

EVALUACION DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO

"Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo"

Omar Darío Cardona A.

Resumen

Fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico tales como terremotos, erupciones volcánicas, movimientos en masa, maremotos, inundaciones, huracanes, etc. o posibles eventos desastrosos originados por tecnologías peligrosas tales como accidentes provocados por el hombre o por fallas técnicas, representan un peligro latente que bien puede considerarse como una amenaza para el desarrollo social y económico de una región un país.

El riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre **dichos** elementos. Medidas estructurales, como el desarrollo de obras de protección y la intervención de la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo, y medidas no estructurales, como la regulación de usos del suelo, la incorporación de aspectos preventivos en los presupuestos de inversión y la realización de preparativos para la atención de emergencias pueden reducir las consecuencias de un evento sobre una región o una población.

Este documento intenta describir conceptual y metodológicamente la manera de evaluar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Reflexiona acerca del nivel de resolución o detalle que se debe tener en cuenta en la elaboración de instrumentos tales como mapas, que serán utilizados para la toma de decisiones dentro del proceso de planificación del territorio. Relaciona el alcance de la apreciación del evaluador y la resolución del instrumento de planificación con el nivel de riesgo que las autoridades y la sociedad consideran como "aceptable" para definir medidas de mitigación, su eficiencia y su orden de prioridades; y

finalmente, especula acerca de las posibles implicaciones jurídicas que tienen las apreciaciones del evaluador, según su competencia en cada etapa.

Características de los Desastres

Un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o datos severos sobre el medio ambiente. Esta situación significa la desorganización de los patrones normales de vida, genera adversidad, desamparo y sufrimiento en las personas, efectos sobre la estructura socioeconómica de una región o un país y/o la modificación del medio ambiente; lo anterior determina la necesidad de asistencia y de intervención inmediata.

Los desastres pueden ser originados por un fenómeno natural, provocados por el hombre o ser consecuencia de una falla de carácter técnico en sistemas industriales o bélicos.

Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido, aunque en algunos casos puede controlarse parcialmente. Terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis y huracanes son ejemplos de amenazas que aún no pueden ser intervenidas en la práctica, mientras que inundaciones y deslizamientos pueden llegar a controlarse o atenuarse con obras civiles de canalización y estabilización de suelos.

Una lista representativa de los fenómenos naturales que pueden originar desastres o calamidades, es la siguiente:

- . Terremotos

- . Tsunamis

- . Volcanes

- . Huracanes

- . Inundaciones

- . Derrumbes

- . Sequias

- . Desertificación

- . Deforestación

- . Epidemias

Estos fenómenos son los básicos, pues en ocasiones generan otros efectos, como el caso de las avalanchas o lanares y las lluvias o flujos de material piroclástico que están directamente asociados con el fenómeno volcánico. La mayoría de estos fenómenos ocurren en forma cataclásica, es decir súbitamente y afectan un área no muy grande; sin embargo hay casos como la desertificación y las sequías, los cuales ocurren durante un largo periodo y sobre áreas extensas en forma casi irreversible.

Los desastres de origen antrópico pueden ser originados intencionalmente por el hombre o por una falla de carácter técnico, la cual puede desencadenar una serie de fallas en serie causando un desastre de gran magnitud.

Entre otros desastres de origen antrópico pueden mencionarse los siguientes:

- . Guerras

- . Terrorismo

- . Explosiones

- . Incendios

- . Accidentes

- . Contaminación

- . Colapsos

- . Impactos

En general existe una diversidad de posibles desastres de origen tecnológico. En la actualidad, los centros urbanos y los puertos ofrecen una alta susceptibilidad a que se presenten este tipo de eventos debido a la alta densificación de la industria, de la edificación y de los medios de transporte masivo de carga y población.

Efectos de los Desastres

Los efectos que puede causar un desastre varan dependiendo de las características propias de los elementos expuestos y de la naturaleza del evento mismo. El impacto puede causar diferentes tipos de alteraciones. En general pueden considerarse como elementos bajo riesgo la población, el medio ambiente y la estructura física representada por la vivienda, la industria, el comercio y los servicios públicos.

Los efectos pueden clasificarse en pérdidas directas e indirectas. Las pérdidas directas están relacionadas con el dano físico, expresado en víctimas, en danos en la infraestructura de servicios públicos, en las edificaciones, el espacio urbano, la industria, el comercio y el deterioro del medio ambiente, es decir, la alteración física del hábitat.

Las pérdidas indirectas generalmente pueden subdividirse en efectos sociales tales como la interrupción del transporte, de los servicios públicos, de los medios

de información y la desfavorable imagen que puede tomar una región con respecto a otras; y en efectos económicos que representan la alteración del comercio y la industria como consecuencia de la baja en la producción, la desmotivación de la inversión y la generación de gastos de rehabilitación y reconstrucción.

En un amplio número de países en desarrollo, como los países de América Latina, se han presentado desastres en los cuales han muerto miles de personas y se han perdido cientos de millones de dólares en veinte o treinta segundos. Eventos cuyos costos directos y obviamente indirectos pueden llegar a cifras en muchos casos incalculables, que equivalen a un inmenso porcentaje de su Producto Interno Bruto.

Debido a la recurrencia de diferentes tipos de desastres, en varios países del continente, se puede llegar a tener un significativo porcentaje promedio anual de pérdidas por desastres naturales con respecto a su Producto Nacional Bruto. Esta situación, como es obvio, se traduce en empobrecimiento de la población y estancamiento, puesto que implica llevar a cabo gastos no previstos que afectan la balanza de pagos y en general el desarrollo económico.

Las medidas de prevención contra los efectos de los desastres deben considerarse como parte fundamental de los procesos de desarrollo integral a nivel regional y urbano, con el fin de reducir el nivel de riesgo existente. Dado que eventos de esta características pueden causar grave impacto en el desarrollo de las comunidades expuestas, es necesario enfrentar la ejecución de medidas preventivas versus la recuperación posterior a los desastres, e incorporar los análisis de riesgo a los aspectos sociales y económicos de cada región o país.

Marco Conceptual

El impacto de los desastres en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un amplio número de publicaciones desarrolladas por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes en forma diferente,

aunque en la mayoría de los casos de una manera similar. La UNDRO en conjunto con la UNESCO promovió una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones que ha sido ampliamente aceptada en los últimos años (UNDRO 1979). Entre otros conceptos, el reporte de dicha reunión "Desastres Naturales y Análisis de Vulnerabilidad" incluye los siguientes:

AMENAZA O PELIGRO (HAZARD - H), definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

VULNERABILIDAD (V), como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin dado a 1 o pérdida total.

RIESGO Específico (SPECIFIC RISK -RS), como el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la Amenaza y la Vulnerabilidad.

ELEMENTOS BAJO RIESGO (E), como la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

RIESGO TOTAL (TOTAL RISK - Rut), como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de evento desastroso, es decir el producto del Riesgo Específico (RSS) y los elementos bajo riesgo (E).

En otras palabras la evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general:

$$Rut = (E)(RSS) = (E)(H \cdot V)$$

Conservando esta conceptualización propuesta por el grupo de expertos reunidos en 1979, el autor propuso en 1985 en el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismóloga - IZIIS, de Skopje Yugoslavia, eliminar la variable Exposición (E) por considerarla implícita en la Vulnerabilidad (V), sin que esto modificara la concepción original. Dicha formulación, entonces, fue planteada de la siguiente manera:

Una vez conocida la amenaza o peligro A, entendida como la probabilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t , y conocida la vulnerabilidad V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto e a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad i , el riesgo R_{ie} puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i ,

$$R_{ie} = f(A, V_e)$$

es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un periodo de tiempo t dado (Cardona 1991).

De una manera más exacta, entonces, pueden distinguirse dos conceptos que en ocasiones han sido equivocadamente considerados como sinónimos pero que son definitivamente diferentes tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo:

a) La Amenaza o Peligro, o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto periodo de tiempo.

b) El Riesgo, o dado, destrucción o pérdida esperada obtenida de la consoliación de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto periodo de tiempo (Spencer 1990).

En términos generales, la "vulnerabilidad" puede entenderse, entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir dado debido a posibles acciones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

La diferencia fundamental entre la amenaza y el riesgo es en que la amenaza está relacionada con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo es relacionado con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales están íntimamente relacionadas no solo con el grado de exposición de los elementos sometidos sino con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento (Fourier 1985).

Enfoque de las Ciencias Naturales y Sociales

El tema de la evaluación de los riesgos y la prevención de desastres ha sido tratado relativamente desde hace pocos años a nivel internacional. Su conceptualización y análisis sistemático prácticamente lo iniciaron los especialistas de las ciencias naturales con estudios acerca de fenómenos geodinámicas, hidrometeorológicos y tecnológicos tales como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, huracanes, inundaciones, accidentes industriales, etc. En otras palabras, durante la mayor parte del tiempo y en particular en los primeros años el énfasis se dirigía hacia el conocimiento de las "amenazas" por el sesgo investigativo y académico de quienes generaron las primeras reflexiones sobre el tema.

Es importante mencionar que aún se conserva este énfasis, en particular en los países más avanzados, donde por su desarrollo tecnológico se intenta conocer con mayor detalle los fenómenos generadores de las amenazas. Esta marcada tendencia ha sido evidente durante los primeros años del "Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales" declarado por la Organización de las Naciones Unidas para los últimos años del milenio.

Si lo que se pretende es la estimación del riesgo, indudablemente el estudio y la evaluación de la amenaza es un paso de fundamental importancia; sin embargo, para lograr dicho propósito es igualmente importante el estudio y el análisis de la vulnerabilidad. Por esta razón, varios especialistas, posteriormente, empezaron a impulsar la necesidad de estudiar la "vulnerabilidad física", la cual básicamente fue relacionada con el grado de exposición y la fragilidad o capacidad de los elementos expuestos a la acción de los fenómenos.

Este último aspecto permitió ampliar el trabajo a un mito multidisciplinario debido a la necesidad de involucrar a otros profesionales tales como ingenieros, arquitectos, economistas y planificadores, quienes paulatinamente han encontrado de especial importancia la consideración de la amenaza y la vulnerabilidad como variables fundamentales para la planificación física y la normas de construcción de vivienda e infraestructura.

No obstante lo anterior, el enfoque es todavía muy "tecnocrático" porque sigue siendo altamente dirigido hacia el detonante del desastre: la amenaza, y no hacia a las condiciones que favorecen la ocurrencia de la crisis, que no son exclusivamente las condiciones de vulnerabilidad física sino las de "vulnerabilidad social". En los países en desarrollo la vulnerabilidad social es, en la mayoría de los casos, la causa de las condiciones de vulnerabilidad técnica. A diferencia de la amenaza que actúa como detonante, la vulnerabilidad social es una condición que permanece en forma continua en el tiempo y esta íntimamente ligada a los

aspectos culturales y al nivel de desarrollo de las comunidades (Masare 1989 y Medina 1992).

Solo en los últimos años especialistas de las ciencias sociales se han interesado por el tema, razón por la cual aún existen grandes vacos que impiden un entendimiento completo de los problemas de riesgo y sus verdaderas posibilidades de mitigación. La lectura acerca de la vulnerabilidad y el riesgo de los geofísicos, hidrólogos, ingenieros, planificadores, etc. puede llegar a ser muy diferente de la lectura que tienen las personas y las comunidades expuestas. Por esta razón es necesario profundizar, también, el conocimiento acerca de la percepción individual y colectiva del riesgo e investigar las características culturales, de desarrollo y de organización de las sociedades que favorecen o impiden la prevención y la mitigación; aspectos de fundamental importancia para poder encontrar medios eficientes y efectivos que logren reducir el impacto de los desastres en el mundo.

Un enfoque sociológico de los desastres y del riesgo podrá llegar a ser más ambicioso y prometedor, en particular, en los países en desarrollo en donde los modelos tradicionales de planificación no han arrojado resultados satisfactorios debido a la dinámica de sus eventos sociales. Un planeamiento basado en prospectiva y alertas tempranas podrá ser un camino interesante para explorar, dado que permitirá adelantarse a las crisis y mitigar los eventos detonantes o las condiciones de vulnerabilidad que favorezcan la ocurrencia de las mismas.

Evaluación de la Amenaza

Como se definió con anterioridad, la amenaza es relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un periodo de tiempo.

Desafortunadamente, debido a la complejidad de los sistemas físicos en los cuales un gran número de variables puede condicionar el proceso, la ciencia aún no cuenta con técnicas que le permitan modelar con alta precisión dichos sistemas y por lo tanto los mecanismos generadores de cada una de las amenazas. Por esta razón, la evaluación de la amenaza, en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilístico con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados.

En otras palabras, para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un periodo de exposición, es necesario contar con información, la más completa posible, acerca del número de eventos que han ocurrido en el pasado y acerca de la intensidad que tuvieron los mismos.

La amenaza sísmica, por ejemplo, para un sector de una ciudad podrá expresarse en términos del valor de la probabilidad que durante un lapso, digamos de 100 años, se pueda presentar un terremoto que genere una aceleración pico del suelo igual o superior, supongamos, al 30% de la aceleración de la gravedad (g). El valor de la amenaza, en este caso, será el valor de la probabilidad, es decir, un valor que puede estar entre cero y uno. En términos probabilísticos un valor cercano a uno significara que existe casi la certeza o una alta posibilidad de que durante el tiempo de exposición definido, 100 años, se presente un evento que genere una aceleración en ese sector de la ciudad igual o superior a la aceleración de referencia, 30% g ; como por el contrario, si el valor se llegara acercar a cero, su interpretación será que es muy poco posible que se presente un terremoto que genere en ese sector de la ciudad una aceleración de esa intensidad durante el periodo de exposición antes mencionado.

El valor de la amenaza obtenido de esta manera permite tomar decisiones en términos, por ejemplo, de las especificaciones sismo-resistentes que deben

cumplir las edificaciones en los diferentes sectores de la ciudad, las cuales deben construirse de acuerdo con las aceleraciones potenciales que probablemente tendrán que soportar durante su vida tal.

Es importante diferenciar la amenaza del evento que la caracteriza, puesto que la amenaza significa la potencialidad de la ocurrencia de un evento con cierto grado de severidad, mientras que el evento en sí mismo representa al fenómeno en términos de sus características, su dimensión y ubicación geográfica.

Igualmente, es importante diferenciar entre un "evento posible" y un "evento probable", puesto que el primero se refiere a un fenómeno que puede suceder, mientras que el segundo se refiere a un fenómeno esperado debido a que existen razones o argumentos tecnico-científicos para creer que ocurrir o se verificar en un tiempo determinado. Estos conceptos están íntimamente relacionados con calificativos como "máximo posible" y "máximo probable" cuya diferenciación es básicamente la misma.

Por otra parte, es común en la literatura técnica utilizar el concepto de "periodo de retorno" o intervalo de recurrencia de un evento, que corresponde al tiempo "promedio" entre eventos con características similares en una región. Este es un concepto estadístico importante de tener en cuenta, ya que en ocasiones se tiene la idea errónea de que este intervalo es determinístico; como ejemplo, si el periodo de retorno de una erupción volcánica, por ejemplo, es de 250 años y hace diez que se presenta, esto no significa que falten otros 240 años para que se repita (Bisque 1984).

En resumen, evaluar la amenaza es "pronosticar" la ocurrencia de un fenómeno con base en: el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede ser a corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios; a mediano plazo, basado en la información probabilística de parámetros indicadores, y a largo plazo, basado en la determinación del evento

máximo probable en un periodo de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del area potencialmente afectable.

Este tipo de evaluación es realizada por instituciones técnicas y científicas relacionadas con campos afines a la geología, la hidrometeorología y los procesos tecnológicos, las cuales de acuerdo con estudios que varan desde estimaciones generales hasta análisis detallados, plasman en mapas de diferentes escalas la cuantificación de la amenaza y llevan a cabo una "zonificación" en la cual, mediante un proceso de determinación de la misma en varios sitios, delimitan areas homogéneas o zonas de amenaza constante. A este tipo de cartografía se le conoce como mapas de amenaza, los cuales son un insumo de fundamental importancia para la planificación física y territorial (Fig.3).

Por otra parte, cuando los pronósticos pueden realizarse en el corto plazo, es común darle a este proceso el nombre de "predicción". Esta técnica, mediante la cual se pretende determinar con certidumbre cuando, donde y de que magnitud sera un evento, es fundamental para el desarrollo de sistemas de alerta, cuyo objetivo es informar anticipadamente a la población amenazada acerca de la ocurrencia o inminente ocurrencia de un fenómeno peligroso (Nacional Academia of Sienes 1975). Su aplicación permite, en general, caracterizar un evento como previsible o imprevisible a nivel del estado del conocimiento.

Análisis de la Vulnerabilidad

Tal como se definió con anterioridad, la vulnerabilidad corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado o a sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento externo sobre los mismos.

La vulnerabilidad, en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en

términos físicos y funcionales, como por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los datos o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda que prácticamente solo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que es relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.

En consecuencia, un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.

Los elementos bajo riesgo son el contexto social y material representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza.

Este tipo de evaluaciones deben ser realizadas por entidades o profesionales de diversas disciplinas. Estudios acerca de la vulnerabilidad física y funcional, por ejemplo, deben ser realizados por ingenieros, arquitectos y planificadores, y evaluaciones de la vulnerabilidad social deben ser desarrolladas en forma multidisciplinaria por parte de economistas, sociólogos, médicos, socorristas y planificadores, entre otros.

Por ejemplo, la evaluación de la capacidad sismo-resistente de edificaciones o de obras civiles existentes, es un caso de análisis de vulnerabilidad física desde el punto de vista sísmico; la determinación del nivel de exposición de viviendas y de infraestructura, y su capacidad para soportar una inundación, es un ejemplo de un análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. De otra parte, la evaluación del conocimiento y de la capacidad de una comunidad para actuar correctamente ante la ocurrencia, por ejemplo, de una erupción volcánica, corresponde a un análisis

de vulnerabilidad educativa para el caso volcánico; igualmente, el análisis de la capacidad de reacción de personal de socorro, y de la capacidad hospitalaria ante una demanda masiva de servicios médicos, corresponde a un análisis de vulnerabilidad institucional y funcional para atender un desastre.

Estimación del Riesgo

El riesgo, como ya se mencionó, se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Por lo tanto, el riesgo puede ser de carácter geológico, hidrológico, atmosférico o, también, tecnológico, dependiendo de la naturaleza de la amenaza a la cual es referido.

Desde el punto de vista físico, el "riesgo específico" es la pérdida esperada en un periodo de tiempo, que puede ser expresada como una proporción del valor o costo de reemplazo de los elementos bajo riesgo. Usualmente, el riesgo específico representa pérdida de vidas, heridos y pérdidas de inversiones de capital. Ahora bien, debido a la dificultad que significa estimar el "riesgo total", o sea la cuantificación acumulativa del riesgo específico de cada uno de los elementos expuestos y para cada una de las amenazas, en general se acepta referirse al riesgo haciendo referencia a un riesgo específico representativo para la región, como por ejemplo: el riesgo por inundación para las cosechas, el riesgo sísmico de las edificaciones, el riesgo de las líneas vitales por deslizamientos, etc.

Adicionalmente, es común que el riesgo sea estimado solamente en términos físicos, dado que la vulnerabilidad social es difícil de evaluar en términos cuantitativos, no con esto queriendo decir que no sea posible estimar, para estos casos, en forma relativa o mediante indicadores "riesgos relativos", que igualmente permiten tomar decisiones y definir prioridades de prevención y mitigación.

De otra parte, una vez evaluado el riesgo y teniendo en cuenta que no es posible reducirlo a cero, para efectos de la planificación y el diseño de obras de infraestructura y de protección es necesario definir un nivel de "riesgo aceptable", o sea un valor admisible de probabilidad de consecuencias sociales y económicas que, a juicio de las autoridades que regulan este tipo de decisiones, se considera lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación física, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas socioeconómicas afines.

En resumen, para evaluar el riesgo deben seguirse tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo.

Al igual que la amenaza, el riesgo también puede plasmarse en mapas. Estos mapas pueden ser, dependiendo de la naturaleza de la amenaza probabilísticos o determinísticos. En este último caso, los mapas de riesgo representan un "escenario", o sea la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un evento de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto (Cardona 1991).

Estos mapas, como puede intuirse, no solo son de fundamental importancia para la planificación de la intervención de la amenaza y/o la vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo, sino también para la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias. Es importante anotar que un plan operativo elaborado con base en un mapa de riesgo es mucho más eficiente que si se realiza sin conocer dicho escenario de efectos potenciales, dado que este último permite definir procedimientos de respuesta más precisos para atender a la población en caso de desastre.

Alcance y Resolución de los Estudios

De los apartes anteriores puede concluirse que la evaluación de la amenaza en particular es un insumo fundamental para el ordenamiento territorial o la planeación física, especialmente cuando se trata de determinar la aptitud ambiental de posibles zonas de expansión urbana o de localización de nueva infraestructura. Sin embargo, dicha evaluación es solo una etapa para la determinación del riesgo; estimación que se requiere necesariamente para la definición y aplicación de medidas de mitigación, debidamente justificadas en términos sociales y económicos dentro de la planeación física y sectorial.

Ya que no existen criterios unificados para este tipo de evaluaciones, no es raro encontrar metodologías diversas, muchas de ellas altamente cualitativas o de alcance parcial. Por esta razón, por ejemplo, es más común encontrar estudios acerca de amenazas que estudios acerca de riesgos, o estudios de amenaza que no son consistentes con el nivel de resolución posible de aplicar en los análisis de vulnerabilidad. Esta situación se presenta por la definición unilateral del alcance de los estudios por parte de profesionales de una sola disciplina como la geología, la sismología, la hidrometeorología, etc.; sin tener en cuenta la participación de otros profesionales tales como ingenieros, sociólogos, economistas, planificadores, etc., que deben contribuir en la definición de los objetivos para los cuales se llevan a cabo los estudios.

Muchos estudios de amenaza no contribuyen en forma significativa a la evaluación del riesgo, debido a que no permiten cuantificar realmente la potencialidad de ocurrencia del fenómeno. Un ejemplo de lo anterior son algunos mapas de amenaza volcánica o por deslizamientos, que más bien son mapas de zonificación de depósitos o de susceptibilidad relativa, debido a que no cuantifican en términos estocásticos la probabilidad de ocurrencia de un evento específico durante un periodo de exposición determinado o debido a que la valoración de las variables consideradas es altamente subjetiva (Boston 1978).

En resumen, el alcance de los estudios y el tipo de metodología para la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo dependen de:

- La escala del espacio geográfico involucrado;
- El tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar;
- La información disponible, factible y justificable de conseguir;
- La importancia económica y social de los elementos expuestos; y
- La consistencia entre los niveles de resolución posibles de obtener en cada etapa de la evaluación.

Es importante mencionar que herramientas como los sistemas de información geográfica pueden facilitar significativamente la elaboración de mapas mediante superposiciones, valoración de variables, retículas, etc. Sin embargo, estas herramientas no son la panacea, puesto que previamente es necesario haber concebido la metodología para la evaluación. Por otra parte, no siempre es necesario utilizar mapas; métodos como los empleados para la evaluación de impactos ambientales, tales como listas de chequeo, matrices, redes, análisis de costo/efectividad/beneficio y modelaciones multidimensionales podrán adaptarse para la estimación del riesgo.

Riesgo Aceptable

Exceptuando algunos valores cuantitativos utilizados por algunos cuerpos legislativos del oeste norteamericano, que en conjunto no constituyen un grupo firme de precedentes, puede decirse que prácticamente no existen leyes que establezcan un "valor" de riesgo aceptable, que en términos generales es aquel que las comunidad está dispuesta a asumir a cambio de determinada tasa o nivel de beneficios.

Este concepto lo ilustra por ejemplo la decisión de una comunidad, una vez conocido el mapa de tránsito de crecientes de un río, de aceptar la posible pérdida de una cosecha al utilizar para la agricultura cierta zona aledaña al cauce debido a que dicha pérdida le resulta menos desfavorable que desaprovechar la capacidad productiva de la misma (UNDRO 1983). En este caso la decisión depende de la recurrencia de las inundaciones que cubren la zona y de la resiliencia del suelo productivo.

En el diseño de las obras de ingeniería ha sido común utilizar este concepto en forma implícita con el fin de lograr un nivel de protección y seguridad que justifique la inversión teniendo en cuenta como referencia la vida tal de la obra. Para el efecto se utilizan factores de seguridad que en términos probabilísticos cubren "razonablemente" la incertidumbre de la posible magnitud de las acciones externas, la imprecisión de la modelación analítica y la aproximación de las hipótesis simplificadoras (Cardona 1990).

Varios investigadores han tratado de evaluar cuanto de riesgo puede considerarse como "razonable", "factible" o "aceptable". Estadísticas de mortalidad realizadas por Trevor Clea indican que una persona corre el mismo riesgo morir en las siguientes situaciones: recorriendo 6500 km en automóvil, fumando 100 cigarrillos diarios, escalando por dos horas, trabajando en la industria química durante un año, o siendo simplemente una persona de sesenta años durante treinta y seis horas. Otro análisis realizado por el mismo profesor inglés indica que si fuera posible eliminar todas las otras causas de muerte, la esperanza de vida promedio será de: 6000 años para un trabajador en una siderúrgica, 300 años para el conductor de una moto y 10.000 millones de años si se considerara como única causa de muerte el hecho de ser alcanzado por un rayo (Verger 1983).

Teniendo en cuenta la causa, Estar (Estar 1969) propuso diferenciar el riesgo a morir por actividades voluntarias del asociado con actividades involuntarias. El primero se refiere a situaciones en las cuales un individuo se expone más o menos

conscientemente o usa su propio sistema de valores para evaluar de acuerdo con su experiencia su exposición, la cual ajusta normalmente en forma inconsciente. Por ejemplo manejar un automóvil, fumar, viajar en un avión comercial, practicar un deporte, etc. El riesgo que se calcula puede ser del orden de 100 muertes promedio por millón de personas anualmente. En el segundo, los individuos están expuestos, sin tener un control razonable sobre el riesgo, razón por la cual los criterios y las opciones de protección son determinadas no por los individuos afectados sino por un cuerpo controlador según las presiones de la sociedad.

Según el estudio de Estar, la comunidad desea que los riesgos involuntarios, tales como los desastres, sean alrededor de 100 a 10.000 veces menores que los voluntarios. Es decir, que para una catástrofe el número de muertes podrá estar entre 1 y 0.01 por millón de personas expuestas anualmente (Chiman 1975). De acuerdo con esta apreciación, Pidgins y Moran sugirieron que 0.1 podrá ser el valor usado como aceptable para el caso de los terremotos y otros desastres igualmente severos (Pidgins 1970).

La sociedad debe decidir cómo asignar los recursos disponibles entre las diferentes formas de dar seguridad para la vida y proteger el medio ambiente. De una u otra forma los beneficios anticipados de diferentes programas de protección deben compararse con el costo económico que significa la implementación de dichos programas. Existe un punto de equilibrio a partir del cual no se justifica una mayor protección, que bien puede ser utilizado como límite ideal a partir del cual puede transferirse la pérdida a los sistemas de seguros.

Protección e Incertidumbre

Evaluar pérdidas futuras es algo incierto, razón por la cual usualmente se recurre a alguna medida probabilística para la realización de un estudio de esta naturaleza. Los riesgos pueden expresarse en pérdidas promedio de dinero o de vidas por año, sin embargo debido a que eventos de gran intensidad son hechos muy raros, las pérdidas promedio para este tipo de eventos, tan poco frecuentes, pueden no

dar una imagen representativa de las grandes pérdidas que podrán estar asociadas a los mismos. Esta dificultad puede resolverse determinando para un límite de pérdida la probabilidad de que este sea igualado o sobrepasado. Un ejemplo puede ser la probabilidad de que el costo de los datos y reparaciones en un sitio sobrepase una cifra de mil millones de pesos como consecuencia de por lo menos un evento en los próximos cincuenta años. Este límite que podrá también expresarse en términos de víctimas humanas o de fallas en las edificaciones.

Una metodología ampliamente utilizada para la determinación indirecta del nivel de riesgo es el análisis de costo y beneficio, en el cual se relaciona el dado con el peligro para la vida. En áreas altamente expuestas donde ocurren con frecuencia eventos de dimensiones moderadas, cualquier aumento en los costos de mitigación se verá compensado por la reducción en los costos causados por datos (Mora 1978). Sin embargo, en áreas menos expuestas los requisitos de mitigación se pueden justificar solo en términos de seguridad para la vida, pues los ahorros esperados en datos por eventos que ocurren con muy poca frecuencia no son lo suficientemente cuantiosos para justificar un aumento en los costos de la mitigación.

Comúnmente, los riesgos que resultan de la frecuente ocurrencia de un número menor de fatalidades tienden a generar menos aversión al riesgo que hechos poco frecuentes pero con grandes impactos, aunque las sumas de las fatalidades de ambas causas sean comparables. En otras palabras, la percepción del riesgo no es lineal o simplemente existen otros valores que son muy importantes para la sociedad tales como los costos ecológicos y los costos económicos directos e indirectos relacionados con el evento. Para el público en general no es desconocido que el número de muertes causadas por accidentes de tránsito supera ampliamente al causado por eventos tales como los terremotos, las erupciones volcánicas, u otros fenómenos similares.

La aplicación de medidas preventivas no garantiza una confiabilidad del 100% de que no se presenten consecuencias, razón por la cual el riesgo no puede eliminarse totalmente. Su valor por pequeño que sea, nunca ser nulo; por lo tanto siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas. A todo valor que supere dicho límite se le cataloga como un riesgo incontrolable, y su diferencia con el mismo se le considera como un riesgo admisible o aceptable. Por ejemplo, las obras de ingeniería que se realizan para impedir o controlar ciertos fenómenos, siempre han sido diseñadas para soportar como máximo un evento cuya probabilidad de ocurrencia se considera lo suficientemente baja, con el fin de que la obra pueda ser efectiva en la gran mayoría de los casos, es decir para los eventos más frecuentes. Esto significa que pueden presentarse eventos poco probables que no podrán ser controlados y para los cuales resultara injustificado realizar inversiones mayores.

Estos enfoques no toman decisiones por sí mismos, las decisiones se toman mediante procesos administrativos y judiciales. Al proponer y sancionar leyes los cuerpos legislativos han demostrado cada vez mayor interés en los estudios técnicos, sin embargo ponen de manifiesto que no desean verse obligados por sus resultados y es comprensible que cualquier administrador o legislador dude en respaldar explícitamente como aceptable cualquier riesgo que no sea cero. En última instancia los legisladores y los administradores se guían por sus propias perspectivas y por los deseos de la sociedad.

Responsabilidad Técnica

La sociedad toma sus propias decisiones en información fragmentada y proveniente de muchos puntos de vista diferentes. La gente, tanto de manera individual como colectiva, simplemente no percibe el riesgo de una manera cuantitativa; la sociedad es fuertemente influenciada por dirigentes a quienes se les puede creer. Si los dirigentes pueden ser influenciados por estudios técnicos,

la sociedad también se ver influenciada por ellos indirectamente (Applied Technology Council 1978).

Con frecuencia los tribunales se convierten en los jueces finales de si un curso de acción propuesto para reducir el riesgo es aceptable o no. La lección que se ha aprendido es que hay que equiparar la severidad de los reglamentos con la severidad del riesgo. Los tribunales se cimen al principio de la persona razonable que lucha para lograr este balance y utiliza información para respaldar el hallazgo del equilibrio apropiado.

En términos legales, un "acto fortuito" o de "fuerza mayor" es un evento sobre el cual no se tiene control. Sin embargo, aunque en cierto sentido algunos fenómenos no puedan ser controlados, el estado del conocimiento actualmente permite que muchos de ellos puedan ser "pronosticados" y que sus efectos, bajo ciertas circunstancias, puedan ser "mitigados" o prevenidos parcialmente. Por esta razón, dentro de la legislación de algunos estados norteamericanos como California, Utah, Washington y Alaska, este argumento no es aceptado para la defensa en casos de desastre, incluidos eventos como los terremotos (Parkings 1989).

Tradicionalmente las instituciones del estado han sido protegidas por una inmunidad derivada de las nociones inglesas de que "El rey hace, no se equivoca" y de que el hacedor de la leyes no puede ser procesado por las leyes creadas por él. Sin embargo, dicha inmunidad en la mayoría de los países se ha reducido significativamente. En Estados Unidos, la ley explícitamente acepta inmunidad para las entidades del estado y sus funcionarios solo durante situaciones de emergencia declaradas.

Los actos fortuitos, denominados "Actos de Dios" en otras legislaciones, solo pueden ser utilizados para la defensa en dos situaciones muy limitadas: 1) Si el evento fue de tal tipo o dimensión que pueda demostrarse que no era posible pronosticarlo y que no se obra en forma negligente en caso de un evento

pronosticable; o 2) Si el evento es pronosticable, se demuestra que se tomaron todas las acciones consideradas como "razonables" para prevenir sus efectos, no obstante se hubiesen presentado datos.

Un proceso judicial de responsabilidades por negligencia u omisión de esta naturaleza usualmente involucra tres pasos: 1) El análisis de decisiones previas o juicios que hayan tratado casos similares, con el fin de conocer como la sociedad expresó su actitud en el pasado; 2) La evaluación de varios puntos de vista acerca de las pruebas que soportan la evidencia, lo cual pretende encontrar posible argumentos que desacrediten o fortalezcan la demanda; y 3) El juicio de los valores comparativos mediante el peso de las evidencias presentadas por las partes, lo que debe permitir de acuerdo con la preponderancia de la evidencia o de acuerdo con la versión más probable de los hechos la decisión final del proceso (Copulad 1989).

Un análisis más detallado respecto a las implicaciones jurídicas de las acciones de los funcionarios o empleados de las instituciones involucradas con la evaluación y mitigación del riesgo en sus diferentes etapas es fuera del alcance de este documento. Sin embargo las experiencias en otros países y la responsabilidad que actualmente establece la ley deben ser motivo de reflexión acerca del tipo de estudios, afirmaciones y papeles de los funcionarios y por tanto de las instituciones. Algunos interrogantes para la discusión podrán ser:

-Que significa alto, medio y bajo en términos de amenaza y riesgo y quien debe definir dichos calificativos y su respectiva asignación a una zona?

-Que responsabilidades se asumen cuando se traza una línea divisoria entre dos zonas de amenaza o riesgo consideradas como diferentes para efectos de reglamentación?

-Que implica desestimar o sobreestimar un peligro no por deficiencia en la información sino como consecuencia de la falta de conocimiento o actualización profesional?

-Como se debe pesar el riesgo de una falsa alarma con el riesgo de exponer a una comunidad cuando existen elementos de predicción?

-Que implica no informar a la población acerca del grado de amenaza o riesgo al cual ella es sometida o simplemente informarle y no promover la aplicación de medidas preventivas?

A Propósito de la Planeación del Desarrollo

La innovación en términos técnicos e ideológicos (i.e. conocimiento del ambiente, descentralización administrativa), indica la necesidad de una apertura a nuevos enfoques de regionalización que superen la tradicional forma de planeación, la cual por muchos años ha sido condicionada por conceptos simplificadores de la economía y la programación lineal.

El propósito del ordenamiento territorial, por ejemplo, debe ser la formulación de orientaciones que conviene adaptar como objetivos para la conformación de un territorio y su desarrollo; integrando los espacios, la población y los potenciales de producción. Un proceso como este implica algo más elaborado que la localización básica de infraestructuras productivas, propuestas a través de una proyección econométrica y una programación económica y financiera, puesto que internaliza la dimensión de bienestar social de los pobladores (acceso a los servicios, empleo, etc.), la cual debe ser objeto de desarrollo y no de simple crecimiento.

La planeación del desarrollo solo puede tener consistencia si se llevan a cabo programas económicos y sociales vertidos sobre un espacio geográfico respecto al cual se tiene una clara visión del ordenamiento territorial a mediano y largo plazo. Es decir, si existe una coherencia y simultaneidad de los diversos tipos de

planeación y programación sectorial con las diversas escalas de ordenamiento del territorio (Copulad 1989).

Desde el punto de vista de la planeación física (regional, urbana) los análisis geográficos, geológicos, ecológicos, de infraestructura, etc. y por lo tanto de amenaza, vulnerabilidad y riesgo deben ser los más completos posibles, puesto que son determinantes para la orientación de los usos potenciales del suelo y para la definición de intervenciones sobre el medio natural y los asentamientos humanos. Igualmente, desde el punto de vista de la planeación sectorial (administrativa, social, económica), es fundamental la definición de responsabilidades para contribuir a que se impongan ciertas medidas generales (legales, administrativas, fiscales, financieras, etc.) que permitan que la potencialidad de los usos del suelo sea respetada y que las intervenciones se ejecuten debidamente, de tal manera que se puedan en grandes líneas alcanzar los resultados proyectados.

En resumen, un enfoque moderno de la planeación del desarrollo, debe proponer la definición de una imagen-objetivo dentro de un área con sus elementos, teniendo en cuenta que sus pasos deben realizarse en forma concertada entre los responsables, quienes de acuerdo con su competencia deben reglamentar usos y realizar intervenciones a través de la definición de instrumentos administrativos, jurídicos y fiscales.

Conclusiones

El poder conocer que tipo de eventos pueden presentarse en el futuro en una región determinada, aunque no se conozca con exactitud cuándo exactamente pueden ocurrir, es una actividad de fundamental importancia para orientar el desarrollo de una región, de tal manera que el impacto de dichos eventos sea el mínimo posible y que no signifiquen un trastorno para el desarrollo social y económico de la misma.

El conocer los efectos potenciales y/o pérdidas que pueden presentarse en el contexto social y material permite que dentro de los planes de desarrollo y los programas de inversión se puedan definir medidas que eviten o atenúen las consecuencias de los futuros desastres, bien sea mediante la intervención en la ocurrencia del evento, en el caso de que esto sea posible, o modificando las condiciones que propician que los efectos del mismo se presenten.

En la actualidad, desde el punto de vista metodológico, es ampliamente aceptado que el riesgo se obtiene relacionando la probabilidad de ocurrencia del fenómeno que lo genera, denominada amenaza, con la predisposición que ofrecen los elementos amenazados a ser afectados por el fenómeno, denominada vulnerabilidad.

Controlar o encauzar el curso físico de un evento, o reducir su magnitud y frecuencia, son medidas relacionadas con la intervención de la amenaza. La reducción al mínimo posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia de los elementos expuestos es una medida relacionada con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos relacionados con planificación del medio, la reglamentación de usos del suelo, seguros, preparativos para la atención de emergencias y educación son medidas de prevención y mitigación, que incorporadas en los planes de desarrollo, están dirigidas a disminuir la vulnerabilidad física, funcional y social.

En consecuencia, solo mediante la incorporación en los procesos de desarrollo de actividades integradas para prevenir o mitigar los efectos de los desastres, es posible reducir el riesgo que los mismos ofrecen para las personas los bienes y servicios. Por esta razón, cualquier proceso de desarrollo debe considerar estos aspectos como parte integral del mismo, pues de lo contrario se aceptara que los desastres son "actos de Dios" o de la mala suerte.

Bibliographya

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL, "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings", Commentary on ATC 3-06 (verse en spools Association Colombiana de Ingenious Seismic AIS), Bogota, Junio 1978.

Bostok, D., "A Deontological Code for Volcanologists?" Editorial, Letters to Editor by Sigvaldason G., Fiske R.S., Barberi F., Gasparini P., Tomblin J.; Journal of Volcanology and Geothermal Research 4, Amsterdam, 1978.

Cardona, Omar Darío, "Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo", Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres ONAD/PNUD/OPS/UNDRO, Bogotá, 1991, p. 3.

----- "El Manejo de Riesgos y los Preparativos para Desastres. Compromiso Institucional para Mejorar la Calidad de Vida", indito para OFDA/AID, Curso para Administración para Desastres I, febrero de 1990.

----- y H. Meyer, "Integrated Urban Seismic Risk Mitigation Project. Its Coordination and Management in Cali, Colombia", Fourth International Conference on Seismic Zonation, EERI, San Francisco, 1991.

Coulaud, P., "El Esquema de Ordenamiento Territorial", Zona de Influencia Nueva Troncal de Occidente 1990- 2010, Corporacion para el Desarrollo de Caldas, Manizales, 1989.

Fiske, R. S., *Volcanologists, Journalists, and the Concerned Local Public: A Tale of Two Crises in the Eastern Caribbean*, Studies in Geophysics: Explosive Volcanism, National Academy Press, Washington D.C., 1984.

Fournier, d'Albe E. M., "The Quantification of Seismic Hazard for the Purposes of Risk Assessment", International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje, November 1985.

Maskrey, Andrew, *El Manejo Popular de los Desastres Naturales. Estudios de Vulnerabilidad y Mitigación*, ITDG, Lima 1989.

Medina Juvenal y Roció Romero (editores), *Los Desastres S Avisan. Estudios de Vulnerabilidad y Mitigación II*, ITDG, Lima, 1992.

Mora, S., "Deslizamientos en el Alto Chicamocha", Informe de Asesora, Proyecto de Mitigación de Riesgos en Colombia, UNDRO/ACDI/ONAD, Bogotá, 1990.

National Academy Of Sciences, *Earthquake Prediction and Public Policy*, Commission on Sociotechnical Systems, National Research Council, Washington, 1975.

Perkins J. B. y otros, "Liability of Local Government for Earthquake Hazards and Losses - A Guide to the Law and its Impacts in the States of California, Alaska, Utah and Washington", ABAG, Oakland, 1989.

Spence, R.J.S., "Seismic Risk Modelling - A review of Methods", contribution to "Velso il New Planning", University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge, 1990.

Starr, C., "Social Benefit vs. Technical Risk", *Science*, American Association for the Advancement of Science, Vol. 165, Sept. 1969.

UNDRO: "El Agua, Recurso y Peligro", Ginebra, 1983.

UNDRO, "Natural Disasters and Vulnerability Analysis", Report of Experts Group Meeting, Geneva, July 1979.

Verger, G., *El Risk Management. Nueva Estrategia Empresarial*, Editorial Hispano Europea, Barcelona 1983.

Whitman, R.V., et al., "Seismic Design Decision Analysis", Journal of the Structural Division, ASCE New York, May 1975.

Wiggins, J. H. y D. F. Moran, "Earthquake Safety in the City of Long Beach Based on the Concept of Balanced Risk", Report, J. H. Wiggins, Co., Redondo Beach California, 1970.

TOMADO DE

<http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>