

CAPÍTULO 2

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

2.1 Dimensionar el riesgo colectivo

Riesgo colectivo significa posibilidad de desastre en el futuro; significa que existe la posibilidad que un fenómeno o suceso peligroso se manifieste y que existe una predisposición o susceptibilidad en los elementos expuestos a ser afectados. Por lo tanto, reducir la vulnerabilidad o la amenaza significa reducir el riesgo; y reducir el riesgo significa reducir la posibilidad de futuros desastres. La gestión del riesgo colectivo involucra cuatro políticas públicas específicas distintas: la identificación del riesgo (que comprende la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva), la reducción del riesgo (prevención-mitigación), el manejo de desastres (respuesta y la reconstrucción), y la transferencia del riesgo (protección financiera). Estas políticas cubren diferentes enfoques disciplinarios, valores, intereses y estrategias, donde necesariamente están involucrados diversos actores sociales. La efectividad de estas políticas se favorece si existe integralidad y gestión interdisciplinar.

Ahora bien, la reducción del riesgo colectivo, significa intervenir los factores que lo generan; el manejo de desastres, significa responder eficientemente cuando el riesgo ya se ha materializado; y la transferencia del riesgo, implica valorarlo en unidades económicas. Por lo tanto, es inevitable para poder hacer gestión del riesgo identificarlo, lo que significa comprender cómo se percibe desde el punto de vista de la sociedad, cómo se representa (modelos, mapas, índices, etc.) y finalmente como se "mide" o se dimensiona.

Psicólogos, sociólogos e historiadores proponen una noción del riesgo, socialmente construida, "constructivista", que se obtiene de la percepción individual, las representaciones sociales y la interacción entre diferentes actores sociales. En contraste ingenieros, geólogos, epidemiólogos geógrafos y economistas adoptan, en general, un punto de vista que algunos de ellos consideran como "realista" u "objetivo", basándose en la hipótesis de que el riesgo se puede cuantificar o evaluar objetivamente.

Es necesario superar el antagonismo entre "objetivismo" y "constructivismo" y confiar más en métodos tanto cualitativos como cuantitativos. La acción o decisión implícita que el concepto de riesgo tiene asociada hace necesario precisar la relación entre la percepción subjetiva del riesgo y la obligatoriedad científica de su objetivización. Debido a la especialización científica la noción de riesgo ha tenido un carácter polisémico, por lo que se ha argumentado la necesidad de encontrar un lenguaje común y proponer una teoría holística del riesgo. Conceptualmente y pragmáticamente es insatisfactorio dejar el asunto como una simple situación relativa y decir que subjetivamente cada persona define y asume el riesgo a su manera. Esta

posición es totalmente inoperante cuando ineludiblemente se tiene que intervenir el riesgo desde el punto de vista de la política pública.

En entornos naturales caracterizados por agentes detonantes extremos, que bien pueden ser sucesos súbitos intensos o procesos de deterioro acelerados que superan umbrales críticos, identificar y estimar el riesgo de los elementos expuestos y analizar su origen y evolución a lo largo del tiempo, permite priorizar el tipo de medidas para neutralizar o reducir dicho riesgo mediante acciones de intervención y planificación.

El poder estimar 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, o bien mediante la intervención de la ocurrencia de suceso potencial, en el caso de que éste sea posible, o modificando las condiciones que propician que los efectos del mismo se presenten.

Metodológicamente, la identificación y análisis de las amenazas de origen natural o antrópico y de la vulnerabilidad física, ambiental, social, económica, cultural, etc., constituyen una herramienta de diagnóstico que facilita clasificar los problemas y deficiencias de desarrollo y priorizar las acciones de carácter político, económico, social y ambiental que deben realizarse para lograr un desarrollo equilibrado.

La elaboración de técnicas de monitoreo y seguimiento de la acumulación territorial y social de la vulnerabilidad y de la gestación de procesos detonantes facilita la aplicación de técnicas de planificación realistas, en forma dinámica, que se ajusten a los cambios producidos como consecuencia de los procesos de intervención o debidos a nuevos factores o sorpresas del entorno natural, económico o social. Un enfoque preventivo y prospectivo de este tipo podría ser prometedor, dado el nivel de incertidumbre e inestabilidad que caracteriza actualmente los procesos de cambio, debido a la imposibilidad de poder proponer planes a mediano y largo plazo que puedan cumplirse sin mayores traumatismos. En muchos países en desarrollo estos aspectos están incidiendo en la dinámica de su crecimiento y progreso. Ante estas características es necesario plantear modelos menos rígidos de planificación, que permitan incorporar de manera más adecuada las incertidumbres, inestabilidades y sorpresas, mediante técnicas de alerta temprana o anticipada de las condiciones del entorno social y de los agentes perturbadores; es decir: una visión preventiva y prospectiva del desarrollo.

2.2 Evaluación de la amenaza

La amenaza está relacionada con la posibilidad de que se desencadene un fenómeno o suceso que pueda afectar a un sujeto o sistema en un sitio y durante un tiempo determinado. El concepto de amenaza implícitamente significa la estimación del potencial de ocurrencia del fenómeno que caracteriza la amenaza, lo que diferencia el fenómeno mismo de la amenaza que implica. Aun cuando es común que en la literatura de los desastres se haga mención al fenómeno como si fuera la amenaza misma, en rigor existe una diferencia fundamental que está relacionada con la factibilidad de que ocurra el evento y su grado de severidad. De hecho, el grado de amenaza está vinculado tanto con la intensidad del evento como con el lapso de tiempo en que se espera pueda

ocurrir o manifestarse el fenómeno que caracteriza la amenaza. La inminencia de un evento severo es relativa a la ventana de tiempo que se utilice como referencia y por lo tanto de ello depende el nivel de amenaza que ofrece el fenómeno considerado a una comunidad o población expuesta. Infortunadamente, debido a la complejidad de los sistemas físicos, en los cuales un gran número de variables puede condicionar el proceso de ocurrencia de un fenómeno, la ciencia aún no cuenta con técnicas que le permitan modelar con alta precisión dichos sistemas y por lo tanto tampoco los mecanismos generadores de las amenazas que estos fenómenos representan. Por esta razón, la evaluación de las amenazas, en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilista 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 síntesis, para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un período 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 podría 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). Un valor de probabilidad cercano a uno (1.0) significaría que existe casi la certeza o una alta posibilidad de que durante el tiempo de exposición definido, 100 años en este caso, se presente un evento que genere una aceleración en ese sector de la ciudad igual o superior a la aceleración de referencia, 30% g. Por el contrario, si el valor se llegara acercar a cero (0.0), su interpretación sería 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 período de exposición antes mencionado. El valor de la amenaza obtenido de esta manera permite tomar decisiones en términos, por ejemplo, de los requisitos sismorresistentes 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 útil.

Ahora bien, es importante diferenciar la amenaza del suceso que la caracteriza, puesto que la amenaza significa la potencialidad de la ocurrencia de un suceso con cierto grado de severidad, mientras que el suceso 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 o que es factible, mientras que el segundo se refiere a un fenómeno esperado debido a que existen razones o argumentos técnico-científicos para creer que ocurrirá o se verificará en un tiempo determinado. Estos conceptos están íntimamente relacionados con calificativos como “máximo posible” y “máximo probable” cuya diferenciación es básicamente la misma. Estas distinciones son importantes para comprender planteamientos que han sido muy comunes en literatura técnica, en particular cuando se hace referencia al “evento de diseño” en ingeniería, sin embargo por su falta de relevancia multidisciplinar, paulatinamente, están entrando en desuso. Por otra parte, es común en la literatura técnica utilizar el concepto de “período

de retorno” o intervalo de recurrencia de un suceso, que corresponde al tiempo “promedio” entre eventos con características similares en una región. Este es un concepto estadístico importante a tener en cuenta, dado que en ocasiones se tiene la idea equivocada que este intervalo es fijo.

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 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 probabilista de parámetros indicadores de ocurrencia, y a largo plazo, basado en la determinación del suceso máximo probable en un período de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área potencialmente afectable. Este tipo de evaluación la realizan usualmente instituciones técnicas y científicas relacionadas con campos afines a la geofísica, la meteorología, la hidrología y los procesos tecnológicos. De acuerdo con estos estudios, que varían desde estimaciones generales hasta análisis detallados, usualmente se plasma en mapas la cuantificación de la amenaza. De esta manera, se realizan "zonificaciones" en las cuales, mediante un proceso de determinación del peligro potencial en varios sitios se delimitan áreas homogéneas o zonas de amenaza constante. Este tipo de cartografía se le conoce como mapas de amenaza, los cuales son un insumo de fundamental importancia para la planificación física u ordenamiento territorial. Por otra parte, cuando los pronósticos se pueden realizar en el corto plazo, es común darle a este proceso el nombre de "predicción". Esta técnica, mediante la cual se pretende determinar con certidumbre cuándo, dónde y de qué magnitud será un suceso, es fundamental para el desarrollo de sistemas de alerta temprana, cuyo objetivo es informar en forma anticipada a la población amenazada acerca de la ocurrencia o inminente manifestación de un fenómeno peligroso. Su aplicación permite, en general, caracterizar un evento como previsible o imprevisible a nivel del estado del conocimiento.

De los apartes anteriores se puede concluir 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 sólo 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. Debido a 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. Situación que 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 hidrología, 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 factibilidad 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 período de exposición determinado o debido a que la valoración de las variables consideradas es altamente subjetiva.

2.3. Análisis de riesgo

El análisis de riesgo y los conceptos de seguridad y confiabilidad, sin duda, han sido aportes notables de la ingeniería para el estudio de la probabilidad de fallo de un sistema. Las técnicas de convolución probabilista, los árboles de fallo y la modelización estocástica han sido utilizados para estudiar problemas complejos donde existe la interacción de múltiples componentes. Este tipo de enfoques sumados a los conceptos de fuentes, parámetros y modelos de incertidumbre, han contribuido al entendimiento del riesgo desde una perspectiva cuantitativa. A este enfoque algunos le han llamado análisis de riesgo objetivo. Muchos estudios de amenaza se han podido realizar utilizando el análisis probabilista, lo que ha permitido respaldar estimaciones que de otra forma podrían calificarse como simples especulaciones o apreciaciones.

Antes de revisar aspectos como la evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo mismo, es necesario hacer claridad acerca del uso de la palabra “riesgo”, la cual en muchos casos se ha utilizado como sinónimo de “probabilidad”. Para ingenieros y expertos en estadística la palabra riesgo no es más que otra forma de referirse a la probabilidad de ocurrencia de un suceso. Por ejemplo, cuando se utiliza como “el riesgo (*i.e.* la probabilidad de ocurrencia) de tormenta es del 20%”. Pero para la mayoría de la gente el suceso tiene otro significado que causa preocupación: la posibilidad de daño o efectos adversos (Stewart y Melchers 1997). Es decir, tiene más bien la connotación de “estar en riesgo” o sea de: consecuencias, que es la manera como se interpreta desde el punto de vista de la industria del seguro. Es importante indicar que desde la perspectiva de los desastres es aún más amplio su significado, pues se le asocia además con las “implicaciones” de los daños, lo que hace que la lectura sea definitivamente más amplia que la que se tiene desde el punto de vista de la ingeniería. Podría decirse que existen niveles de análisis de riesgo: Primero, cuando se le asocia con la probabilidad de que sean alcanzados ciertos estados críticos (o límites); segundo, cuando en adición se estiman las consecuencias de que varios de los estados críticos sean alcanzados, con sus probabilidades asociadas; y tercero, cuando se analizan, también, los efectos o implicaciones dentro de un contexto aún más amplio, como la sociedad o un segmento de la misma. En conclusión el análisis de riesgo puede entenderse de manera general como el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos

parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y consecuencias en un área determinada.

2.3.1. Evaluación de la vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad, en rigor, es un estudio de la capacidad de un elemento o sistema de resistir o absorber el impacto de un suceso que caracteriza una amenaza. Por lo tanto, se puede diferenciar del análisis de riesgo, desde el punto de vista de los desastres, en que este último se refiere a la estimación de pérdidas o consecuencias factibles de acuerdo con el grado de amenaza considerado y con el nivel de vulnerabilidad existente en los elementos expuestos. La evaluación de vulnerabilidad desde el punto de vista físico se ha desarrollado notablemente. Su estudio se ha beneficiado directamente de los aportes conceptuales y del avance tecnológico de la ingeniería en diversos campos. El estudio analítico y experimental y la investigación de nuevos modelos y metodologías para la estimación de la posibilidad de fallo, por una parte, y la confiabilidad y seguridad de sistemas, por otra, ha contribuido significativamente al estudio de la vulnerabilidad, al menos, desde el punto de vista físico. Un ejemplo de este avance ha sido el desarrollo de técnicas, hoy ampliamente conocidas, para la estimación del daño que puede presentarse en un edificio, o en un conjunto de edificios, o en una infraestructura, si ocurre un terremoto de una cierta severidad. Esta valoración se realiza con base en la capacidad sismorresistente de los sistemas en consideración, con diferentes niveles de aproximación y detalle. Estos enfoques permiten estimar una vulnerabilidad diferencial según sea la severidad el evento o las características físicas de resistencia del sistema o del elemento sobre el cual incide.

Ahora bien, en otros casos, la vulnerabilidad no es diferencial o el suceso peligroso tiene una severidad tal que no es posible una gradación del daño. Es el caso de avalanchas, o grandes deslizamientos, en los cuales la sola exposición del elemento o sujeto susceptible ante el fenómeno significa en la práctica una vulnerabilidad física total. Un análisis de exposición que indique si el elemento puede estar o no dentro del área de influencia del fenómeno podría ser suficiente para determinar el riesgo, partiendo de la hipótesis de que el elemento será gravemente dañado si es alcanzado por la acción del fenómeno.

En consecuencia, la evaluación de la vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el grado de susceptibilidad y predisposición al daño de un elemento o grupo de elementos expuestos ante una amenaza particular, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso. Los elementos expuestos, o en riesgo, son el contexto social y material representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la manifestación de un suceso, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre, tales como edificios, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza.

En resumen, la evaluación de la capacidad sismorresistente de edificios o de obras civiles existentes es un caso ilustrativo de análisis de vulnerabilidad física (Aktan y Ho

1990). Lo es también la determinación del nivel de exposición de viviendas y de infraestructura y su capacidad para soportar una inundación. Por otra parte, la evaluación de las habilidades y de la capacidad de una comunidad para actuar correctamente ante la ocurrencia de una erupción volcánica, por ejemplo, corresponde por analogía a un análisis de vulnerabilidad desde el punto de vista educativo (Cardona 1996/97). Igualmente, el análisis de la capacidad de reacción de personal de socorro y de la capacidad hospitalaria ante una demanda masiva de servicios médicos correspondería a un análisis de vulnerabilidad institucional y funcional para atender un desastre (OPS 1993). Así, la vulnerabilidad, en términos generales, se ha clasificado desde el punto de vista de su evaluación como de carácter técnico y de carácter social. La primera es factible de cuantificar en términos físicos y funcionales como, por ejemplo, en daños físicos potenciales o en posibles perjuicios por la interrupción de la operación de un servicio. La segunda, usualmente se puede valorar en términos de la falta de resiliencia, o capacidad de absorber el impacto. Su estimación puede ser cualitativa o relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, etc., que a menudo se pueden evaluar mediante índices o indicadores.

Es importante mencionar que las evaluaciones de carácter técnico suelen ser vistas como ingenuas desde la perspectiva social, debido al enfoque científico reduccionista que le ha dado la ingeniería a este tipo de estimaciones. Sin embargo, dichas metodologías en muchos casos han demostrado su utilidad práctica, al menos en casos particulares. Por otra parte, los ingenieros suelen hacer críticas a los enfoques y análisis de los investigadores sociales, debido a que sus planteamientos son básicamente cuestionamientos críticos, en muchos casos tan amplios, que no se concretan en soluciones o medidas prácticas que orienten la gestión preventiva.

2.3.2. Estimación del riesgo

El riesgo, como ya se mencionó, se obtiene a partir de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Desde el punto de vista físico, el “riesgo específico” es la pérdida esperada en un período de tiempo y puede ser expresada como una proporción del valor o coste de reemplazo de los elementos en riesgo. Usualmente, el riesgo específico se representa en términos de pérdida de vidas, afectados y pérdidas económicas. 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, es común que se acepte la evaluación de un riesgo específico como el representativo para una región. Por ejemplo: el riesgo por inundación para una cosecha, el riesgo sísmico de un grupo de edificios, el riesgo de las líneas vitales por deslizamientos, etc.

Ha sido común que el riesgo sea valorado solamente en términos físicos, dado que la vulnerabilidad social es difícil de evaluar en términos cuantitativos. Esto no significa que no sea factible analizar la vulnerabilidad en forma relativa o mediante indicadores o índices, lo que permite proponer “riesgos relativos”, que igualmente permiten la toma de decisiones y la definición de prioridades de prevención y mitigación. Estos índices

de riesgo, en principio, pueden formularse en términos de cargas y resistencias (demanda y capacidad) como se hace desde el punto de vista físico en la práctica de la ingeniería. La resistencia describe la habilidad de la población afectada para enfrentar un evento extremo. Dicha resistencia o capacidad es función de diversos factores tanto técnicos como no técnicos. Los técnicos, están relacionados con el grado de protección que ofrecen medidas técnicas estructurales, por ejemplo diques y embalses para la protección en caso de inundaciones, o construcción competente de edificaciones contra terremotos, tormentas o inundaciones. Los no técnicos, incluyen capacidades económicas de la comunidad, la habilidad de la población de auto-apoyarse, la estructura social y su organización, entre otros. La acción de un fenómeno extremo representan la carga que actúa sobre el sistema social, lo que involucra dos componentes: la magnitud o severidad de la carga y el tiempo de su influencia, aspectos que tienen relevancia tanto en el caso de sucesos súbitos como lentos y que se relacionan de alguna manera también con el tiempo de recuperación de los elementos expuestos.

Cuando un suceso intenso se presenta, la carga y la resistencia se confrontan. Si la resistencia es mayor que la carga, los efectos del fenómeno son disipados y no se presenta el daño. Si la resistencia es menor, se presenta un fallo; hay desastre. Un análisis de este tipo de situación puede hacerse en el mismo momento en que se presenta el fenómeno, lo que permitiría explicar analíticamente a *posteriori* sus efectos. Pero con propósitos de planeación es posible hacer este análisis para eventos que se pueden presentar en el futuro, lo que significa que es necesario pronosticar la carga (su severidad y tiempo de influencia) y la capacidad o resistencia en ese momento futuro. Es este el análisis de riesgo: la determinación anticipada de fallo o no fallo. Con fines de planificación y la definición de medidas de protección las cargas y resistencias deben, por lo tanto, asociarse con probabilidades; es decir que no deben utilizarse valores máximos de cargas y resistencias, sino combinaciones de resistencias factibles y cargas creíbles.

Desde el punto de vista de la gestión del riesgo, el término resistencia corresponde a un nivel de capacidad o, dicho de una manera inversa, a un grado de vulnerabilidad crítica, y el término carga corresponde a la acción del fenómeno que representa la amenaza. La vulnerabilidad crítica es igual a la carga que una comunidad puede soportar antes de recurrir a un apoyo externo. El desastre se presenta cuando la amenaza (la carga) supera la vulnerabilidad crítica. Esta heurística de la ingeniería es poderosa e ilustra que el riesgo podría expresarse en parámetros numéricos unidimensionales, lo que facilita, por ejemplo, el diseñar índices o indicadores como ya se mencionó. El Apéndice IV presenta una metodología de evaluación del riesgo desde una perspectiva holística, utilizando índices o indicadores.

Ahora bien, en el contexto de la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial es necesario comparar la carga y la vulnerabilidad crítica en función del tiempo, pues estos dos aspectos no son invariantes. La vulnerabilidad esta constituida por múltiples componentes y depende de diversos factores, como la fragilidad física de la comunidad, su fragilidad social y su resiliencia. La falta de resiliencia, es un factor de vulnerabilidad y un determinante importante del tiempo de recuperación.

En síntesis, para realizar un análisis de riesgo se deben seguir tres pasos: estimar la amenaza o peligro, evaluar la vulnerabilidad y llevar a cabo la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores (Taylor *et al.* 1998). Cambios en uno o los dos parámetros modifican el riesgo en sí mismo.

Ahora bien, una vez valorado el riesgo y teniendo en cuenta que no es posible reducirlo en su totalidad, para efectos de planificación, protección y diseño de obras de infraestructura ha sido común que se defina un nivel de “riesgo aceptable”. El riesgo aceptable, en general, son las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales que, implícita o explícitamente, una sociedad o un segmento de la misma asume o tolera, por considerar que son poco factibles y, usualmente, a cambio de un beneficio inmediato. Desde el punto de vista técnico, corresponde a un valor de probabilidad de unas consecuencias dentro de un período de tiempo, que se considera admisible para determinar las mínimas exigencias o requisitos seguridad, con fines de protección y planificación ante posibles fenómenos peligrosos.

Algunos autores distinguen entre riesgo “aceptable” y “tolerable”, indicando que un riesgo que es tolerable podría no ser aceptable. Un riesgo puede ser tolerable cuando el beneficio de convivir con él parece que excede el perjuicio que representa o porque existe la confianza de que puede ser controlado apropiadamente. Tolerar un riesgo no significa que este sea despreciable o que se pueda ignorar, sino más bien que es algo que se debe estar revisando y se debe reducir en la medida de las posibilidades. Para evitar confusiones en la terminología, en general, se asume que la definición de riesgo aceptable incluye la definición de riesgo tolerable, es decir que un riesgo aceptable también es tolerable. Es importante subrayar que una “evaluación” o estimación del riesgo tiene implícito que el análisis del mismo se realiza teniendo como referente un criterio de aceptabilidad, es decir tiene implícito que el análisis se realiza cotejando sus resultados con respecto a un valor definido. En definitiva, una análisis de riesgo se realiza solamente si se percibe que existe la necesidad de hacerlo.

Al igual que la amenaza, el riesgo también puede plasmarse en mapas. Estos mapas pueden ser, dependiendo de la naturaleza de la amenaza: probabilistas o deterministas. En este último caso, los mapas de riesgo representan un “escenario”, o sea la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un suceso de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto. Estos mapas, no sólo son de fundamental importancia para la planificación de la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, sino también para la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos de respuesta deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias. Es importante observar que un plan operativo elaborado con base en un mapa de riesgo puede ser mucho más eficiente que si se realiza sin conocer dicho escenario, dado que un mapa de riesgo permite definir procedimientos de respuesta más precisos para atender a la población en caso de desastre.

2.4. Probabilidad e incertidumbre

Evaluar pérdidas futuras es algo incierto, razón por la cual ha sido usual que se

recurra a alguna técnica probabilista para la realización de un estudio de esta naturaleza. Los riesgos usualmente se expresan en pérdidas medias de dinero o de vidas por año, sin embargo debido a que sucesos de gran intensidad son hechos muy raros, las pérdidas medias para este tipo de sucesos, tan poco frecuentes, pueden no dar una imagen representativa de las grandes pérdidas que podrían estar asociadas a los mismos. Algunos argumentan que este tipo de situación pone en entredicho el análisis de riesgo, porque en esos casos el riesgo es el producto de un número muy grande –las consecuencias– por un número muy pequeño –la probabilidad–. Sin embargo, no hay que dejar de tener presente que lo que realmente importa es cómo utilizar la información obtenida para la toma de decisiones. De ahí la importancia de pensar en el impacto potencial de las consecuencias. Esta dificultad algunos la resuelven determinando para un límite de pérdida la probabilidad de que éste sea igualado o sobrepasado. Un ejemplo puede ser la probabilidad de que el coste de los daños y reparaciones en un sitio sobrepase una cifra, digamos de un millón de dólares, como consecuencia de por lo menos un suceso en los próximos cincuenta años. Este límite podría también expresarse en términos de víctimas humanas o de fallos en los edificios o de impacto social en general.

De lo anterior se desprende que el concepto de riesgo “objetivo” propuesto por muchos autores relacionados con enfoques basados en técnicas de probabilidad y confiabilidad, para diferenciarlo del riesgo “percibido” o subjetivo, debe dársele su debido valor sin dejar de reconocer sus limitaciones. Para algunos la distinción entre riesgo objetivo y subjetivo no es afortunada. Incluso, consideran que algunas de estas técnicas que se consideran como objetivas pueden no ser realistas y significativas, aunque por su elegancia pueden dar la impresión de autoridad y precisión. La estimación probabilista, en cualquier caso, es incompleta y la naturaleza del riesgo es muy compleja, lo que hace que dependa de factores que no son fáciles de cuantificar. El argumento de que los resultados del análisis de riesgo objetivo son “racionales” es simplista e irreal. La mayoría de los parámetros que se consideran objetivos son en realidad subjetivos en algún grado. El presumir de objetividad denigrando de alguna manera de la subjetividad es innecesario, más cuando la subjetividad *per se* no debe ser motivo de objeción. Además, desconocer la subjetividad en el análisis de riesgo desde el punto de vista técnico es potencialmente peligroso. La crítica principal a este tipo de visión del riesgo es que debido a que el esfuerzo se concentra en valorar aspectos cuantificables, en muchas ocasiones se pierde la atención sobre consideraciones igualmente importantes como la posible intervención de los procesos generadores del riesgo –y sus cambios sociales asociados– o la distribución de costos, perjuicios y beneficios de manera equitativa, entre otras (Reid 1992).

2.4.1. Relación coste y beneficio

Una metodología ampliamente utilizada en los países desarrollados para la determinación indirecta del nivel de riesgo y reiterativamente planteada en muchos artículos técnicos, es el análisis de coste y beneficio, en el cual se relaciona la inversión en seguridad con el potencial daño de las infraestructuras y el peligro para la vida. En áreas altamente propensas, en donde ocurren con frecuencia sucesos de dimensiones

moderadas, cualquier aumento en los costes de prevención-mitigación se verá compensado por la reducción en los costes de los daños que se presentan. Sin embargo, en áreas menos propensas o que no involucran grandes inversiones económicas amenazadas, los requisitos de reducción de riesgos se pueden justificar sólo en términos de seguridad para la vida, pues los ahorros esperados en daños por sucesos que ocurren con muy poca frecuencia no son lo suficientemente cuantiosos para justificar un aumento en los costes de la prevención-mitigación. Esta circunstancia ocurre particularmente en los países pobres, donde el análisis de coste y beneficio en términos económicos no es una buena metodología para argumentar las bondades de la prevención-mitigación. En estos casos el costo social debe ser el que orienta la toma de decisiones.

Aunque parezca ilógico, pero tal vez entendible, la sociedad parece que le causa más preocupación un evento “desastroso” que afecte muchas personas que una serie de sucesos menores que acumulativamente causen daños a un número similar de personas. A esto se le conoce como la “aversión al riesgo” (Stewart y Melchers 1997). En otras palabras, riesgos que resultan de la frecuente ocurrencia de un número menor de fatalidades tienden a generar menos aversión que hechos poco frecuentes pero con grandes impactos; aunque la suma de las fatalidades de ambas causas sea comparable. De lo anterior se ha podido concluir que la percepción del riesgo no es lineal o simplemente existen otros valores que son muy importantes para la sociedad, tales como los costes ecológicos y los costes económicos directos e indirectos relacionados con el suceso. Para el público en general no es desconocido que el número de muertes causadas por accidentes de tránsito supera ampliamente al causado por terremotos, erupciones volcánicas u otros fenómenos similares. En países desarrollados, donde existe una alta resiliencia, o capacidad de recuperación y de respuesta de las comunidades, los sucesos menores o moderados frecuentes no causan el mismo efecto que en los países en desarrollo, donde la resiliencia es muy baja. La continua manifestación de sucesos menores o moderados en estos países debilita paulatinamente las comunidades y agrava sus condiciones de desarrollo y seguridad; esto implica un necesario cambio en el enfoque del problema dependiendo del contexto.

Se sabe que la aplicación de medidas preventivas no garantiza una seguridad del 100% de que no se produzcan consecuencias, razón por la cual el riesgo no puede eliminarse totalmente. Su valor, por pequeño que éste sea, nunca será nulo, por lo que siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual no se justifica económica o socialmente aplicar medidas preventivas. A todo valor que supere dicho límite se le cataloga como riesgo incontrolable. Por ejemplo, las obras de ingeniería que se realizan para impedir o controlar ciertos fenómenos, siempre han sido diseñadas para soportar como máximo un suceso cuya probabilidad de ocurrencia se considera lo suficientemente baja, para que la obra pueda ser efectiva en la gran mayoría de los casos, es decir, para los sucesos más frecuentes. Lo que significa que se admite que pueden ocurrir sucesos poco probables que podrían no ser controlados y para los que resultaría injustificado realizar inversiones mayores.

A partir de estos enfoques, las decisiones se adoptan mediante procesos administrativos y judiciales. Al proponer y sancionar leyes, los cuerpos legislativos han demostrado cada vez mayor interés en los estudios técnicos, como es el caso de los

códigos de construcción que tienen implícito o explícito un nivel de seguridad. Sin embargo, en general estos cuerpos legislativos ponen de manifiesto que no desean verse obligados a tomar decisiones a partir de los resultados de dichos estudios; esto es comprensible, puesto que cualquier administrador o legislador duda 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, en el mejor de los casos, por los deseos de la sociedad.

2.4.2. Resolución de los estudios

De los apartes anteriores se puede concluir que la evaluación de la amenaza, en particular, puede ser 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 sólo una etapa para la determinación del riesgo; estimación que se requiere necesariamente para la definición y aplicación de medidas de prevención-mitigación, debidamente justificadas en términos sociales y económicos dentro de la planeación física y sectorial.

Debido a 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. Situación que 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 hidrología, 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 al análisis de riesgo, debido a que no permiten cuantificar realmente la factibilidad 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 la probabilidad de que un suceso específico se manifieste durante un período de determinado o debido a que la valoración de las variables del fenómeno es muy subjetiva. En general, el alcance de los estudios y el tipo de metodología para la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo dependen de:

- a) La escala del espacio geográfico involucrado;
- b) El tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar;
- c) La información disponible, factible y justificable de conseguir;
- d) La importancia económica y social de los elementos expuestos; y
- e) 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 SIG pueden facilitar la elaboración de mapas. Sin embargo, estas herramientas no son la panacea, puesto que previamente es necesario haber concebido adecuadamente 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 comprobación, matrices, redes, análisis de coste/efectividad/beneficio y modelizaciones multidimensionales podrían adaptarse para la estimación de la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo.

De lo aquí tratado se puede concluir que la naturaleza de los riesgos es muy compleja y su percepción (y aceptabilidad) depende de muchos factores. El análisis de riesgo no es una disciplina y es un campo de interés de múltiples especialistas relacionados con la física, la ingeniería, la estadística, la economía, los aspectos sociales y la planificación, entre otros. No obstante, una teoría unificada del análisis del riesgo no ha sido desarrollada; por el contrario, se caracteriza por la falta de acuerdo en principios fundamentales y muchas de sus orientaciones se basan en supuestos no verificados. Para muchos autores es una ciencia inmadura. La literatura sobre el tema es extensa y se amplía rápidamente, reflejando un trabajo diverso y fragmentado, principalmente dirigido al estudio de aplicaciones particulares y detalles cuyas conclusiones reflejan sesgos particularmente tecnológicos (Reid 1992). En síntesis, a pesar del avance aquí descrito de las técnicas de evaluación, existen serios interrogantes acerca de la efectividad de las metodologías para la cuantificación del riesgo tal como se ha venido haciendo hasta ahora. Salvo algunas excepciones y esfuerzos dispersos o puntuales, no se han dado pasos decididos para lograr una formulación y modelización integral o completa del riesgo que además facilite la toma de decisiones y contribuya a la gestión efectiva del riesgo por parte de las autoridades y las comunidades, que son los actores fundamentales para lograr una actitud preventiva ante los fenómenos peligrosos.

2.5. Limitaciones y perspectivas

Los desastres son un problema en aumento; el impacto de los fenómenos naturales o socio-naturales es cada vez mayor debido a los estilos o modelos de desarrollo imperantes en muchos países. El crecimiento demográfico y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de los asentamientos frente a una amplia diversidad de peligros naturales. En general, los esfuerzos de los países al respecto se han dirigido principalmente a fortalecer el estudio de las amenazas naturales y a proponer soluciones técnicas, sin que hasta el momento se hayan logrado avances significativos en el sentido de que estas soluciones sean social, cultural o económicamente aplicables o apropiadas. Aunque se han logrado avances importantes desde el punto de vista técnico, muchas de las soluciones propuestas bajo este enfoque a menudo no han podido ser aplicadas en la realidad, debido a la restricción en los recursos disponibles y a la ignorancia de las racionalidades locales que permiten un manejo tecnológico alternativo

de los mismos. En ocasiones, las soluciones son rechazadas por las poblaciones debido a que no corresponden a su propia lectura del riesgo o a su imaginario acerca de los desastres.

Los llamados desastres naturales deberían ser entendidos como problemas aún no resueltos del desarrollo, en el sentido de que no son sucesos de la naturaleza *per se* sino más bien situaciones que resultan de la relación entre lo natural y la organización y estructura de la sociedad. Las políticas de desarrollo urbano y regional, además de las políticas económicas y sociales sectoriales en general no tienen en cuenta la problemática del riesgo y en ocasiones están agudizando la vulnerabilidad. En pocos casos los conceptos de prevención y mitigación han sido debidamente considerados en la planificación del desarrollo de los países pobres.

Numerosos países han establecido organismos o sistemas gubernamentales para la reducción de riesgos y preparativos para desastres que no han logrado resultados efectivos, debido a la falta de voluntad política y a que su enfoque se ha dirigido fundamentalmente hacia la respuesta y socorro en caso de emergencia y no hacia ejecución en forma sistemática y orgánica de acciones de prevención y mitigación. Estos organismos, en su mayoría, obedecen a modelos centralizados que no incorporan en forma adecuada los niveles locales del poder, como son los gobiernos municipales, ni las organizaciones comunitarias u otras manifestaciones de la sociedad civil.

Dentro del contexto del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres DIRDN, durante los años 90, se promovió de manera explícita, que la prevención de desastres debe ser una estrategia fundamental para el desarrollo sostenible (Kreimer y Munasinghe 1991/92; Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional 94). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, subsisten notables vacíos en la gestión preventiva y en la debida articulación entre las actividades de prevención y mitigación de riesgos con las de la gestión y protección del medio ambiente; aunque sea evidente que para compatibilizar el ecosistema natural y la sociedad que lo ocupa y explota, es necesario dosificar y orientar la acción del hombre sobre el medio ambiente y viceversa.

La iniciativa del DIRDN tuvo la virtud, no obstante, de despertar la atención y el interés de un amplio número de países, organismos internacionales y agencias donantes en la temática de los desastres. Como producto de esta iniciativa, diversos gobiernos, organizaciones e instituciones en el mundo impulsaron proyectos y programas que han empezado a dar algunos resultados positivos en campos como el de la salud y la educación y en la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura productiva; así como en la formación de instituciones de carácter nacional y subregional y en la producción y difusión de información técnico-científica. Queda la preocupación de lo que está por venir, pues estos avances son tímidos y exiguos frente al empeoramiento de las condiciones y factores que favorecen la ocurrencia cada vez más frecuente y más severa de posibles desastres.