, calamidad o cataclismo). Los resultados del estudio alimentan el Sistema Integral de Protección Civil de donde debe emanar la mitigación para futuros eventos con las fases de preparación y recuperación.



Figura 3

## LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE LOS DESASTRES NATURALES A LA PROTECCIÓN CIVIL

La aplicación directa del estudio de los desastres naturales es en la protección civil. El autor ha diseñado un Sistema Integral para el Manejo o Gestión de la Protección Civil (SIMPC) que se concibe como un conjunto de análisis, investigaciones y procedimientos que conlleva a conocer y determinar la vulnerabilidad de la sociedad y la urbanizaciones a los desastres naturales (figura 4). El SIMPC se ve organizado en dos subsistemas: (1) el subsistema del manejo del fenómeno es la parte técnico-académica que implica el conjunto de análisis e investigaciones que se realizan para evaluar el impacto de desastre en la sociedad. (2) el subsistema del manejo de la emergencia es el conjunto de procedimientos que conllevan a la respuesta después un evento. Un desastre natural debe tratarse como un fenómeno con un rango evolutivo (un continuum) que tiene una cronología bien definida en etapas conocidas como antes del evento, durante el evento y después del evento; cada una con una función específica en la protección civil (figura 5). La etapa antes del evento proporciona lo que

se tiene que hacer antes de que ocurra el desastre. La etapa durante el evento permite implementar métodos y prácticas para la preparación y la respuesta ante el desastre. La etapa después del evento arroja lo que se aprendió al haber experimentado el evento. La duración en tiempo de cada una de esas etapas cronológicas es muy variable dependiendo del evento de que se trate e incluso de evento a evento del mismo fenómeno o desastre. En el análisis de un desastre natural se reconocen cuatro fases que son la serie de actividades que se realizan durante cada una de las etapas: (a) La fase de prevención, (b) la fase de preparación, (c) la fase de respuesta, y (d) la fase de recuperación de la normalidad. Estas fases se atienden o estudian de manera independiente pero interrelacionadas a través de los dos subsistemas de la protección civil, es decir, al manejo del desastre le corresponden las fases a y b; y al manejo de la emergencia le competen las fases c y d (figura 5). De tal forma que en cada etapa, antes-durante y después del evento, se activan las fases de acciones obligadas correspondientes, así, en la etapa de pre-evento se activa la prevención y la preparación, mientras que en la fase durante el evento operan la preparación y la respuesta. En la etapa después del evento se activan todas las cuatro fases de un desastre (figuras 5, 6).



Figura 4

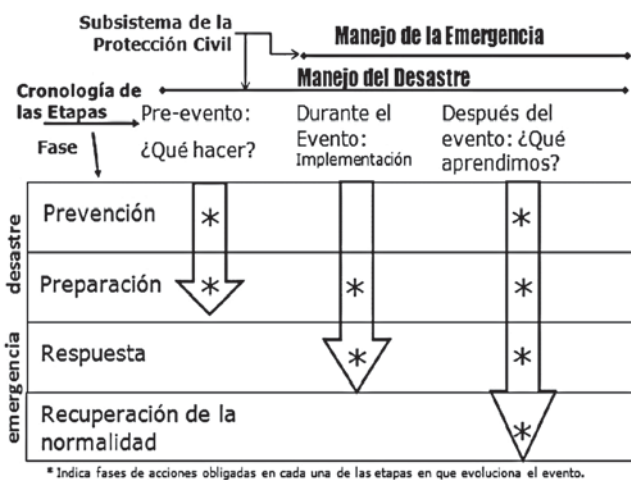


Figura 5



Figura 6



Los desastres naturales tienen tres propiedades fundamentales: Los elementos son las partes que lo componen, entre otros, las ciencias de la tierra, las ciencias sociales, la ingeniería-construcción, la tecnología de informática y comunicación. Los atributos son las contribuciones que cada elemento proporciona al sistema y que se pueden cuantificar y medir. Las relaciones son las asociaciones que existen entre los elementos y los atributos, es decir, la relación causa y efecto del sistema (figuras 6, 7).

### **a) El manejo de la emergencia**

Es uno de los dos elementos del sistema desastre natural y consiste de dos fases de acciones obligadas en la evolución del evento: la respuesta y la recuperación de la normalidad (figura 5).

La fase de respuesta se ejecuta sobre todo en las etapas de durante y después del evento, involucra mayoritariamente la asistencia social o humanitaria que incluye la implementación de alertas y alarmas; la evacuación; la identificación y puesta en marcha de refugios y/o albergues; el rescate de víctimas, las contingencias de salubridad (médicas) y la geoevaluación del impacto.

La fase de recuperación después de un desastre incluye la asistencia al público damnificado; la evaluación de los daños; la restauración de los servicios y las líneas de comunicación; la reconstrucción; la evaluación geológica y la ingeniería de construcción (geotécnica). En países donde se cuenta con un sistema de protección civil organizado, es decir, que considera no sólo el sistema de emergencia sino también el sistema desastre tal y como se muestra en la figura 6 logran la recuperación de una manera muy efectiva. En esos países existe una clara visualización de la función y necesidad de los dos subsistemas de la Protección Civil. En México, la protección civil se enfoca mayoritariamente a la emergencia y se descuida casi por completo el análisis de los desastres naturales. La fase de recuperación o vuelta a la normalidad ha de tener presente las lecciones aprendidas en los desastres anteriores, por lo menos los últimos dos más recientes. En el caso de México, antes de que la fase de reconstrucción pueda suceder se necesita ante todo la declaratoria del estado de emergencia, y de ahí poder acceder a los recursos del FONDEM. Aun así, es claro que en México falta mucho para lograr un

estado en el análisis de desastres que incluya el apoyo económico para la reconstrucción de las viviendas, por lo general el apoyo del FONDEM se aplica a infraestructura. Existen contados casos en los que la ayuda para la recuperación vaya más allá de ayuda humanitaria.

Los seguros de inmuebles es una opción que la gente debe de tomar en cuenta al momento de enfrentar desastres naturales. Los seguros para inmuebles deben de considerar el asentamiento geológico de la región, es decir, de acuerdo con la región en donde habitamos será el efecto más dominante, si vivimos en área cercana a la costa es evidente que los huracanes y las inundaciones son las amenazas, en regiones montañosas se deben de considerar los deslizamientos de masa y colapsos por subsidencia. En área de actividad sísmica y cercanía a volcanes activos o latentes, debe de ser ese un criterio primario para obtener la cobertura de seguro más adecuada. Siempre ha de considerarse el historial de desastres previos. En México quizás la única opción que mucha gente tiene es simplemente tener que pagar los costos de las pérdidas causadas por el desastre natural, viviendo siempre con la esperanza de que el desastre no ocurra, por lo que se toman los riesgos a un costo muy alto y se hace muy poco por tomar acciones de prevención. Esta es la actitud de la respuesta ante la inminente ocurrencia de un terremoto o de la erupción del Popo, el área de influencia del volcán en el área metropolitana del DF. y zonas adyacentes en los estados de Puebla, México y Morelos. La misma situación enfrentaron los damnificados del Huracán Jimena, del pasado 3 de Septiembre, en Baja California y Sonora.

La evacuación, siempre que los datos técnicos del análisis de desastres lo requieran es necesario acatar las órdenes de evacuación ante la inminente llegada de un evento. Para esto, el análisis de desastres naturales conlleva al establecimiento previo de rutas y estrategias de evacuación, las autoridades competentes, en México Protección Civil, han de tener previstas las rutas más convenientes y los sitios, los refugios y, en su caso, albergues, para proceder adecuadamente con la evacuación. En ciertos desastres naturales tales como la llegada de huracanes o inundaciones, la gente debe de tener la actitud correcta de ajustarse a la evacuación. En muchos casos hay suficiente tiempo para evacuar a la gente en la amenaza de un huracán por lo que es recomendable estar



al tanto de las predicciones y las alertas, siguiendo correctamente las disposiciones y mensajes emitidos por las autoridades competentes en cada región. Sin embargo, la falta de aceptación de las disposiciones oficiales por parte de ciertos grupos de la población en peligro, hacen que la evacuación sea muy complicada. Por lo mismo la evacuación es un procedimiento complicado y debe de tomarse con toda la seriedad y responsabilidad del caso, de lo contrario sólo causara caos y el pánico entre la población.

### b) El manejo del desastre

Es otro elemento del sistema desastre natural y consiste de dos fases de acciones obligadas en la evolución del evento: la prevención y la preparación (figuras 5, 6).

La adaptación y minimización de los efectos de los desastres naturales. Siempre es necesario contar con un plan tanto individual como comunitario, pero claro está, que todo depende de la información disponible, comúnmente generada en los laboratorios donde se hace el análisis de desastres naturales. De esa manera, la gente en general puede lograr una mejor percepción de lo que es el desastre esperado y cómo reaccionar a su llegada. En los Estados Unidos se ha hecho mucho trabajo para lograr entender la manera en que la gente percibe los desastres naturales, esto se logra a través de la educación de las comunidades, que es un papel que debe de asumir el grupo de investigadores encargados del análisis del sistema desastre natural. Ese entendimiento es importante ya que el éxito de la educación sobre los efectos de los desastres naturales depende en gran medida de la actitud que tenga la gente que será afectada por el desastre. En México quizás se tenga o se esté logrando una buena percepción de los desastres naturales a nivel institucional, aun hay funcionarios de la CENAPRED que conciben que los desastres naturales no existen, sino que son ¡desastres humanos! (Roberto Quaa Weppen, en conferencia magistral, XXVI Congreso Anual del Colegio de Arquitectos, Xalapa, Ver.). Entonces, la diseminación de la correcta percepción en la población queda directamente limitada a la manera como las instituciones gubernamentales conciben los desastres naturales. Lo que sí se puede asegurar es que la falta de conocimiento de los que son los desastres naturales puede ser un factor que salve muchas vidas. Tal fue el caso del tsunami de Indonesia del 2004, en el cual, por falta de percepción de lo que es este fenómeno y la falta de conocimiento del público en general de los efectos que producen pudo ser la diferencia de salvar a

miles de gentes. Todos estos conocimientos que se adquieren a través del análisis de desastres naturales, además de coadyuvar en la emergencia, inciden directamente en los reglamentos de construcción y las leyes que rigen los estilos de las urbanizaciones. Los resultados de todos estos conocimientos se aplican directamente en la fase de recuperación.

El uso del suelo es un criterio ambiental muy fuerte en el ajuste a los desastres naturales. Los criterios del uso del suelo deben estar regidos por el asentamiento geológico del área por urbanizar, de ahí deben de derivarse los estilos arquitectónicos y de ingeniería civil aplicables a esa construcción en particular. Es de vital importancia conocer el ambiente físico (geológico) en el cual se asentará la urbanización. Con frecuencia se nota mas que urbanizaciones nuevas se establecen en los causes de ríos que aparentan estar abandonados, asimismo, la ocupación de la planicie de inundación es otro defecto enorme en la ingeniería de construcción. Este es el caso de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en donde gran parte de la urbanización está asentada en la planicie de inundación de sistema de hidrológico. La aplicación de una cartografía tendiente a la microzonificación del área por urbanizar es el mejor método para asegura el futuro de las urbanizaciones y minimizar el efecto de los futuros desastres naturales. Este procedimiento ha de emplearse en cualquiera de los desastres naturales ya sea que se trate de desastres relacionados con la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera o la biósfera. Este conocimiento resultará en un plan de desarrollo urbano acorde con la naturaleza del ambiente físico (geológico) y ayudará a la ingeniería de construcción en el diseño de estilos de construcción más eficaces frente a los futuros desastres naturales.

La fase de preparación ante un desastre involucra los estudios de campo tendientes a la cartografía, la diseminación de la información, la planificación del desarrollo urbano y la ingeniería de proyectos. Ésta involucra el entrenamiento por adelantado de personal y de instituciones que en un momento dado puedan atender a muchos heridos y damnificados, o simplemente atender al número de gentes por evacuar. La implementación de un plan de preparación ante la amenaza de un desastre natural es una buena reacción tanto de individuos, como de familias, ciudades, estados y el país.

La fase de prevención incluye entre otros, los intentos de control artificial de los procesos naturales que generan los desastres. El método más eficaz de la prevención es la microzonificación (figura 8) la cual tiene su mejor impacto en la elaboración de reglamentos de construcción,

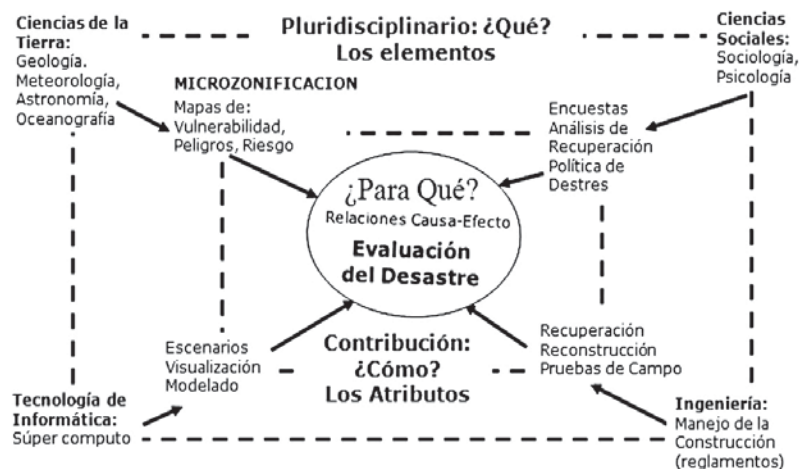


Figura 7

así como en el plan maestro de urbanización y en la legislación del desarrollo urbano. Ejemplos de medidas de prevención incluyen la construcción de muros de contención en las costas para proteger la costa de la erosión pueden también proteger en cierta medida los inmuebles. Siempre se debe de tener en cuenta que aun las estructuras mejor diseñadas no pueden en ciertos casos protegernos ante un evento extremo. Los muros de contención bien planeados, pueden llegar a tener buenos resultados para evitar deslizamientos de masa, pero debe de enfatizarse aquí, que los muros de contención contra deslaves deben de estar bien diseñados sin escatimar costos. Es bien conocida la construcción de mecanismos de control de flujo del agua para evitar inundaciones en los ríos activos, siendo la canalización y la construcción de presas y bordos (levees) los métodos más frecuentes. Desgraciadamente, los proyectos de control de inundación tienden a dar a los residentes de la planicie de inundación y habitantes de causas de ríos, un sentido falso de seguridad ya que no hay un método garantizado que pueda proteger completamente a la gente y sus propiedades de inundaciones de gran magnitud, como lo fue el caso de la inundación del Río Mississippi en 1994, y de nuevo durante el huracán Katherine.

### LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES

Los efectos generales de un desastre natural se clasifican como primarios, secundarios o terciarios. Los efectos primarios son los que resultan de impacto en sí del evento, por ejemplo, la contaminación del agua potable por una inundación, el daño causado por el viento del ciclón, o el colapso de un edificio como resultado de la vibración del suelo durante un terremoto. Los efectos secundarios se derivan de los procesos peligrosos que están asociados con un evento principal pero que no son causados directamente por él. Como ejemplos de éstos se pueden citar los incendios forestales que son iniciados por una corriente de lava; incendios de viviendas causados por la ruptura de tuberías de gas durante un terremoto, o la interrupción del suministro de agua o de los servicios de alcantarillado durante una inundación. Los efectos terciarios son de larga duración o incluso permanentes, entre ellos se pueden citar la pérdida de la biodiversidad por pérdida del hábitat; los cambios permanentes del canal de un río debido a una inundación; los cambios regionales o globales de clima; las pérdidas de los cultivos después de una erupción volcánica; los cambios permanentes en la topografía como resultado de un terremoto.

Los efectos de un desastre a una población pueden ser directos o indirectos. Los efectos directos abarcan la muerte de gentes, los heridos, los desplazados por falta de vivienda que sean productos de un evento en particular. Los efectos indirectos por lo general son respuestas a los desastres, estos incluyen problemas emocionales, donación de dinero y de alimentos, el pago de impuestos para ayudar a solventar los gastos causados por el desastre. Se estima que los efectos directos son sufridos por mucho menos gentes mientras que los efectos indirectos afectan a mucho más gentes.

Algunos desastres naturales son catastróficos y pegan rápido pero con efectos devastadores, por ejemplo, hay un riesgo bajo pero real de que un meteorito o asteroide impacte con la Tierra como el asteroide Chixchulub, que impactó la Península de Yucatán hace 65 millones de años y que cambió la geografía del planeta Tierra; de hecho se sabe que un asteroide de dimensiones considerables pasará muy cerca de la Tierra en el año 2020. Los eventos que atacan la Tierra sin aviso previo y de forma rápida se conocen como desastres naturales de inicio, entre ellos se citan los impactos de asteroides y meteoritos y las inundaciones torrenciales.

### LA VULNERABILIDAD A LOS DESASTRES NATURALES ¿QUÉ TAN VULNERABLE ES LA HUMANIDAD A LOS DESASTRES NATURALES?

La vulnerabilidad concebida con el grado de exposición de la sociedad y las urbanizaciones a los efectos físicos de los desastres naturales ha ido en aumento en las últimas tres décadas. Más de tres millones de vidas humanas se han perdido en las últimas dos décadas como resultado directo de desastres naturales; otras ochocientas mil gentes han sufrido pérdidas de propiedades y de salud. En la década de los 1990 vimos miles de decenas de deslizamientos de masa y terremotos; un millón de tormentas eléctricas; 100,000 inundaciones y varios cientos de tormentas tropicales y huracanes; además de decenas de erupciones volcánicas y tsunamis, así como del avance rápido de la desertificación y de las sequías. De acuerdo con los datos emitidos por el Banco Mundial los desastres naturales causan cerca de 40,000 millones de dólares en daños físicos cada año. Asimismo se reporta que sólo las inundaciones y los terremotos han costado cerca de 18.8 millones de dólares diarios.

El concepto de vulnerabilidad abarca no sólo los efectos físicos de un desastre natural sino también el estado de exposición a los efectos de los desastres de la gente y de los inmuebles del área (figura 3). Una complicada red de factores incrementa la vulnerabilidad a los desastres naturales, y en especial a los eventos catastróficos. Independientemente de factor de localización geográfica, es decir vivir en una área con alta peligrosidad, la vulnerabilidad de una zona también depende de la densidad de población, de los estilos de construcción y finalmente de los códigos de construcción (en muchos casos de la carencia de códigos de construcción que tomen en consideración la existencia de los desastres naturales de la zona). También es de gran importancia: (a) el entendimiento científico (lo que se llama análisis de desastres naturales, figura 4), (b) la educación pública acerca de la naturaleza de los desastres naturales, (c) concienciar al público en general. La implementación de un sistema de alarma temprana unido a buenos medios de comunicación así como la disponibilidad y preparación del personal de la emergencia hace una gran diferencia al momento de responder a la emergencia ante un desastre natural. Algunos aspectos culturales tales como el negarse a dejar la vivienda en el momento de evacuación influyen en la respuesta a las alertas. Ha sido evidente en los casos recientes de alerta y llamado de evacuación de las poblaciones aledañas al volcán Popo. Lo mismo sucedió en 1991, cuando la erupción de volcán Pinatubo en las Filipinas, en ese caso se llegó al extremo de tener que mostrar algunos videos con escenas de la devastadora erupción volcánica para poder convencer a los residentes que se rehusaban a dejar sus viviendas.

La intervención de los humanos en los sistemas terrestres naturales aumenta la vulnerabilidad a los desastres naturales de dos maneras: (1) el desarrollo de nuevas urbanizaciones en zonas que son susceptibles a desastres naturales tales como las planicies de inundación, con lo es el caso de Villahermosa, Tabasco; o los deslizamientos de masa en el área metropolitana de Monterrey, N.L. por ignorar el por ciento de talud como factor de estabilidad de las edificaciones; (2) al aumentar la intensidad o frecuencia de desastres naturales tales como lo es el caso de las malas prácticas de la agricultura que pueden acelerar la erosión de suelos; o el minado subterráneo que pueden disparar la subsidencia y colapso; la sobreexplotación de aguas subterráneas que cercanas a la costa inducen la intrusión salina bajo el continente; la modificación del drenaje natural tal como es el caso de los canales y canales de ríos que pueden conducir a inundaciones de proporciones gigantescas.



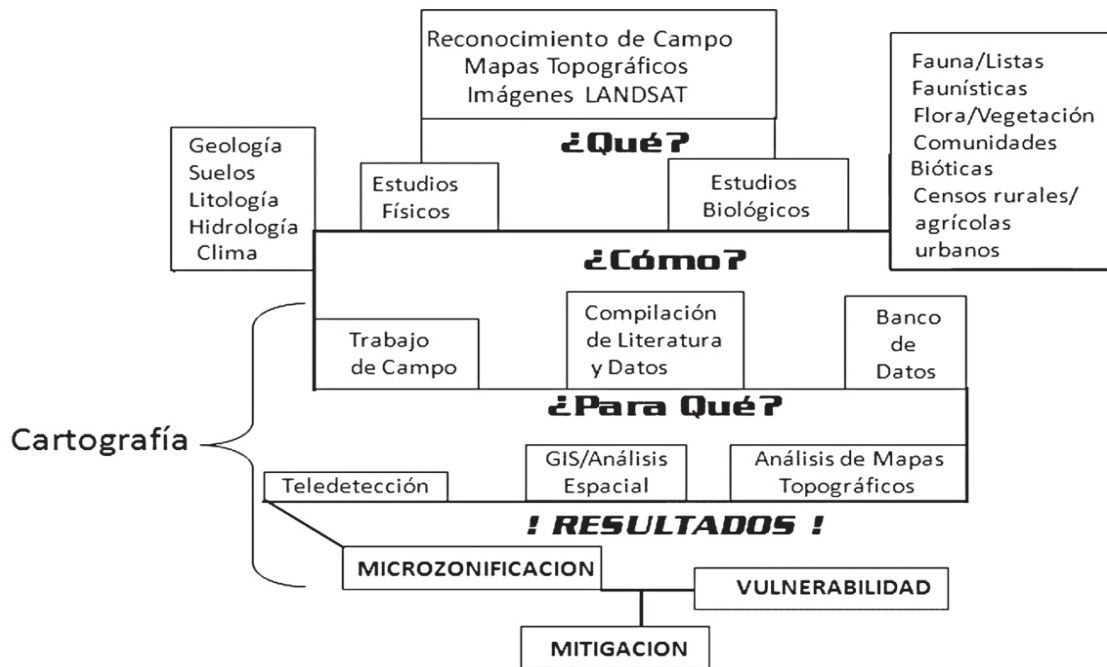


Figura 8

## ¿QUÉ ES LA EVALUACIÓN DEL DESASTRE?

La evaluación del desastre natural es un proceso pluridisciplinario en el que intervienen diversas ramas de la ciencias de la tierra, las ciencias sociales, la ingeniería y las tecnologías de información y comunicación (figura 7). Cada una arroja contribuye con la identificación de atributos del sistema para establecer las relaciones de causa-efecto del evento. Es la determinación de cuándo, dónde y con qué frecuencia han ocurrido en el pasado los eventos o fenómenos naturales peligrosos para la humanidad, así como la naturaleza de los efectos físicos del evento en una localidad determinada, y finalmente exponer la información en forma tal que pueda ser usada en la toma de decisiones por los organismos y personal correspondiente. En la evaluación de un desastre está conformada por dos partes: (1) la evaluación del peligro y (2) la evaluación del riesgo.

La evaluación del peligro involucra hacerse planteamientos tales como: ¿Qué tan frecuente podemos esperar que ocurra un fenómeno o evento (desastre)? En el caso de que suceda un evento ¿cuáles serán sus efectos en la sociedad? En si la evaluación de un peligro consiste en: (a) determinar cuándo y dónde han ocurrido eventos peligrosos en el pasado; (b) determinar la severidad o intensidad de los efectos físicos generados por eventos de una magnitud determinada; (c) determinar qué tan frecuente podemos esperar que ocurran eventos desastrosos en un lugar en particular; (d) determinar cómo sería un evento en

particular si ocurriese ahora mismo; (e) expresar toda esta información de forma tal que pueda ser utilizada con facilidad por los que toman las decisiones. La información que se genera a partir de la evaluación del peligro la utiliza mucha gente, por ejemplo, es de gran utilidad para los líderes políticos para tomar decisiones acerca de la evacuación y la ayuda económica que se requiera. Los encargados de la planificación y los ingenieros civiles toman decisiones sobre el uso del suelo en base a la información emitida a partir de la evaluación del peligro, ya que de ahí se deriva la implementación de los códigos de construcción y de la zonificación de las urbanizaciones. Toda esa información es utilizada por el personal dedicado al análisis de la emergencia (protección civil) para tomar decisiones sobre los procedimientos necesarios de la respuesta al desastre. Los resultados de la evaluación del peligro se muestran en mapas a escalas variables dependiendo del caso, de tal manera que la información sea asequible y entendible. Estos se conocen como mapas de peligro o peligrosidad (figuras 6, 7).

La evaluación del riesgo es el establecimiento de la probabilidad de que un evento o fenómeno desastrosos vaya a ocurrir en un periodo de tiempo determinado, estimando así su impacto tomando en cuenta el grado de exposición y vulnerabilidad de la población al fenómeno natural. Difiere fundamentalmente de la evaluación del peligro en que se enfoca en las pérdidas económicas, las muertes, los daños y la pérdida de servicios, las cuales es probable que ocurran cuando un desastre natural, por ejemplo un huracán o terremoto, ocurre en una área determinada.



La evaluación del riesgo empieza con la postulación de la probabilidad de que un evento peligroso de magnitud particular ocurrirá dentro de un periodo determinado de tiempo. Entonces, se toman en consideración otros factores tales como: (a) la localización de edificios, de infraestructura, de servicios y de emergencia de la comunidad; (b) el potencial de estar expuesto a los efectos físicos de un peligro; (c) la vulnerabilidad de la población de esa comunidad, es decir, el potencial de pérdidas de vidas humanas, los heridos, o daños, cuando se está expuesto a estos eventos específicos.

La evaluación del riesgo incorpora factores sociales y económicos así como también los factores científicos que están implícitos en la evaluación del desastre. La evaluación del desastre describe los efectos asociados con un evento o fenómeno en particular, mientras que la evaluación del riesgo se enfoca más en probable cantidad de daños y las acciones que pueden o deben tomarse para reducir la vulnerabilidad. La evaluación del riesgo implica el plantearse ciertas preguntas tales como: Cuando una situación como tal existe o cuando un evento de este tipo ocurre ¿cuál será el daño a la población afectada? y de la misma manera, aunque la probabilidad de un evento de esa magnitud es pequeña, ¿las consecuencias serían severas e inaceptables?

El riesgo se expresa en probabilidades, un ejemplo de esto sería: se ha estimado que el fumar 1.4 cigarrillos diarios, o el tomarse un placa de rayos X, o el estar expuesto a un terremoto viviendo en la Ciudad de México por varios meses, todos tienen el mismo riesgo estadístico que aumenta la probabilidad de muerte por aproximadamente 1 en un millón. Otra alternativa es establecer el riesgo en función del costo, es decir, los daños causados y las víctimas expresándolos en el valor en pesos de la pérdida. En cualquier caso la evaluación del riesgo puede ayudar tanto a los que toman las decisiones como a los científicos para comparar y evaluar desastres, asentar prioridades y decidir en dónde enfocar la atención y los recursos (figuras 7, 8).

Los aspectos que la sociedad debe de considerar con respecto al riesgo incluyen:

1.- Los factores que delimitan el riesgo de un inmueble a desastres naturales entre otros: (a) la localización del inmueble, (b) los peligros geológicos tales como asentamiento geológico en general y estructuras geológicas en particular tales como fallas, (c) la vulnerabilidad, es decir los factores de riesgo tales como el estilo de construcción

2.- Las medidas de mitigación: (a) la preparación ante los desastres considerando el asentamiento geológico, (b) estilos de construcción más seguros de acuerdo con la vulnerabilidad, (c) la ingeniería de construcción, (d) los códigos de construcción.

3.- La prevención de los desastres naturales: los desastres naturales no se pueden impedir pero si se pueden prevenir; muchos de ellos ocurren en forma espontánea si previo aviso, pero las medidas efectivas de mitigación, considerando el asentamiento geológico del área, unidas a los procedimientos de prevención, y sobre todo viendo los desastres naturales de forma holística (figura 6), pueden reducir en gran medida la pérdida de vidas humanas y daños a los inmuebles y asegurar el desarrollo sustentable.

## LA PREDICCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES

Una predicción es una declaración de probabilidad basada en el entendimiento científico y en las observaciones de la naturaleza de los desastres naturales. Un geocientífico especializado en desastres naturales puede con frecuencia hacer una predicción de la formación de fenómenos naturales en base a su experiencia en el campo y a sus propias observaciones. Sin embargo, una predicción requiere del constante monitoreo de los procesos geológicos que puede potencialmente generar eventos peligrosos, ese monitoreo por lo general se enfoca en la identificación de anomalías en las tendencias evolutivas de los fenómenos naturales que son precursores de un cambio fuera de lo usual o inesperado que eventualmente puede llegar a convertirse en una catástrofe. Con frecuencia el término estimación ('forecast' en Inglés) se usa como sinónimo de predicción. La estimación se refiere a una apreciación de futuros eventos, algunas veces en base a la correlación con eventos anteriores, el caso más evidente es las estimaciones de las condiciones meteorológicas para estimar el tiempo futuro, por lo que es común ver en los medios de comunicación que se hagan estimaciones del tiempo hasta de una semana por adelantado. En el caso de la predicción de inundaciones o de huracanes la estimación por lo general se refiere a estimados de corto tiempo o inmediatos es decir de horas o días de un evento de condiciones específicas de magnitud y de ocurrencia. Por otra parte, en el caso de la predicción de terremotos el término estimación se refiere a tiempos largos sin especificar la probabilidad de ocurrencia. Como ejemplo, antes del terremoto de Loma Prieta (San Francisco) del 17 de Octubre de 1989 –llamado el terremoto de la Serie Mundial, el USGS emitió una estimación diciendo que había un 50 por ciento de probabilidad de que un terremoto grande ocurriera a lo largo de la falla de San Andrés en un rango de 30 años. Es evidente que se trató de una estimación de largo plazo (que cae dentro de lo que es una predicción), basada en el entendimiento científico general de la sismicidad y el asentamiento geológico del área. Por otra parte, la amenaza de un terremoto grande en el área de San Francisco es actualmente muy real, después de terremoto de Loma Prieta el USGS emitió una estimación del 67 por ciento de probabilidad de que un terremoto grande ocurra en los próximos 30 años.

En algunos casos se puede hablar del monitoreo de fenómenos precursores, como lo es en el caso de las erupciones volcánicas; de tal forma, cuando las observaciones de los fenómenos precursores se han acumulado para llegar al punto que ellos indican la ocurrencia inminente de un evento peligroso, entonces, se lanza una alerta. Un ejemplo claro de esto se vio en la erupción violenta en 1991 del volcán Montaña Pinatubo en las Filipinas, en donde los científicos observaron una variedad de eventos precursores, el monitoreo cuidadoso de esos precursores permitió a los científicos predecir la erupción con gran precisión salvando de esta forma miles de vidas humanas.

El lanzamiento de alertas es el paso final en la preparación de una comunidad para enfrentar un evento desastroso. Las alertas tempranas exitosas dependen en gran medida de las comunicaciones efectivas y sobre todo de sistemas públicos de información a través de fuentes confiables. En México el CENAPRED ha adoptado un sistema de alerta temprana que distingue tres niveles de alerta.

## EL PAPEL DE LOS GEOCIENÉTICOS EN LA REDUCCIÓN DE DESASTRES NATURALES

Algunos desastres naturales tales como el impacto de asteroides, son difíciles de predecir dentro de un margen de tiempo que sea de utilidad. Aunque un evento de impacto extraterrestre puede ocurrir algún día, no hay mucho que se pueda hacer para disminuir el riesgo dado el conocimiento actual, las tecnologías disponibles y el costo. Cada

día nos enfrentamos con una amplia variedad de desastres naturales a los cuales nos podemos adaptar tomando ciertas decisiones y tomando acciones para prepararnos o para disminuir nuestra vulnerabilidad. Los geocientíficos juegan un papel decisivo en la conformación de la respuesta del público frente a los desastres naturales; de manera concreta, el entendimiento científico de los fenómenos que causan los desastres naturales puede contribuir a un Sistema Integral de Protección Civil en el cual los geocientíficos cooperan con otros investigadores (sociólogos, políticos, administradores públicos) y con los individuos que toman las decisiones para reducir la susceptibilidad a desastres naturales, esta forma pluridisciplinaria se puede visualizar en la figura 8 que establece el qué, cómo y para qué del análisis de desastres naturales así como los resultados que se deben de esperar del trabajo del geólogo especializado en desastres naturales. De acuerdo con ese concepto, los geocientíficos colaboran con otros investigadores a dar mayor entendimiento de manera holística a la problemática que plantean los desastres naturales, lo cual resultaría en la elaboración de mapas de vulnerabilidad. Esa cartografía conduce al desarrollo de la reducción de los efectos de los peligros y riesgos de un desastre a la sociedad y al mismo tiempo ayuda a la formulación de estrategias de mitigación y en su caso de evacuación. Al mismo tiempo, hace posible la detección de estudios y cartografía a detalle de áreas con potencial de peligros con lo cual se obtiene la reducción y en ocasiones hasta la eliminación total del riesgo (figura 8). En este tipo de actividades pluridisciplinarias todos los niveles de gobierno, las instituciones académicas y las organizaciones privadas se ven involucradas. En resumen, debido a que los desastres naturales forman parte del sistema Tierra, los geocientíficos tienen un papel trascendental en la evaluación, prevención, la preparación y mitigación del daño asociado con los desastres naturales usando su mejor herramienta: La cartografía.

## LOS COSTOS DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR DESASTRES NATURALES

Un comparativo de efectos en la sociedad de los diferentes desastres naturales encontramos que aquellos que causan mayores pérdidas humanas no necesariamente son los mismos que causan los mayores daños (más caros) a las propiedades. El número más grande de muertes anuales es causado por los tornados y las tormentas ciclónicas, estos seguidos por las descargas eléctricas, las inundaciones y los huracanes, los cuales también tienen una alta incidencia de muertes. El terremoto de Northridge (Los Ángeles, California) de 1994, cobró 60 vidas, pero costos de 20 a 30 mil millones de dólares en daños a las propiedades, con la explosión demográfica que ha sufrido esa área se estima que el próximo terremoto supondrá más de 100 mil millones de dólares en daños y puede llegar a cobrar varios miles de personas. Por otra parte, las inundaciones, los deslizamientos de masa y los suelos expansivos en los Estados Unidos ocasionan pérdidas en daños por más de 1500 millones de dólares.

En general los desastres naturales cuestan a Estados Unidos entre 10 y 50 mil millones de dólares anuales, mientras que el costo promedio de un solo desastre mayor cuesta unos 500 millones de dólares, pero dada la explosión demográfica en las costas de los Estados Unidos, se estima que el costo de un desastre individual aumentará de forma muy significativa. Se predice que los desastres naturales futuros en esas regiones serán del orden de catástrofe. Con el afán de poner atención al efecto de los desastres naturales a la sociedad, vistos en el número de víctimas y del aumento de daños a las propiedades, la ONU designó la década de los 90s como la Década Internacional de la Reducción de Desastres. Los objetivos de ese programa de la ONU fueron minimizar la pérdida de vidas y el daño a las propiedades causada por los desastres naturales. Los resultados de ese programa han sido controversiales ya que no se ve claramente un avance en la mitigación de desastres como era esperado.



## LOS DESASTRES NATURALES Y LA INGENIERÍA CIVIL

El estudio de los desastres naturales, la desastrología, tiene una relación directa con la ingeniería, la cual queda bien plasmada en la definición de lo que es la Ingeniería ya que parafraseando al ABET – Accreditation Board for Engineering and Technology “la Ingeniería es la PROFESIÓN en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se pueden utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad”. Esto implica que la ingeniería civil tiene que hacer uso las ciencias de la tierra para aplicar con buen juicio el conocimiento geológico, y en particular lo relacionado con los desastres naturales, para determinar el impacto que estos tienen en las construcciones y así determinar los criterios de diseño de vivienda, la construcción de edificaciones y de la urbanización en general.

Asimismo, la incorporación del análisis de desastres en las futuras urbanizaciones, podrá asegurar una visión de largo plazo en desarrollo urbano. Esto refleja que los estudios de desastres naturales se deben de ver de manera holística, tomando en cuenta que son fenómenos interrelacionados con la dinámica del Planta Tierra (figura 7).

La mejor manera de visualizar el desarrollo urbano con miras a largo plazo es entendiendo que la planificación a largo plazo sólo se logrará cuando las fuerzas que mueven la hélice de la visión a largo plazo formada por tres aspas, las cuales representan la planificación urbana, la globalización y el desarrollo sustentable, sean movidas por las fuerzas dadas por la holística, la ecléctica y la sistémica (figura 1). Se sabe que el urbanismo aumenta la vulnerabilidad de los humanos y sus propiedades a los desastres naturales. Por ejemplo, en el caso de los Estados Unidos, aunque la mayoría de la población de EE.UU. vivía en ciudades desde 1950, el país continúa urbanizándose. A nivel mundial se espera un aumento del 15 a 20 % de gente que vive en las ciudades del 2000-2030. La población mundial va en aumento se estima que para el 2030 la población humana será de 8 mil millones.

## CONCLUSIONES

1) Los desastres naturales son predecibles a partir de la evaluación científica. Los terremotos, las erupciones volcánicas, los deslizamientos de masa, y las inundaciones son procesos naturales que pueden ser identificados y estudiados usando el método científico y los procedimientos geológicos; además esos eventos pueden ser monitoreados y cartografiados y entender su actividad futura y relación con eventos pasados del registro geológico.

2) El análisis del riesgo es un componente importante del entendimiento de los efectos de los procesos terrestres. Los peligros geológicos son procesos que pueden someterse al análisis de riesgo a partir del cual se estima la probabilidad de que un evento de esa naturaleza pueda ocurrir y los efectos que pueden llegar a tener en la sociedad.

3) Existe una conexión entre los diferentes sistemas terrestres. Se sabe que los desastres naturales están ligados a la dinámica del planeta Tierra y que todos los eventos están interconectados de tal forma un eventos puede dar origen a varios peligros geológicos y estos derivar en diferentes riesgos. Ejemplo de esto es la interconexión que existe entre los terremotos y los deslizamientos de masa; o también los tsunamis y los terremotos, los huracanes y las inundaciones. De ahí la relación que se maraca en la figura XX de las conexión que existe entre los diferentes desastres naturales, los peligros y riesgos.

4) Los eventos que han producido desastres con anterioridad en la actualidad producen catástrofes. La magnitud o tamaño de un evento o fenómeno natural así como su frecuencia (o que tan frecuentemente ocurre) puede estar influenciado por las actividades humanas (efecto antropogénico). Como consecuencia del aumento de población humana, unido a las malas prácticas de planeación urbana los eventos o fenómenos naturales que venían causando desastres de escalas ‘normales’ ahora producen desastres de dimensiones enormes considerándose verdaderas catástrofes.

5) Los costos de los desastres pueden minimizarse. El potencial adverso del alto costo y los efectos destructivos de un desastre natural pueden minimizarse siempre y cuando se aplique un procedimiento holístico que forzosamente debe de incluir el entendimiento científico, la planificación y regulación del uso del suelo, la ingeniería de construcción y un procedimiento proactivo en la preparación.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Longoria, J.F., 2003, Natural Disasters: Threat and Challenge to Sustainable Development: Prospectiva: Seminario Internacional. Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable para el Siglo XXI: El Papel de las universidades en regiones petroleras. 2-7 Junio, 2003, Ciudad del Carmen, Campeche, México. Universidad Autónoma del Carmen, Colección Especial 6, Memorias, p.201-210.
- 2) Longoria, J.F. 2006, Los desastres naturales. Parte 1: Causa y efecto. Nuestra Tierra, Nr. 6, p. 3-6.
- 3) Longoria, J.F., 2007, Los desastres naturales. Parte 2: La influencia de la humanidad en los desastres naturales. Nuestra Tierra, Nr. 7, p. 11-14.