

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivación de la investigación

En los últimos años, desde la perspectiva de los desastres, el *riesgo* se ha intentado evaluar, para efectos de la *gestión*, en términos de las posibles consecuencias económicas, sociales y ambientales que pueden ocurrir en un lugar y en un tiempo determinado. Sin embargo, el riesgo no ha sido conceptualizado de forma integral sino de manera fragmentada, de acuerdo con el enfoque de cada disciplina involucrada en su valoración. Para estimar el riesgo de acuerdo con su definición es necesario tener en cuenta, desde un punto de vista multidisciplinar, no solamente el daño físico esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades. En la escala urbana, por ejemplo, la *vulnerabilidad* como factor interno de riesgo, debe relacionarse no solamente con la exposición del contexto material o la susceptibilidad física de los elementos expuestos a ser afectados, sino también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad propensa, que están asociadas con las capacidades de respuesta y recuperación. La deficiente información, comunicación y conocimiento entre los actores sociales, la ausencia de organización institucional y comunitaria, las debilidades en la preparación para la atención de emergencias, la inestabilidad política y la falta de salud económica en un área geográfica contribuyen a tener un mayor riesgo. Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las implicaciones del impacto en el área geográfica considerada.

Por otra parte, actualmente, existen serias razones por las cuales se puede dudar acerca de la efectividad de la *gestión del riesgo*. El incremento y la acumulación de la vulnerabilidad son alarmantes, como lo es la falta de conciencia y responsabilidad sobre el tema por parte de los tomadores de decisiones, las autoridades políticas y la misma comunidad. Entre otros factores, que contribuyen a esta falta de efectividad de la gestión del riesgo, aparentemente, se encuentra la inadecuada forma como el riesgo ha sido estimado o valorado. Aportes técnicos importantes se han realizado con fines de evaluación, pero de manera reduccionista y fragmentada. La falta de una *concepción holística* del riesgo, es decir, de una valoración integral y multidisciplinar del riesgo que

permita desagregarlo en sus componentes de diferente índole, parece haber contribuido en buena parte a la falta de efectividad de su gestión.

Una concepción holística del riesgo, consistente y coherente, fundamentada en los planteamientos teóricos de la *complejidad*, que tenga en cuenta no sólo variables geológicas y estructurales, sino también variables económicas, sociales, políticas, culturales o de otro tipo, podría facilitar y orientar la toma de decisiones en un área geográfica. Un enfoque de este tipo podría contribuir a mejorar la efectividad de la gestión y a identificar y priorizar medidas factibles y eficientes de *prevención-mitigación* para la *reducción del riesgo*.

Estimaciones obtenidas mediante índices relativos, conjuntos difusos *-fuzzy sets-* y redes neuronales *-neural networks-* son técnicas matemáticas que pueden facilitar la realización de los análisis de *riesgo sísmico* de ciudades o áreas de una ciudad desde una perspectiva holística, considerando como punto de partida los modelos convencionales de estimación de pérdidas o escenarios de daños. Este tipo de enfoque integral y multidisciplinar podría tener en cuenta de manera más consistente las relaciones no lineales de los parámetros del contexto, la complejidad y *dinámica de los sistemas* sociales y ambientales y contribuir a la gestión efectiva del riesgo por parte de las autoridades y las comunidades; actores fundamentales para lograr una actitud preventiva ante los *desastres naturales*.

1.2. Objetivos y alcance

El tema del riesgo colectivo (público o compartido) ha sido ampliamente tratado de manera específica por especialistas de diferentes disciplinas. Existen tratados sobre aspectos relativos al riesgo desde la perspectiva de las Ciencias de la Tierra, la Mecánica Estructural, la Psicología, la Geografía Económica, la Ingeniería Civil, la Sociología, entre otras disciplinas. Sin embargo, enfoques holísticos que integren diferentes perspectivas no se han desarrollado ampliamente. En cada ámbito, no obstante, se han desarrollado importantes trabajos que aportan elementos para una visión integral que hasta ahora no ha sido formalmente planteada. Posiblemente la especialización en aspectos muy específicos no ha facilitado un enfoque holístico, como también el hecho de que hasta hace poco se empezó a cuestionar la efectividad y eficiencia de la gestión del riesgo en el ámbito institucional; circunstancia que hasta ahora no se ha asociado con la cuantificación reduccionista y un tanto crítica, en ocasiones, de las metodologías y técnicas de modelización que han sido usualmente empleadas para estimar el riesgo.

Partiendo de una revisión del concepto de riesgo desde el enfoque de varias disciplinas del conocimiento y desde el punto de vista de la prevención de los desastres, los objetivos específicos de esta tesis son:

1. Realizar un análisis crítico del enfoque de las ciencias naturales, las ciencias aplicadas y las ciencias sociales acerca del concepto de riesgo colectivo;
2. Analizar los criterios y factores de valoración y aceptabilidad del riesgo, que lo asocian explícita y directamente con la toma de decisiones y que impiden o hacen difícil su prevención-mitigación;
3. Revisar el enfoque corriente o "clásico" de estimación del riesgo sísmico urbano, fundamentado en la estimación del daño físico o el escenario de pérdidas obtenidas a partir de los efectos físicos esperados en los elementos expuestos;

4. Plantear una concepción holística del riesgo, consistente y coherente, desde una perspectiva multidisciplinar, utilizando la teoría de los sistemas dinámicos complejos o no-lineales;
5. Proponer un modelo para la estimación holística del riesgo sísmico urbano, utilizando sistemas de índices relativos, variables difusas y redes neuronales,
6. Aplicar el modelo propuesto al caso de Bogotá, Colombia; y
7. Plantear la manera como puede afrontarse el problema de la reducción del riesgo colectivo y la prevención de desastres desde un punto de vista multidisciplinar y desde la perspectiva de la planificación del desarrollo.

1.3. Organización del trabajo

Este trabajo parte de la revisión de los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, fundamentales para poder hacer los planteamientos teóricos que se desarrollan más adelante. En el segundo capítulo se abordan aspectos históricos del concepto de riesgo y se presenta una revisión de los términos hasta ahora utilizados, con el propósito de identificar vacíos y precisar las definiciones que le pueden dar coherencia a un planteamiento teórico consistente e integral en la materia. Se describen los enfoques de las ciencias naturales, las ciencias aplicadas y las ciencias sociales en relación con el concepto de riesgo y se realiza una crítica a dichos enfoques. Se argumenta que la fragmentación e inconsistencia conceptual han sido dos de las razones por las cuales no se ha logrado resultados exitosos de reducción del riesgo colectivo en la mayoría de los países.

El capítulo tercero describe cómo se ha valorado el riesgo partiendo del entendimiento de la amenaza, que representa la potencial ocurrencia de un fenómeno peligroso, y de la vulnerabilidad que ofrece el contexto expuesto al fenómeno. Se asocia este tipo de análisis con el proceso de toma de decisiones y se hace explícita la dificultad de llevar a cabo políticas públicas de reducción del riesgo debido a las circunstancias de incertidumbre inherente y a los enfoques reduccionistas utilizados hasta ahora.

En adición a las limitaciones de las técnicas empleadas comúnmente para el análisis de riesgo, en el capítulo cuarto se describen otros aspectos que contribuyen hacer más difícil la política pública de la gestión del riesgo. Se consideran aspectos como la percepción de los diferentes actores involucrados en la toma de decisiones, aspectos jurídicos que restringen la acción preventiva y, en general, el problema de la tolerancia y aceptabilidad del riesgo colectivo.

En el capítulo quinto se revisa el enfoque tradicional que se ha utilizado hasta ahora para evaluar el riesgo sísmico urbano, considerando los efectos físicos o daños esperados en los elementos expuestos ante la acción sísmica. Este capítulo resume las técnicas modernas de estimación de la vulnerabilidad sísmica y el desarrollo del conocimiento en materia de daños y pérdidas. Presenta el enfoque que ha criterio del autor es el más adecuado para evaluar el riesgo sísmico físico de un centro urbano.

La propuesta conceptual de la vulnerabilidad y el riesgo desde una perspectiva holística y multidisciplinar se presenta en el capítulo sexto. Se propone un modelo teórico del riesgo que aborda otros aspectos adicionales a los efectos físicos potenciales, que están ligados al desarrollo y sostenibilidad del contexto socio-ambiental urbano considerado. Se postula un modelo consistente y coherente

fundamentado en los enfoques teóricos de los sistemas dinámicos complejos no-lineales, desde los cuales se explican los conceptos de crisis, inestabilidad y adaptabilidad y se relacionan con los conceptos de desastre, vulnerabilidad, riesgo y prevención.

El capítulo séptimo se proponen dos técnicas de modelización holística del riesgo sísmico urbano, postulando el centro urbano como un sistema dinámico complejo. La primera está basada en indicadores relativos y la otra en un sistema neuronal difuso. Las dos técnicas tienen en cuenta tanto los efectos físicos potenciales que implica la posible ocurrencia de terremotos, como aspectos económicos, sociales y organizacionales que influyen en el riesgo sísmico desde una perspectiva multidisciplinar. Su utilización y versatilidad se ilustra mediante la aplicación de ambas técnicas para la estimación del riesgo sísmico de Bogotá, Colombia.

La evaluación del riesgo tiene como objeto orientar su gestión, identificando las medidas de reducción de la vulnerabilidad en todas sus dimensiones o facetas. El capítulo octavo presenta la gestión del riesgo como un concepto de planificación. Se plantean diversos enfoques generales y se hace una propuesta global para enfrentar el riesgo colectivo, entendido como un grave problema técnico-social contemporáneo.

El capítulo noveno presenta las conclusiones del trabajo y propone a manera de recomendación algunas sugerencias para el desarrollo de nuevos estudios e investigaciones futuras relacionados con la temática aquí tratada.

Se incluye como Apéndice A un glosario de términos cuyas definiciones son el resultado de la propuesta conceptual planteada a lo largo de este trabajo. El Apéndice B muestra las matrices mediante las cuales se obtuvieron los factores de participación o pesos para los indicadores y variables utilizadas en las técnicas desarrolladas para estimar el riesgo sísmico urbano de Bogotá, Colombia. El Apéndice C presenta los valores y las gráficas obtenidas de los indicadores relativos que se utilizaron para evaluar el riesgo sísmico de Bogotá desde una perspectiva holística. El Apéndice D incluye una síntesis de los fundamentos del uso y aplicación de las redes neuronales y los conjuntos difusos; técnicas sobre las cuales se desarrolló una de las técnicas propuestas. Finalmente, el Apéndice E contiene el código fuente del programa de cálculo que se desarrolló para la modelización neuronal y difusa del riesgo sísmico urbano desde una perspectiva holística.

Capítulo 2

Conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo

2.1. Aspectos históricos

El concepto de riesgo, asociado con la idea de porvenir sin certeza, ha estado presente desde siempre en las sociedades humanas. El primer ejemplo de una práctica que involucra un análisis de riesgo de forma simplificada se remonta a las comunidades de la antigua Babilonia, que ocuparon el valle del Eufrates y el Tigris, 3200 A.C., donde existió un grupo llamado el Asipu (Oppenheim 1977). Una de las funciones del Asipu era la de servir como grupo consultor para decisiones difíciles de tomar por lo inseguras o inciertas. Si se deseaba tomar una decisión sobre alguna acción venidera se podía consultar a uno de sus miembros del Asipu, que se encargaba de dimensionar la situación, identificar alternativas de acción y recoger datos sobre los resultados factibles (éxito o fracaso; ganancia o pérdida) de cada alternativa. El sacerdote Asipu, que tenía la capacidad especial de interpretar señales o datos de los dioses, calificaba las diferentes alternativas, colocando signos más si eran favorables y menos si no lo eran, para finalmente recomendar la alternativa más beneficiosa.

También en Mesopotamia, dos siglos después, tuvo origen la figura del seguro como la más antigua estrategia para afrontar riesgos. Allí surgieron las primeras tasas de interés sobre préstamos entre agricultores, inicialmente en especie y luego en metálico, que variaban entre 0 y el 33% dependiendo del grado de riesgo asociado al préstamo. Las tasas reflejaban la percepción de incertidumbre del prestamista y fueron una de las primeras formas de cuantificar y administrar riesgo. Esta práctica posteriormente se amplió al incluir primas de riesgo cuando se trataba de préstamos asociados con el transporte de mercancías que podían perderse en el mar por tormentas, incendios o asaltos. El Código de Hammurabi, 1950 a. C., instituyó las bases del seguro y estableció varias doctrinas de administración de riesgos. Alrededor del comercio marítimo estableció en los contratos de transporte la figura formal del préstamo, la tasa de interés y de la prima de riesgo por la posibilidad de pérdida y consecuente cancelación de la deuda. En Grecia para el año 750 a. C. casi todos los viajes estaban cubiertos por este tipo de contrato y las primas de riesgo variaban entre el 10 y 25% dependiendo del grado de riesgo de la aventura, lo que implicaba alguna noción de su

cuantificación. Aparentemente, la palabra riesgo proviene de la palabra griega *rhiza* que hace alusión a los peligros de navegar alrededor de un arrecife.

Las instituciones de seguros prácticamente desaparecieron con la declinación de la civilización Griega, aunque los Romanos las continuaron por un tiempo. Estos últimos establecieron, también, una forma rudimentaria de seguro de vida y salud mediante una membresía a la cual se contribuía regularmente con el fin de cubrir gastos fúnebres. Con la caída del Imperio Romano prácticamente desapareció el seguro marítimo hasta, quizás, el año 1000 d. C., cuando reapareció en los puertos Italianos, y con certeza en los siglos XII a XIV, de lo cual hay referencia en las Leyes de Wisby (1300) y la Ordenanza de Barcelona (1435). La Lloyd's se estableció en 1688 como núcleo del mercado del seguro marítimo global y posteriormente se extendió a otras áreas (Grier 1980). Por esta época se establecieron los seguros de incendio y emergieron los seguros de vida en Inglaterra, aunque políticas de seguros de vida ya habían existido en España alrededor del año 1100 d. C., evocando las antiguas prácticas que existieron entre los años 1800 a 1200 a. C. Durante los siglos 16 y 17 las sociedades de amigos estimularon el desarrollo de los seguros de vida en Inglaterra, pero fracasaron por la falta de un soporte estadístico y matemático adecuado. Por otra parte, debido a los cuestionamientos morales realizados por la Iglesia, el seguro de vida fue prohibido en Francia hasta 1820.

Sin duda, el análisis de riesgos también tuvo orígenes en las antiguas ideas religiosas relacionadas con la posibilidad de algo después de la vida. Empezando con el *Fedón* de Platón, en el siglo IV a. C. y otros escritos que trataron sobre la inmortalidad del alma y lo que le podría ocurrir después de la vida; según cómo cada persona conduce su aquí y ahora (Covello y Mumpower 1985). En el *Fedón*, Platón narra el diálogo de Sócrates con sus amigos antes de beber el veneno, en el cual plantea la inmortalidad del alma y describe el mito de lo que le puede suceder al alma después de la muerte. Allí Sócrates, haciendo la salvedad de la posible inexactitud de su exposición, señala que dada la inmortalidad del alma él estima que es conveniente creer en el mito y que vale la pena correr el riesgo de creer que es así. Arnobius El Viejo, que vivió en el siglo IV d. C., para demostrar su auténtica conversión al Cristianismo, en su monografía *Contra los Paganos*, argumentó mediante una matriz de 2 x 2 la ventaja de ser Cristiano sobre ser pagano. Planteaba que hay dos alternativas: aceptar el Cristianismo o mantenerse pagano. Decía también que hay dos posibilidades, aunque inciertas: Dios existe o Dios no existe. Si Dios no existe no hay diferencia entre las dos alternativas, pero si Dios existe ser un Cristiano es ampliamente mejor para el alma que ser un pagano. Estos planteamientos se sirven del principio de la dominancia; un soporte heurístico para la toma de decisiones bajo condiciones de riesgo e incertidumbre. El argumento de Arnobius no sólo fue utilizado posteriormente por San Agustín sino por Pascal, cuando introdujo la teoría de la probabilidad en 1657, quien al ampliar su matriz concluyó que: Dada la distribución de probabilidades para la existencia de Dios, el valor esperado de ser Cristiano excede en mucho el valor esperado del ateísmo (Covello y Mumpower 1985).

Después de Pascal y Fermat, a finales del siglo XVII y durante el siglo XVIII, se realizaron importantes aportes a la teoría de las probabilidades. En 1692 Arbuthnot argumentó que podían ser calculadas las probabilidades de las diferentes causas potenciales de un suceso, Halley (conocido por el cometa que lleva su nombre) en 1693 mejoró las tablas de esperanza de vida propuestas por Graunt en 1662 y matemáticos

como Hutchinson, Cramer y Bernoulli realizaron trabajos valiosos a la nascente teoría. Sin embargo, fue Laplace quien en 1792 desarrolló un verdadero modelo de estimación de riesgo en términos modernos, al calcular la probabilidad de morir con y sin la vacuna contra la viruela. Sorprende que sólo después de Pascal varios aplicarán las matemáticas de la probabilidad para estimar las expectativas de vida y que previo a esos trabajos sólo se conociera uno del año 230 d. C, realizado por el Romano Domitius Ulpianus

A pesar de fascinación del hombre por los juegos desde tiempos inmemoriales, por los Sumerios, Asirios, en el antiguo Egipto y en particular por los Romanos, es curioso que los fundamentos de la teoría de la probabilidad hayan sido tan recientes. Se sabe que el Emperador Romano Claudio escribió sobre el juego, que el Emperador Marco Aurelio tenía obsesión por los dados y que estaba regularmente acompañado por su propio maestro de juegos. Esto hace suponer que el cálculo matemático de frecuencias de sucesos y promedios debería ser tan antiguo como el uso de los dados u otros instrumentos similares que se utilizaban para jugar. Por esta razón, es extraño que las teorías matemáticas de las frecuencias relativas, aleatoriedad y probabilidad sólo surgieran 1500 años después, con los trabajos de Pascal, Fermat y otros.

Todas las antiguas civilizaciones como los Mayas, los Aztecas y los Incas en América, o en la China, Egipto y Mesopotamia, realizaron sistemas de control de inundaciones o de deslizamientos, o tuvieron criterios preventivos para reducir el impacto de sucesos naturales o sociales. El historiador Romano Plinio El Viejo describe, por ejemplo, cómo los Egipcios habían desarrollado un sistema de predicción de hambrunas, haciendo un seguimiento a los niveles del Nilo. Indica Plinio El Viejo, que el incremento del nivel del río se medía sobre una escala, en la cual tenían bien calibradas unas marcas. Un nivel del río, en determinada fecha o época del año, si se encontraba por debajo de una marca definida, indicaba que el año siguiente habría hambruna. Había otras marcas que indicaban escasez, alegría por autosuficiencia, total confianza y, por encima de cierta marca, placer por la abundancia. Los Egipcios, paradójicamente, usaban este sistema para protegerse de un año malo en términos de abastecimiento de alimentos y no para las inundaciones. Tenían estimada la superficie que sería fertilizada, de acuerdo con el nivel que alcanzaba el río. Una gran inundación no era sinónimo de desastre sino de abundancia y cuando se presentaba un pronóstico de hambruna o escasez ajustaban los impuestos de los cultivos cosechados durante la estación que estaba vigente. Este es un ejemplo de gestión de riesgo y de un sistema de alerta, en este caso, para las hambrunas. La técnica de estimación de la superficie que sería inundada y fertilizada, también de alguna manera, se le podría asimilar como la herramienta de análisis de riesgo que aplicaban.

No obstante lo anterior, los fenómenos naturales, las pestes y otras crisis sociales también fueron relacionadas con designios divinos o mala suerte. Durante siglos este tipo de creencias se mantuvo en una u otra forma dentro de las sociedades, particularmente por la influencia de la religión. Las medidas de prevención-mitigación contra inundaciones, incendios y otros sucesos, comúnmente, se empezaron a aplicar recientemente sólo después de la ocurrencia de un desastre que hacía evidente la necesidad de protección. Excepto por los estudios de morbilidad y mortalidad en el campo de la salud, las primeras aplicaciones de la matemática de las probabilidades para la estimación del potencial de desastre por fenómenos naturales sólo se empezaron a tener en cuenta durante el siglo xx.

Durante siglos, las decisiones sobre el riesgo, fundamentalmente, estuvieron basadas en el sentido común, el saber tradicional, el ensayo y error, las creencias o el conocimiento no científico. Kervern y Rubise (1991) distinguen tres períodos: La edad de la sangre, que se caracterizó porque el hombre tranquilizaba su temor con sacrificios ofrecidos a la divinidad; la edad de las lágrimas, en la cual con el desarrollo del Cristianismo el miedo mayor conducía a plegarias y procesiones de diversa índole; y la edad de las neuronas, a partir de 1755, con el terremoto de Lisboa, cuando a raíz de este suceso Rousseau afirmó que el hombre es responsable del peligro e indicó que si los efectos del terremoto fueron tan terribles, la culpa es de los habitantes. Esta opinión marcó el comienzo de lo que en francés se le denomina *cindynique*: la ciencia del peligro (Soutadé 1998).

Hoy, debido a la confianza en los desarrollos de la ciencia y la tecnología, la sociedad cada vez más expresa su preferencia por la planificación, el pronóstico, las alertas y la prevención-mitigación (reducción de riesgos), en contraste con las respuestas *ad hoc* tradicionales a las crisis. Afortunadamente, el uso de análisis cuantitativos, altamente técnicos, de evaluación de riesgos que benefician la gestión de riesgos ha estado en aumento. Sin embargo, muchos de estos análisis, por su enfoque, no facilitan la toma de decisiones o no consideran aspectos multidisciplinarios, lo que podría significar un fútil avance, en algunos casos, o incluso un retroceso, en otros.

2.2. Revisión de definiciones y conceptos

El proceso de desarrollo mismo del hombre lo ha llevado a conceptualizar de manera apropiada elementos vinculados a su hábitat, medio ambiente y las posibilidades de interacción entre ellos. A pesar de que en principio se haya tenido una percepción confusa acerca del término *vulnerabilidad*, esta acepción ha contribuido a dar claridad a los conceptos de *riesgo* y *desastre*. Durante mucho tiempo estos dos conceptos se asimilaban a una posibilidad y a un hecho, asociados a una sola causa: el fenómeno, ante el cual no había mucho que hacer. Sin embargo, el marco conceptual de la vulnerabilidad surgió de la experiencia humana en situaciones en que la propia vida diaria normal era difícil de distinguir de un desastre. La gran mayoría de las veces existían condiciones extremas que hacían realmente frágil el desempeño de ciertos grupos sociales, las cuales dependían del nivel de desarrollo alcanzado, así como también de la planificación de ese desarrollo. Para ese entonces el proceso de desarrollo ya se había empezado a considerar como la armonía entre el hombre y el medio ambiente. Se empezó a identificar en los grupos sociales la vulnerabilidad, entendida como la reducida capacidad para ajustarse o adaptarse a determinadas circunstancias. Dicha vulnerabilidad ha sido definida de diferentes maneras, entre las que se citan las siguientes:

“Poder ser herido o recibir lesión, física o moralmente”. (Diccionario de la Real Academia Española, 1992).

“Características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural”.

“Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos en riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total”.

“Condición en la cual los asentamientos humanos o los edificios se encuentran en peligro en virtud de su proximidad a una amenaza, la calidad de la construcción o ambos factores”.

“Incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente. Inflexibilidad ante el cambio. Incapacidad de adaptarse al cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo”.

“Estar propenso a o ser susceptible de sufrir daño o perjuicio”.

Después del aporte conceptual de la escuela de la ecología humana y particularmente de White (1945/64/73), Kates (1962/71/78) y Burton (1962/68/78), la UNDR0 y la UNESCO promovieron una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones. El informe de dicha reunión, *Natural Disasters and Vulnerability Analysis* (UNDR0 1979) incluyó las siguientes definiciones:

- a) Amenaza, peligro o peligrosidad (*Hazard - H*). Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
- b) Vulnerabilidad (*Vulnerability - V*). Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.
- c) Riesgo específico (*Specific Risk - Rs*). Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.
- d) Elementos en riesgo (*Elements at Risk - E*). Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.
- e) Riesgo total (*Total Risk - Rt*). Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico *Rs*, y los elementos en riesgo *E*.

De esta manera, desde este punto de vista, la evaluación del riesgo (Ecuación 2.1) puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general:

$$R_t = E \cdot R_s = E \cdot H \cdot V \quad [2.1]$$

Conservando este marco conceptual propuesto por el grupo de expertos reunidos en 1979, el autor propuso en el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología (IZIIS) de Skoplie, antigua Yugoslavia, en 1985, eliminar la variable exposición *E*, por considerarla implícita en la vulnerabilidad *V*, sin que esto modificara sensiblemente la concepción original (Cardona 1985). En otras palabras: no se “es vulnerable” si no se “está expuesto”. El original de dicha formulación fue divulgada por Fournier d’Albe (1985), Milutinoviç y Petrovsky (1985b) y, posteriormente, por Coburn y Spence (1992). Esta manera de conceptualizar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, ampliamente aceptada desde entonces en el campo técnico y científico, y con mayor

frecuencia utilizada en las ciencias sociales, fue planteada por el autor (Ecuación 2.2) de la siguiente manera:

$$Rie |_{t} = (Ai, Ve) |_{t} \quad [2.2]$$

dicho de otra forma, esto significa que una vez conocida la *amenaza o peligro* Ai , entendida como la probabilidad de que se presente un suceso con una intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t , y conocida la *vulnerabilidad* Ve , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto e a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad i , el *riesgo* Rie se expresa como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e , como resultado de la ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a i . Es decir, el riesgo en general puede entenderse como la probabilidad de pérdida durante un período de tiempo t dado (Cardona 1985/86a).

Teniendo en cuenta lo anterior, el autor en 1986 propuso un glosario de términos relativos a la temática de la gestión del riesgo. Aunque existían términos y conceptos desarrollados para cada disciplina, en parte basados en los acordados en la reunión de expertos promovida por UNDRR en 1979 –como por ejemplo los términos propuestos por el EERI (1984/90)– para ese momento las definiciones no se habían generalizado. El Apéndice A contiene algunos de los términos originalmente propuestos por el autor (Cardona 1986b/90) y posteriormente depurados por él mismo en forma paulatina. Estos términos son consistentes a luz del marco conceptual de este trabajo.

Aunque *hazard* se refiere en inglés a peligro, a estar propenso de sufrir la acción de algo, a azar, el autor escogió el término *amenaza* como equivalente a *hazard*, por el concepto de presagio, advertencia o potencial ocurrencia que significa la palabra en castellano. El término *amenaza* en inglés se expresa más directamente mediante la palabra *threat*, la que también utilizan algunos autores de habla inglesa con el mismo significado de *hazard*. Aquí, por tanto, se utilizará el término *amenaza* para referirse a lo que otros autores denominan *peligro* o *peligrosidad*. Estas palabras pueden considerarse como sinónimos para efectos de este enfoque conceptual.

En general, hoy se acepta que el concepto de *amenaza* se refiere a un peligro latente o factor de riesgo externo de un sistema o de un sujeto expuesto, que se puede expresar en forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado. Por otra parte, la *vulnerabilidad* se entiende, en general, como un factor de riesgo interno que matemáticamente está expresado como la factibilidad de que el sujeto o sistema expuesto sea afectado por el fenómeno que caracteriza la *amenaza*. De esta manera, el riesgo corresponde al potencial de pérdidas que pueden ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la “convolución” de la *amenaza* y la *vulnerabilidad*. Así, el riesgo puede expresarse en forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un cierto sitio y durante un cierto período de tiempo.

Es importante mencionar que la *convolución* es un concepto que se refiere a la concomitancia y mutuo condicionamiento, en este caso, de la *amenaza* y la *vulnerabilidad*. Dicho de otra forma, no se puede ser vulnerable si no se está amenazado y no existe una condición de *amenaza* para un elemento, sujeto o sistema si no está expuesto y es vulnerable a la acción potencial que representa dicha *amenaza*. En otras palabras, no existe *amenaza* o *vulnerabilidad* independientemente, pues son

situaciones mutuamente condicionantes que se definen en forma conceptual de manera independiente para efectos metodológicos y para una mejor comprensión del riesgo. Así, al intervenir uno o los dos componentes del riesgo se está interviniendo el riesgo mismo. Sin embargo, dado que en muchos casos no es posible intervenir la amenaza, para reducir el riesgo no queda otra alternativa que modificar las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos. Esta es la razón por la cual con mucha frecuencia en la literatura técnica se hace énfasis en el estudio de la vulnerabilidad y en la necesidad de reducirla mediante medidas de prevención-mitigación, sin embargo lo que realmente se intenta de esta manera es la reducción del riesgo.

De acuerdo con lo anterior, la vulnerabilidad se puede definir como un factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño. La vulnerabilidad, en otras palabras, es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antropogénico se manifieste. La diferencia de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de dicho fenómeno.

Ahora bien, el término vulnerabilidad ha sido utilizado por varios autores para referirse a riesgo e incluso ha sido usado para referirse a condiciones de desventaja, particularmente en disciplinas de las ciencias sociales. Por ejemplo, se habla de grupos vulnerables para referirse a personas de edad avanzada, niños o mujeres. Sin embargo, de acuerdo con lo anteriormente expuesto, en rigor es necesario preguntarse: ¿vulnerable ante qué?. Es decir, debe existir la amenaza para efectos de que se presente una situación condicional, mutuamente concomitante, que representa el estar en riesgo. Si no hay amenaza no es factible ser vulnerable, en términos del potencial daño o pérdida que significa la ocurrencia de un desastre. De la misma manera, no hay una situación de amenaza para un elemento o sistema si dicho elemento no está *expuesto* a la misma y si no es vulnerable a la acción del fenómeno que representa el peligro o la amenaza considerada. Aunque esta puede parecer una sutileza innecesaria, el autor considera importante hacer esta distinción, pues en un momento dado se puede llegar a usar la calificación de vulnerable desde una perspectiva diferente al tema de los desastres (Salud Pública, Psicología, etc.). Una población puede ser vulnerable a los huracanes, por ejemplo, y no serlo a los terremotos o a las inundaciones. En relación con la utilización del término vulnerabilidad, ya Timmerman en 1981 indicaba que: “es un término de tan amplio uso que es casi inútil para efectos de una descripción cuidadosa, excepto cuando se usa como un indicador retórico de áreas de máxima preocupación”. En su trabajo relativo a la vulnerabilidad y la resiliencia concluye, indicando con un toque de ironía, que la vulnerabilidad real está en el inadecuado uso de los conceptos y en los modelos que se tiene de los sistemas sociales (Liverman 1990).

Al igual que, durante muchos años, se utilizó el término riesgo para referirse a lo que hoy se le denomina amenaza, actualmente se hace referencia también, en muchas ocasiones, a la palabra vulnerabilidad con el mismo significado de riesgo. El autor considera importante recordar que se trata de conceptos diferentes y su definición obedece a un enfoque metodológico que facilita el entendimiento del riesgo y su posibilidad de reducirlo o mitigarlo. En muchas ocasiones no es posible actuar sobre la amenaza o es muy difícil hacerlo; bajo este enfoque es factible comprender que para

reducir el riesgo no habría otra alternativa que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

2.3. Enfoques y evolución de los conceptos

A pesar de los primeros esfuerzos de la geografía y las ciencias sociales a partir de mediados del siglo xx (Kates 1971; White 1973; Quarantelli 1988; Mileti 1999), el tema de la evaluación del riesgo desde la perspectiva de la prevención de desastres ha sido tratado relativamente desde hace poco tiempo. Su concepción y análisis sistemático prácticamente lo asumieron los especialistas de las ciencias naturales con estudios acerca de fenómenos geodinámicos, hidrometeorológicos y tecnológicos tales como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, huracanes, inundaciones, accidentes industriales, etc. En otras palabras, inicialmente el énfasis se dirigió hacia el conocimiento de las amenazas por el sesgo investigativo y académico de quienes generaron las primeras reflexiones sobre el tema (Cutter 1994). Es importante mencionar que aún se conserva este énfasis, en particular en los países más avanzados, donde el desarrollo tecnológico hace factible conocer con mayor detalle los fenómenos generadores de las amenazas. Esta tendencia fue evidente durante los primeros años del "Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, DIRDN" declarado por las Naciones Unidas para los últimos años del siglo xx. (UNDRO 1990).

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, promovieron el estudio la vulnerabilidad física, la cual básicamente fue relacionada con el grado de exposición y la fragilidad o capacidad de los elementos expuestos para soportar la acción de los fenómenos. Este último aspecto permitió ampliar el trabajo a un ámbito 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 las normas de construcción de edificaciones e infraestructura (Starr 1969).

No obstante lo anterior, este enfoque ha sido bastante tecnocrático porque sigue dirigido hacia el detonante del desastre: la amenaza, y no hacia a las condiciones que favorecen la ocurrencia del desastre, que son las condiciones de vulnerabilidad global; concepto más amplio incluso que el de vulnerabilidad física. En los países en desarrollo la vulnerabilidad social es, en la mayoría de los casos, la causa de las condiciones de vulnerabilidad física. A diferencia de la amenaza que actúa como agente detonante, la vulnerabilidad social es una condición que se gesta, acumula y permanece en forma continua en el tiempo y está íntimamente ligada a los aspectos culturales y al nivel de desarrollo de las comunidades.

Sólo en los últimos años un mayor número de especialistas de las ciencias sociales se ha interesado de nuevo por el tema, razón por la cual aún existen grandes vacíos 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 o la representación que tienen las personas y las comunidades expuestas así como las autoridades gubernamentales encargadas de la gestión y de la toma

decisiones para la reducción o mitigación del riesgo. Por esta razón hoy se acepta que 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 fenómenos peligrosos en el mundo (Maskrey 1989/94).

2.3.1. Enfoque de las ciencias naturales

La denominación *desastres naturales* es muy común en la literatura y frecuentemente se ha utilizado para referirse a la ocurrencia de fenómenos severos de la naturaleza. Sucesos tales como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, huracanes, inundaciones, movimientos de masa, entre otros, han sido considerados directamente como sinónimos de desastre. Desafortunadamente, durante siglos, esta lectura ha favorecido la creencia de que no hay casi nada por hacer ante los desastres; debido al carácter avasallador, recurrente y la dificultad para predecir estos fenómenos se les ha considerado como inevitables. Esta lectura de los desastres también ha inducido a considerar que son hechos del destino o de la mala suerte e incluso se les ha atribuido causas sobrenaturales o divinas. Esto podría explicar porqué ciertas comunidades desde un punto de vista religioso consideran que estos sucesos no pueden ser intervenidos y que ante su ocurrencia no queda más que resignarse. No es de extrañar, entonces, que hubieran recibido el calificativo de “actos de Dios”, el cual subsiste en la legislación de estirpe anglosajona. Vestigios de este tipo de interpretación se encuentran en las legislaciones de algunos países europeos y latinoamericanos, donde el desastre sea de origen natural o antrópico es incluido en la categoría doble de “fuerza mayor y caso fortuito”, que da cuenta de aquel hecho que es a la vez imprevisible e irresistible.

Ahora bien, el interés de geofísicos, sismólogos, meteorólogos, geólogos, entre otros, por el entendimiento de los fenómenos de la naturaleza ha favorecido que el tema de los desastres siga siendo abordado por muchos como un asunto exclusivamente asociado con los mecanismos físicos que generan estos sucesos naturales. En muchas situaciones, desafortunadamente, se sigue manteniendo que los desastres son los fenómenos mismos. A pesar del avance tecnológico, la instrumentación geofísica, hidrológica y meteorológica, en la mayoría de los casos no es posible predecir con certeza y precisión la ocurrencia de un suceso futuro. Amparados en esta circunstancia hay quienes han justificado, ante comunidades afectadas, la ocurrencia de daños y pérdidas tratándolas como consecuencias inevitables. Incluso, algunas autoridades políticas han apelado a la lectura fatalista del fanatismo religioso de ciertas comunidades para eludir eventuales responsabilidades por negligencia u omisión.

El avance tecnológico ha facilitado la instrumentación de fenómenos naturales mediante sensores, incluso en tiempo real, que permiten dar alertas o avisos anticipados de sucesos intensos. Estos, sistemas de alerta, permiten que al menos se salven vidas, si una comunidad esta debidamente preparada para responder en forma adecuada en caso de que se presenten síntomas precursores antes de un evento mayor o que haya el tiempo suficiente para escapar del área de influencia de un suceso severo ya ocurrido. El estudio de los fenómenos geodinámicos e hidrometeorológicos, sin duda, ha contribuido, además, al conocimiento de la *amenaza* o peligro que representa la posible ocurrencia de fenómenos intensos y nocivos. En este sentido el aporte de las ciencias

naturales a la estimación del riesgo es notable y sin duda necesaria, sin embargo no es suficiente si el riesgo se entiende como el potencial de consecuencias o pérdidas en caso de que se presenten fenómenos naturales futuros.

Durante la segunda mitad del siglo xx, época en la cual el desarrollo tecnológico contribuyó notablemente al conocimiento de los fenómenos naturales, fue muy común que se le denominara riesgo a la estimación de la posibilidad de que un fenómeno se manifestara y por esta razón es común aún encontrar esta apreciación en los especialistas que estudian fenómenos como los terremotos, los deslizamientos, tormentas, etc. En los años 70 e incluso 80, por ejemplo, no había equívoco alguno si alguien al querer referirse a la probabilidad de ocurrencia de un terremoto hiciera mención que estaba estimando el riesgo sísmico; a finales de los 80 y particularmente en los 90 se empezó a utilizar de manera más amplia el concepto de amenaza sísmica para referirse a lo mismo. Una circunstancia que contribuyó a esta situación fue la valoración, por parte de los sismólogos, de la acción de la energía sísmica mediante la apreciación de sus efectos; en las construcciones por ejemplo. Aun cuando las denominadas escalas de intensidad siguen siendo una herramienta ineludible para calificación de los terremotos que no han sido instrumentados o medidos, su uso también ha contribuido en parte a la confusión que algunos han tenido entre amenaza y riesgo sísmico.

La declaración de los años 90 como el “Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales”, DIRDN, por parte de la Asamblea General de la Naciones Unidas, sin duda tuvo la influencia directa de los científicos de las ciencias naturales. De hecho esta iniciativa fue aprobada previamente en los Estados Unidos para el estudio específicamente de las *amenazas naturales* y fue promovida por Frank Press, un reconocido especialista de la Ciencias de la Tierra.

2.3.2. Enfoque de las ciencias aplicadas

Los trabajos de Robert Withman en Boston y de Michel Fournier d’Albe en Europa en los años 70 aportaron nuevos elementos a la estimación de daños o pérdidas en el caso de sismos, en forma complementaria a los modelos de estimación de la amenaza que se depuraban en ese momento. El énfasis en que el daño no sólo se debía a la severidad del fenómeno natural sino también a la fragilidad o vulnerabilidad de los elementos expuestos favoreció una concepción del riesgo y de desastre más adecuada.

Por otra parte, el enfoque de las compañías de seguros de “comprar riesgo”, que desde entonces fue entendido como pérdida factible y el análisis de la probabilidad de fallo o de “accidente” en sistemas mecánicos e industriales consolidó un nuevo paradigma en lo que atañe al análisis de riesgo, seguridad y confiabilidad de sistemas. A partir de este momento se le dio especial atención a las propiedades físicas del sistema que podía sufrir el daño por la acción de un fenómeno externo o de que pudiera ocurrir un fallo o siniestro en el sistema debido a la tecnología inherente del mismo. Las propiedades físicas como la elasticidad, la fragilidad e incluso la ductilidad o tenacidad de un material que se traducen en resistencia y capacidad de disipación de energía y, por otra parte, la rigidez, la masa y la forma tendrían un rol especialmente importante en la respuesta o capacidad de una estructura ante la acción de una o varias sollicitaciones o cargas externas aleatorias. Este podría considerarse como el aporte de la ingeniería y de las ciencias duras (Wiggins 1972; Hasofer 1974; Blockley 1992; Elms 1992; Stewart *et al.* 1997; Modarres *et al.* 1999; Melchers 1999; Sánchez-Silva

2000). Surgió de manera explícita el concepto de vulnerabilidad, el cual desde la perspectiva de los desastres y la modelación utilizando métodos probabilistas quedó claramente establecido en el reporte *Natural Disasters and Vulnerability Analysis* de UNDR0 de 1979 al que se hizo referencia previamente.

A partir de los años 80 y en especial en los años 90 este enfoque conceptual de los desastres fue ampliamente aceptado y difundido en Europa y luego en Japón y los Estados Unidos, donde el uso de la palabra vulnerabilidad se generalizó posteriormente. Sin dejar de reconocer la importancia en la valoración del riesgo de los fenómenos naturales, es decir de la amenaza, en este enfoque otros aspectos entraron a jugar un papel igualmente importante: los elementos expuestos y su vulnerabilidad, es decir los sujetos o sistemas que podrían ser afectados y sus características. Un sismo en un desierto o un huracán en el centro del océano, desde esta perspectiva, no pueden considerarse como un peligro al no haber nadie expuesto o que pueda ser afectado, es decir no significan riesgo para nadie en términos pragmáticos.

Por otra parte, disciplinas como la geografía, la planificación física, urbana o territorial, la economía y la gestión del medio ambiente, entre otras, también fortalecieron este enfoque de los desastres, que aquí se denomina enfoque de las ciencias aplicadas. Se empezaron a producir de manera más frecuente “mapas” con la participación de geólogos, ingenieros geotecnistas, hidrólogos, etc. quienes aportaron insumos para la identificación de zonas de peligro o amenaza, según el área de influencia de los fenómenos naturales (Hermelin 1991). Herramientas informáticas como los sistemas de información geográfica SIG han facilitado este tipo de identificación y análisis (Burby 1998; Maskrey 1998).

El uso de matrices daño, funciones o curvas de pérdidas, de fragilidad o vulnerabilidad, que relacionan la intensidad de un fenómeno con el grado de daño para tipos de edificios, por ejemplo, permitió la estimación de escenarios de pérdidas potenciales en caso de futuros terremotos en centros urbanos. Este tipo de estudios o análisis de riesgo se han planteado de manera más frecuente con la intención de aportar información de amenazas o riesgos a la planificación física y el ordenamiento territorial, como un insumo para la toma de decisiones (Smith 1992; Alexander 1993).

En este enfoque el riesgo se obtiene como el resultado de la modelación probabilista de la amenaza y de la estimación del daño que puede sufrir un sistema, el cual se puede obtener también en forma analítica o basado en información empírica. Esta posibilidad favorece que los resultados obtenidos puedan traducirse en pérdidas potenciales y puedan aplicarse, bajo el concepto de la relación beneficio/costo en la elaboración de códigos de construcción, normas de seguridad, planeamiento urbano proyectos de inversión (Elms 1998). La posibilidad de cuantificar y obtener resultados en términos de probabilidad han facilitado que este enfoque se consolide bajo el postulado que hace del riesgo una variable objetiva susceptible de cuantificación (Wiggins y Morán 1970; Vanmarcke 76; García, 1984; Galambos 1986/92; Liu *et al.* 1995).

2.3.3. Enfoque de las ciencias sociales

Desde la perspectiva de las ciencias sociales el tema de los desastres tuvo especial atención en los Estados Unidos a mediados del siglo XX, como resultado del interés del gobierno en el comportamiento de la población en caso de guerra (Quarantelli 1988/95/98). A partir de esa época podría decirse que se desarrolló una teoría social de

los desastres. Este enfoque involucra estudios principalmente sobre las reacciones y el comportamiento individual y colectivo (Drabek 1986; Dynes y Drabek 1994; Mileti 1996). En general, en los Estados Unidos, los estudios e investigaciones de los científicos sociales se ha dirigido hacia la reacción o respuesta de la población ante las emergencias y no hacia el estudio del riesgo propiamente dicho. Sin embargo, los aportes desde el ámbito de la geografía y de la llamada "escuela ecologista" que surgió en la Universidad de Chicago desde los años 30 (Dewey 1929; White 1945; Burton *et al.* 1978), podrían también considerarse concepciones desde una perspectiva socio-ambiental (Mitchell 1992; Mileti, 1999), que inspiraron el enfoque de las ciencias aplicadas posteriormente. Su énfasis en que desastre no es sinónimo de evento natural y sus aportes en relación con la necesidad de considerar la capacidad de "ajuste" o de adaptación de una comunidad ante la acción de eventos naturales o tecnológicos fue, sin duda, la base conceptual a partir de la cual se desarrolló el concepto de vulnerabilidad (incapacidad de ajustarse).

Por otra parte, en Europa y en algunos países en desarrollo, tanto en América Latina como en Asia, investigadores de las ciencias sociales han debatido en forma crítica, desde los años 80 y particularmente en los 90, los enfoques de las ciencias naturales y aplicadas (Maskrey 1984/93a; Maskrey y Romero 1986; Cardona y Sarmiento 1988; Jordán y Sabatini 1988). En general, su enfoque plantea que la vulnerabilidad tiene un carácter social y que no solamente está referida al daño físico potencial o a determinantes demográficas. Se postula que un desastre en realidad ocurre sólo cuando las pérdidas producidas por un suceso superan la capacidad de la población de soportarlas o cuando los efectos impiden que pueda recuperarse fácilmente. Es decir, que la vulnerabilidad no se puede definir o medir sin hacer referencia a la capacidad de la población de absorber, responder y recuperarse del impacto del suceso (Westgate y O'Keefe 1976). Así, para los expertos en ciencias políticas, pérdidas o efectos físicos similares en dos países con diferente salud económica e institucional pueden tener implicaciones muy distintas. Un suceso que puede pasar desapercibido en un país grande podría significar una catástrofe en un país pequeño, debido a la capacidad de cada uno de los sistemas sociales involucrados (Hewitt 1983/97). Daños similares en países ricos y pobres, por ejemplo, tienen implicaciones sociales más graves en los países pobres, donde usualmente los grupos sociales marginados son los más afectados (Wijkman y Timberlake 1984). De acuerdo con Susman *et al.* (1984) la vulnerabilidad "es el grado en que las diferentes clases sociales están diferencialmente en riesgo". Desde este punto de vista la vulnerabilidad esta establecida de acuerdo con las condiciones políticas, sociales y económicas de la población. Se propone, desde esta perspectiva, que las condiciones que caracterizan el subdesarrollo (marginalidad social, expropiación, explotación, opresión política y otros procesos asociados con el colonialismo y el capitalismo) han hecho, particularmente que las comunidades pobres sean más vulnerables a los desastres y hayan sido forzadas a degradar su ambiente.

Ahora bien, otros investigadores, como los que constituyeron la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, La RED, han planteado que la vulnerabilidad se configura socialmente y es el resultado de procesos económicos, sociales y políticos (La RED 1992). Por lo tanto, para modelar la vulnerabilidad es necesario tener en cuenta, aparte de los aspectos físicos, factores sociales como la fragilidad de las economías familiares y colectivas; la ausencia de servicios sociales básicos; la falta de acceso a la propiedad y al crédito; la presencia de discriminación

étnica, política o de otro tipo; la convivencia con recursos de aire y agua contaminados; altos índices de analfabetismo y la ausencia de oportunidades de educación, entre otros (Maskrey 1989; Wilches 1989; Lavell 1992; Cardona 1993b; Maskrey 1994; Lavell 1996; Mansilla 1996; Cardona 1996c/96d). En este sentido, se han propuesto modelos conceptuales del riesgo desde el ámbito de la economía política o neo-Marxismo, como el modelo de “presión-liberación” en el cual se postula que el riesgo es el resultado de la concurrencia de unas condiciones de vulnerabilidad y de unas posibles amenazas. La vulnerabilidad se obtiene de identificar las presiones y relaciones sociales desde lo global hacia lo local. En el nivel global se les denomina: “causas de fondo”, como las estructuras sociales, políticas y económicas; en un nivel intermedio se les llama: “presiones dinámicas”, como el crecimiento de la población, la urbanización y densificación, la degradación ambiental, la falta de ética, etc.; y el nivel local se les denomina: “condiciones de inseguridad”, como la fragilidad social, el daño potencial, la pobreza, entre otras. En este enfoque la prevención-mitigación debe ser concebida para “relajar” la presión de lo global a lo local de estos factores sociales y por lo tanto la reducción del riesgo deben dirigirse a intervenir en cada nivel las condiciones de inseguridad, las presiones dinámicas y las causas de fondo (Davis 1992; Wisner 1993; Cannon 1994; Blaikie *et al.* 1994/96).

Existen otros modelos conceptuales, como el “modelo de acceso” en el que, a diferencia del anterior, se propone que el riesgo se genera, desde lo local hacia lo global, como resultado de las dificultades que algunos grupos sociales o familias tienen para acceder a ciertos recursos a lo largo del tiempo. Se intenta identificar las limitaciones y las facilidades a través de los cuales se logra la acumulación o la disminución de capacidades importantes ante el potencial de un desastre (Wisner *et al.* 1976; Pelanda 1981; Sen 1981; Chambers 1989; Parker 91, Winchester 1992; Saavedra 1996). Su argumento se fundamenta en el hecho de que ante una igual amenaza o ante el mismo potencial de daño físico, el riesgo de las familias puede ser diferente dependiendo de la capacidad de cada una de absorber el impacto. Aunque algunos consideran que la vulnerabilidad, vista así, es un sinónimo de pobreza, quienes postulan el modelo indican que la pobreza se refiere a necesidades básicas insatisfechas y restricciones de acceso a los recursos, mientras que esta manera de ver la vulnerabilidad se refiere más bien a una falta de capacidad de defenderse y de superar una calamidad (Chambers 1989). Como derivación de estos planteamientos se ha llegado a argumentar que los conceptos de tropicalidad, desarrollo y vulnerabilidad –respectivamente desde el siglo XVII y hasta principios del XX, durante la posguerra y a finales del siglo XX– forman parte de un mismo discurso cultural de occidente, que se ha referido a amplias regiones del mundo de una misma forma generalizante y denigrante, como regiones dominadas por las enfermedades, golpeadas por la pobreza y propensas a desastres respectivamente (Bankoff 2001). Por otra parte, desde el punto de vista de la comunicación, considerando los procesos a través de los cuales se construye individual o colectivamente el significado de los conceptos, otros autores han asumido una posición crítica frente a los diferentes enfoques anteriores. Señalan que, en general, existe un carácter positivista y conductista en las diferentes propuestas conceptuales, debido a que en cualquier caso los conceptos formulados son descripciones estructuralistas o constructivistas de expertos con fines de intervención o manipulación. La mayoría de estos planteamientos hacen énfasis en el rol activo que las personas tienen en la construcción del significado del riesgo y en el papel de la comunicación

como poder de transformación, indicando que al ser el riesgo una apreciación, lectura o “imaginario” y no algo externo a las personas, es fundamental considerar las percepciones, actitudes y motivaciones individuales y colectivas, las cuales pueden variar de manera notable de un contexto a otro, si se desea comprender mejor el tema (Johnson y Covello (1987); Slovic 1992; Luhmann 1993; Maskrey 1993b/94; Adams 1995; Muñoz-Carmona 1997).

2.4. Crítica a los diferentes enfoques

La concepción del riesgo y la terminología asociada a su definición no sólo ha variado con el tiempo. También ha variado desde la perspectiva disciplinar desde la cual se ha abordado su noción. Esto significa, que a pesar del refinamiento con que se le trata desde los diferentes ámbitos del conocimiento, no existe en realidad una concepción que unifique las diferentes aproximaciones o que recoja de manera consistente y coherente los distintos enfoques. Aun cuando al referirse a riesgo la mayoría de quienes están relacionados con el tema de los desastres cree que se está hablando del mismo concepto, en realidad existen serias diferencias que no facilitan identificar con claridad de qué manera se puede reducir con éxito; es decir, de qué forma se debe llevar a cabo su gestión con eficacia y efectividad.

El aquí llamado enfoque de las ciencias naturales es una visión parcial o reduccionista, que sin duda ha contribuido al conocimiento paulatino de una parte fundamental del riesgo: la amenaza. Sin embargo, el que todavía se confunda el concepto de riesgo con el concepto de amenaza puede tener implicaciones insospechadas. Un evento natural intenso no es sinónimo de desastre y por lo tanto el riesgo no debe entenderse exclusivamente como la posibilidad que se presente un fenómeno natural, como un terremoto, una erupción volcánica, un huracán, etc. Este tipo de concepción ha contribuido a desorientar la lectura o el “imaginario” de la población expuesta. De esta circunstancia, incluso, se han aprovechado autoridades políticas inescrupulosas, argumentando que las consecuencias no se pueden evitar por tratarse de hechos de la naturaleza. Aún más, esta concepción ha favorecido virtualmente a mantener en algunas legislaciones figuras jurídicas que liberan de culpabilidad a quienes han obrado negligentemente en su deber de proteger la comunidad y sus bienes.

El enfoque aquí llamado de las ciencias aplicadas difiere del enfoque de las ciencias naturales en que su interés está dirigido hacia los efectos del suceso sobre un elemento expuesto y no hacia el suceso mismo. Sin duda, el aporte de la ingeniería desde la perspectiva de la confiabilidad, la seguridad y el análisis de riesgo, al estudiar la capacidad de un sistema de mantener su función o aptitud, significa un salto o un cambio de paradigma en lo que atañe al entendimiento del problema. Sin embargo, aunque mediante esta concepción se propone un concepto de riesgo más adecuado, de todas maneras este enfoque sigue siendo parcial y reduccionista. El análisis de riesgo cambia notablemente si el sistema en vez de ser una estructura (una planta nuclear o una industria química, etc.) es una comunidad o la sociedad misma. La extrapolación metodológica y el uso de conceptos como “probabilidad”, “consecuencias” y “contexto” debe realizarse con extremo cuidado. La aceptabilidad o el análisis beneficio/costo son aspectos notablemente diferentes cuando el sistema expuesto es la sociedad o un subconjunto de ella o cuando en el proceso de análisis se deben tener en cuenta variables sociales, culturales, institucionales y/o políticas. En general, las

metodologías desarrolladas bajo este enfoque, cuando se trata de desastres, no son suficientes para ofrecer estimaciones del riesgo completas. En la práctica, tienden a ser, más bien, evaluaciones de vulnerabilidad física que suplantán la evaluación del riesgo, el cual se deja a la postre como un resultado secundario. Mediante estas técnicas es usual que el riesgo se valore en términos económicos, como el producto de estimar el costo de reposición de la fracción deteriorada del sistema vulnerable afectado y, en el mejor de los casos, otros costos asociados como el lucro cesante. Incluso, es común encontrar, en el caso de escenarios futuros de pérdidas, que se le denomine “impacto social” a la estimación global de posibles víctimas, en términos de muertos y heridos. Aunque esta información es un dato importante, por ejemplo para la atención de emergencias, confirma la visión restringida y el desconocimiento que tiene el enfoque de las ciencias aplicadas de los aspectos sociales, culturales, económicos y políticos que deben reflejarse en la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo desde la perspectiva de los desastres. No sobra mencionar que, excepto en el caso sísmico, la vulnerabilidad planteada por este enfoque, en relación con la planificación territorial, ha tenido la tendencia a ser considerada como una constante por el hecho de que el elemento esté expuesto o ubicado en el área de influencia del fenómeno peligroso. Muchos mapas de amenaza se han convertido por esta vía, sin mayor dificultad, en mapas de riesgo, donde la vulnerabilidad es invariante por estar los elementos físicamente expuestos. Por lo tanto, este enfoque le sigue dando una especial importancia a la amenaza y la sigue considerando tácitamente como el origen o la causa única del desastre. El uso de sistemas de información geográfica SIG a favorecido esta circunstancia y la visión un tanto “fotográfica” o “congelada” del riesgo. En el mejor de los casos, el iluminante concepto de vulnerabilidad, propuesto a la luz de este enfoque, se utiliza al final de cuentas sólo para explicar el daño físico y otros efectos colaterales directos. Riesgo, desde esta perspectiva, en general se ha interpretado como un potencial de pérdidas según los daños factibles. El desastre —es decir, la materialización del riesgo— se ha visualizado, de manera restringida, a las pérdidas que representan los daños ocurridos y no, de manera amplia y por derivación, a las consecuencias o al impacto que se causa sobre la sociedad que sufre dichos daños o pérdidas. Sin duda, a esta interpretación ha contribuido el percibir la vulnerabilidad sólo como “exposición” o, en el mejor de los casos, como susceptibilidad a sufrir daños, sin hacer prácticamente ninguna referencia a la resiliencia; que está relacionada con las implicaciones que pueden tener los daños o pérdidas.

En cuanto al aquí llamado enfoque de las ciencias sociales, se puede afirmar que, desde la perspectiva de los desastres, su aporte a la concepción del riesgo fue inicialmente tímido, debido a la marcada tendencia que se tuvo a estudiar el comportamiento y la respuesta de la población en situaciones de emergencia o en caso de su inminencia. En los países desarrollados, los científicos sociales, le han dado un notable énfasis al estudio del riesgo desde el punto de vista de lo cotidiano y de seguridad de las personas ante hechos tecnológicos que puedan afectar su salud. En pocos casos se ha demostrado un interés especial en la percepción de individuos o colectividades sobre posibles desastres, con excepción de eventos bélicos, y aún menos a las implicaciones o a los procesos que contribuyen a la incubación social de los mismos. Algunos trabajos, no obstante, han hecho algún énfasis en la capacidad de las comunidades de absorber el impacto o de recuperarse después de un suceso. Estos trabajos han tenido el mérito de cuestionar la visión restringida de las ciencias

aplicadas, al indicar que la vulnerabilidad no debe ser considerada exclusivamente como la posibilidad de un daño físico. Sólo en los últimos años del siglo XX han surgido con mayor frecuencia planteamientos que abordan el tema del riesgo considerando que la vulnerabilidad e incluso que la amenaza, en ocasiones, puede ser el resultado de procesos sociales, económicos y políticos. Si bien este tipo de enfoque parece ser el más completo, en muchos casos le ha dado un énfasis tal a la lectura y modelización social de la vulnerabilidad que ha llegado a omitir o inadvertir que el impacto ambiental y los daños físicos potenciales son fundamentales a la hora de tener una concepción y una estimación del riesgo. La vulnerabilidad, desde esta perspectiva, ha tenido la tendencia a interpretarse como una “característica” y no como una condición o predisposición, resultado de una susceptibilidad, unas fragilidades y una falta de capacidad para recuperarse. Incluso, algunos autores llegan a perder de vista la amenaza, que de todas maneras se requiere para establecer la noción de riesgo. No sobra mencionar, que el concepto riesgo está asociado a decisión, lo que implica dimensionarlo en función del tiempo; esto es lo que determina si hay algo por hacer o no. Pero sin amenaza, sin fenómeno detonante factible, y con una vulnerabilidad interpretada como si ella fuese una característica, aunque la vulnerabilidad permaneciera “eternamente”, no habría riesgo ni desastre. No es extraño que algunos autores del enfoque de las ciencias sociales tengan la tendencia o el sesgo a considerar la pobreza como la vulnerabilidad misma y no como un factor de vulnerabilidad. Algunos, que intentan alejarse de esta concepción, precisan que la pobreza la determinan procesos históricos que restringen el acceso de las personas a los recursos y que la vulnerabilidad está determinada por procesos históricos que restringen que las personas tengan medios para enfrentar las amenazas o el acceso a la protección o a la seguridad. Sin embargo, en general, pocos trabajos se refieren al riesgo o se limitan a tratar la vulnerabilidad como su sinónimo, pero quizás su mayor carencia está en que, con el argumento de que el riesgo es algo más bien subjetivo, no se intenta estimarlo o se utilizan técnicas poco consistentes para hacerlo.

De lo anterior se deduce que no obstante los notables avances en la concepción del riesgo, debido a los enfoques de las diferentes disciplinas relacionadas, existe una alta fragmentación que no ha permitido concluir una teoría consistente y coherente del riesgo desde la perspectiva de los desastres. Es de esperarse que siempre existirán diferentes enfoques y aunque se podría argumentar que dicha circunstancia puede ser irrelevante, el autor considera que parte de las dificultades para lograr una gestión efectiva del riesgo ha sido la falta de una concepción integral del riesgo que facilite su estimación e intervención desde una perspectiva multidisciplinar. En otras palabras, la ausencia de una teoría holística del riesgo, desde el punto de vista de los desastres, ha favorecido o contribuido en parte a que el problema crezca a una velocidad mayor que la velocidad de sus soluciones.