

Capítulo 9

Conclusiones y trabajo futuro

El final del siglo XX tuvo en 1998 y 1999 dos años en los que se produjeron desastres muy notables en el mundo. En 1998, cuando aun no se habían acabado los efectos del fenómeno de El Niño en diversos lugares, ocurrieron dos grandes huracanes que afectaron gravemente al Caribe y a Centro América: el George y el Mitch, que dejaron consecuencias sin precedentes en esas regiones. En 1999 ocurrió un número sorprendentemente grande de desastres causados por terremotos. El primero de consecuencias mayores ocurrió en enero en la zona cafetera de Colombia (Escallón y Alarcón 1999; García 1999; INGEOMINAS 1999; Jaramillo y Cowan 1999; Sarriá 1999; Cardona 2000; . Posteriormente, se produjeron daños en la India, en Chamoli, en marzo, y en México, en Tehuacán, en junio. En el segundo semestre, en agosto, ocurrió uno de los más dramáticos desastres sísmicos en tiempos modernos: el terremoto de Koçaeli, en Turquía (Erdik 1999; EERI 1999; MCEER 1999; Mitchell 1999; Cardona y Barbat 2000a). Luego, en septiembre hubo un terremoto que afectó gravemente Atenas, Grecia, y otro muy severo que produjo graves daños en Taiwán en el mismo mes, el terremoto de Chi-Chi. Unos días después, la ciudad de Oaxaca, en México, fue sacudida por un terremoto y en noviembre, la zona de Düzce, de nuevo en Turquía, fue afectada por otro fuerte sismo. El año 1999 terminó con un desastre de otra índole pero que contribuyó a elevar las víctimas por desastre de manera notable: enormes deslizamientos y flujos de escombros destruyeron un amplio número de poblaciones del Estado de Vargas, en Venezuela, en diciembre. Resulta irónico que este tipo de situaciones se haya exacerbado tan notablemente para terminar los años 90, cuando en la misma época finalizaba el *Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales*, promovido por la Naciones Unidas para estimular la mitigación y prevención de los desastres en los diferentes países del mundo. Iniciado el primer decenio del siglo XXI, ya se han registrado nuevos desastres sísmicos que han causado innumerables muertos y pérdidas de vidas en la Provincia de Gujarat en la India y en El Salvador, en Centro América.

La mayoría de estos desastres tienen grandes similitudes que nos permiten reflexionar sobre el riesgo y expresar una profunda preocupación sobre el hecho de que estos escenarios se repetirán con certeza en el futuro, con consecuencias similares o peores, en los mismos o en otros lugares del mundo. Todo esto como resultado de la

poca atención que se le ha dado al tema del riesgo y de la poca voluntad política para hacer prevención en forma decidida.

Impacto económico y social del terremoto del Quindío, Colombia 1999

Las cifras de las pérdidas indican que 1230 personas perdieron la vida y que se atendieron 5300 heridos en los hospitales. El número de afectados se calcula en 200 000, que perdieron su vivienda y sus espacios de trabajo. El terremoto causó daños a cerca de 45 000 edificios en las poblaciones de la zona cafetera, lo que significa una pérdida económica directa, sin incluir pérdidas en el comercio y la industria, de cerca de 1800 millones de dólares. El impacto total del sismo puede ser del orden del 1,5% del PIB del país, el cual tuvo un crecimiento económico de sólo el 0,2% en 1998, considerado el peor en los últimos 57 años. Este terremoto afectó gravemente una de las zonas más prosperas de Colombia, que más tributa al tesoro nacional, no obstante que desde hace varios años se encuentra en una grave crisis económica, debido al desequilibrio de la economía del café al nivel internacional. De los edificios afectados, se estima que sólo el 10% estaban cubiertas por seguro contra terremoto, que en su mayoría cubría sólo el 72% del valor del edificio, dado que en muchos casos existía un co-seguro con el propietario. Muchos de los edificios estaban infra-asegurados. La mayoría de los edificios asegurados corresponde a viviendas con deuda hipotecaria. En el sector agrícola del café, se calcula que el impacto pudo involucrar 8000 edificios, lo que compromete el futuro cercano de la producción cafetera.

Impacto económico y social del terremoto del Mar de Mármara, Turquía 1999

De acuerdo con la información oficial del General Directorate of Disaster Affairs, Earthquake Research Department de Turquía de 9 de septiembre de 1999, las cifras de pérdidas indicaban que 15 613 personas perdieron la vida, pero se desconocía el número de desaparecidos. Ocurrido el terremoto del 12 de noviembre de 1999, se estimaba que la cifra oficial de fallecidos había alcanzado los 18 000, pero el número de desaparecidos aun seguía siendo un número sin cuantificar. Se atendieron 23984 heridos en los hospitales. El número de afectados se calculaba en 220 000 personas que perdieron su vivienda y sus espacios de trabajo. En cifras redondas, los dos terremotos causaron daños graves y la pérdida total de cerca de 77 000 unidades de vivienda que no son reparables, daños moderados a 75 500 y daños leves a 87 000. Se estima que 15 400 edificios colapsaron o sufrieron daños severos, lo que significa una pérdida económica directa de aproximadamente 5000 millones de dólares. Los daños en la industria se estiman 2000 millones de dólares. Los daños en vías y puertos se calculan en US\$ 1400 millones de dólares y, en general, se estima que incluyendo otras pérdidas de carácter socioeconómico, las pérdidas pueden sumar 16 000 millones de dólares, lo que significa un impacto total del sismo del orden del 7% del PIB del país. Sin embargo, se considera que la cifra podría llegar a 25 000 millones de dólares al realizar un análisis más detallados. Este terremoto afectó de manera grave una de las zonas más prosperas de Turquía, de notable desarrollo industrial en los últimos veinte años y con un importante desarrollo turístico que se tradujo en una notable actividad de la construcción de edificios en los últimos años. Aun cuando los daños en la industria se encuentran aparentemente cubiertos en su totalidad, se estima que sólo el 8% de los edificios afectados estaban cubiertos por seguros. El sismo del 12 de noviembre, por su parte, causó daños graves en más de 100 edificios, cerca de 700 personas perdieron la vida y 800 fueron atendidas por las instituciones de salud. No obstante que este desastre favoreció mejora de las relaciones internacionales de Turquía con Grecia y con la Unión Europea, esta crisis compromete de manera severa su desarrollo económico y social. En los últimos años, Turquía ha realizado esfuerzos para lograr pasar a la categoría de los países desarrollados. Infortunadamente, el impacto en la industria del terremoto y el proceso de reconstrucción implicarán gastos que cambiarán las políticas y programas de gobierno así como su nivel de endeudamiento, lo que se traduce en empobrecimiento, retraso por varios años y un obstáculo más para lograr entrar en el grupo de países desarrollados del mundo.

Muchas regiones y países tienen situaciones de riesgo similares. Edificios con las mismas características, vulnerables por ejemplo a los terremotos, que se siguen construyendo en muchas ciudades del mundo. Finalizando el siglo ocurrieron varios desastres notables en varios países, pero probablemente en los próximos años esta situación se repetirá en otros lugares. Para que haya un desastre sísmico, por ejemplo, no sólo se requiere que exista una alta amenaza o peligrosidad sísmica. Una alta vulnerabilidad de los edificios de una zona, que con frecuencia está asociada al hecho de que durante un largo período de tiempo se haya considerado como bajo el nivel de amenaza sísmica en el sitio, también puede dar origen a un desastre, incluso con un sismo menor o moderado. El nivel de la amenaza sísmica, como se sabe, es completamente dependiente del tiempo de exposición en el cual se espera, en términos probabilistas, que puede ocurrir un suceso de cierta severidad. Subestimar la amenaza sísmica es la razón por la que muchos desastres pueden ocurrir en lugares donde la vulnerabilidad sísmica de los edificios es alta y la amenaza se considera de menor importancia. En muchas ciudades, donde el desarrollo urbano es el resultado de un proceso histórico de edificación de varios siglos, se ha hecho evidente que no es cierto que la vida de los edificios sea corta, tal como se considera cuando se definen los períodos de retorno de los sismos utilizados en el diseño de los edificios.

Sin duda, no es posible intervenir mediante refuerzos estructurales todos los edificios vulnerables existentes en una zona, pues en muchos lugares del mundo la mayoría han sido construidos sin tener en cuenta los requisitos sismorresistentes modernos. Sin embargo, es una negligencia y una grave omisión no rehabilitar o reforzar desde el punto de vista sísmico al menos los edificios esenciales, tales como hospitales, cuarteles de bomberos, centrales de líneas vitales y, en general, los edificios indispensables para la atención de la comunidad una vez haya ocurrido un terremoto. En cada ciudad debería existir un inventario de edificios vulnerables identificados y una priorización de la intervención preventiva de acuerdo con su importancia y su grado de vulnerabilidad sísmica. Es una obligación de la generación actual con las futuras generaciones reducir la vulnerabilidad sísmica tanto como sea posible y garantizar la aplicación del estado del conocimiento y de los requisitos de sismorresistencia a todas las construcciones que se realizan en la actualidad, al menos para evitar que aumente la vulnerabilidad física y el riesgo sísmico.

Teniendo en cuenta la magnitud de los desastres que pueden ocurrir en el futuro, las dificultades de comunicación que se pueden presentar en esas circunstancias, las restricciones para una evaluación inmediata de los daños, la falta de recursos para atender la crisis y la ausencia de capacitación del personal que debe asumir la atención de una emergencia de este tipo, es posible que a cualquier país o región le ocurra una situación de estas características. Esto no disculpa la demora y falta de coordinación institucional de las entidades oficiales, pero sí ratifica que, aun existiendo una alta capacidad de respuesta y reacción ante un desastre, dicha capacidad siempre será un mínimo paliativo y la crisis será siempre abrumadora. Sin duda, estos sucesos pueden producirse en muchos otros lugares del mundo y sus consecuencias podrían ser similares. En el caso de los terremotos, aplicar en forma correcta las normas de diseño y construcción sismorresistente, reforzar los edificios sísmicamente vulnerables y llevar a cabo medidas de prevención y reducción del riesgo a todo nivel, considerando aspectos sociales, económicos, culturales y ambientales, es el único y verdadero camino para reducir las consecuencias de un fenómeno de esa naturaleza.

9.1. Conclusiones

En general se puede concluir que 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.

A manera de síntesis y como resultado de la realización de este trabajo se pueden presentar las siguientes conclusiones:

1. 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 ha tratado desde los diferentes ámbitos del conocimiento, no ha existido en realidad una concepción que unifique las diferentes aproximaciones o que recoja de manera consistente y coherente los distintos enfoques. 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.
2. A diferencia de lo comúnmente considerado, los planteamientos realizados en este trabajo indican que el riesgo mismo es el problema fundamental y que el desastre es un problema derivado. Este cambio paradigmático, a criterio del autor, debe estar acompañado por un creciente énfasis en la relación que los riesgos y los desastres deben guardar con los procesos de desarrollo y, en consecuencia, con la problemática ambiental. La ciencia es necesaria pero no es suficiente para garantizar la reducción del riesgo ante los fenómenos naturales y la gestión del riesgo debe surgir como un componente fundamental de la planificación y como una estrategia ineludible para lograr un desarrollo sostenible.
3. El análisis de riesgo basado en modelos probabilistas ha contribuido notablemente a realizar valoraciones consistentes que han sido incorporadas implícitamente en innumerables normativas y leyes. Sin embargo, estas técnicas no han sido suficientes por sí solas para definir la aceptabilidad del riesgo. Aunque se argumente su supuesta objetividad, muchos de sus fundamentos e hipótesis son subjetivas, razón por la cual es cuestionable que el "riesgo aceptable" se determine exclusivamente mediante este tipo de enfoque. Al respecto aún queda mucho camino que recorrer, pues parece ser que es necesario combinar los resultados de los análisis probabilistas con apreciaciones u otras valoraciones cualitativas que dependen en la mayoría de los casos de la percepción del riesgo.
4. La revisión del estado del conocimiento en materia de evaluación del daño sísmico ha permitido identificar la manera como se puede llevar a cabo la estimación del riesgo sísmico físico en forma analítica cuando no existe buena información o datos que no son realistas. Se puede generar de manera sintética una muestra de los diferentes estados de daño en modelos de edificios que sean representativos en el sitio en diferentes épocas. Funciones de fragilidad o vulnerabilidad se pueden

obtener en la actualidad utilizando técnicas de simulación y la aplicación del método de Monte Carlo.

5. Para hacer gestión del riesgo es necesario dimensionarlo y para dimensionar el riesgo 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. Por lo tanto, el riesgo, es decir las consecuencias potenciales, no sólo está relacionado con el impacto de un suceso peligroso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y sus implicaciones en el área geográfica considerada.
6. Se ha propuesto un enfoque conceptual unificado del riesgo, teniendo en cuenta diferentes perspectivas disciplinares, con el objetivo de sustentar un planteamiento teórico coherente y consistente. Este enfoque o estimación holística del riesgo se ha fundamentado en la teoría de los sistemas dinámicos complejos o no lineales y para su modelización se han propuesto dos técnicas diferentes de análisis multicriterio: indicadores relativos y redes neuronales difusas. Su propósito ha sido involucrar y orientar las decisiones durante el mismo proceso de simulación de los factores de riesgo. De estas técnicas se espera que dada su adecuación al problema, su transparencia técnica, su versatilidad y la posible legitimidad con que puedan ser utilizadas en el futuro, contribuyan a facilitar la desmitificación del riesgo sísmico y a formular de manera eficiente políticas públicas eficaces que lo reduzcan.
7. Las técnicas de modelización del riesgo sísmico urbano desde una perspectiva holística se aplicaron a Bogotá, Colombia. La principal ventaja de estas técnicas ha sido la posibilidad de desagregar los índices en descriptores y éstos a su vez en indicadores, para identificar, de esta manera, la razón por la cual una localidad de la ciudad presenta un mayor índice de riesgo sísmico que otra. Esta virtud permitió verificar los resultados y priorizar las acciones de prevención y planificación que se deben implantar para la intervención y modificación de las condiciones que más influyen en el riesgo sísmico de la ciudad.
8. Se ha propuesto como política pública la reducción de riesgos, entendida como el conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, con el fin de disminuir o mitigar el riesgo existente. Este concepto juega un papel delimitador respecto a otro conjunto acciones cuyo objetivo es intervenir principalmente cuando ya ha ocurrido un desastre; es decir los preparativos para la atención de emergencias, la respuesta y la reconstrucción. La gestión de riesgos, así planteada, tiene como objetivo articular los dos tipos de intervención, dándole un papel principal a la prevención-mitigación, sin abandonar la intervención sobre el desastre, la cual se vincula al desarrollo de las políticas preventivas que en el largo plazo conducen a disminuir de manera significativa las necesidades de intervenir sobre los desastres ya ocurridos.

9.2. Recomendaciones para futuros trabajos

Intentar modelizar el riesgo de manera integral y desde una perspectiva multidisciplinar es tratar de simular un contexto dinámico, complejo, no lineal, donde se presenta la interacción de varios sistemas. La simulación, tal como lo plantea Jorge Wagensberg (1997) es una alternativa legítima de aproximación a la realidad, pues aunque no es propiamente teoría ni tampoco es experiencia, permite explorar

comportamientos y tendencias. Los planteamientos que aquí se han presentado se espera que puedan verificarse con el tiempo mediante simulaciones eventualmente más depuradas, pero en todo caso sencillas y transparentes, para que sean realmente útiles. La parametrización que aquí se utilizó no es más que un modelo simplificado, al que continuamente se le pueden introducir correcciones o esquemas alternativos.

En el caso de la técnica basada en índices e indicadores, el campo está abierto para identificar nuevos parámetros que reflejen aspectos del riesgo de la manera más fiel posible. Incluso, de ser necesario, podrían proponerse desde ahora nuevos descriptores para los cuales se realice un cuidadoso levantamiento de información hacia el futuro. Es importante identificar las fuentes de error tanto de la información como de los modelos mismos y estimar la sensibilidad, por ejemplo, por modificaciones en aspectos como los factores de participación, la composición de los indicadores, etc. Sería interesante explorar técnicas que involucren umbrales, manteniendo la posibilidad de utilizar valores commensurables relativos, que permitan el monitoreo en forma directa de los indicadores; esto con el fin de desarrollar sistemas de alerta temprana de los factores de vulnerabilidad del contexto. En general, pueden realizarse depuraciones o ajustes que contribuyan a mejorar la calidad del proceso de toma de decisiones.

Por otra parte, en relación con la técnica basada en conjuntos difusos y redes neuronales, el autor considera que existe una diversidad de posibilidades que hace intuir que se está apenas en los inicios de una nueva forma de aproximarse a problemas complejos donde los modelos reduccionistas son inconvenientes y muy limitados. Al respecto del modelo propuesto hay posibilidades, por ejemplo, de refinar las funciones de pertenencia por parte de expertos e incorporar nuevos criterios de saturación. Esta situación se puede presentar debido a que se identifiquen nuevos componentes que, al alcanzar ciertos valores causan un elevamiento brusco de los valores de los índices. Con esto se pretende modelar el hecho de que algunos desastres son detonados por unos pocos componentes críticos antes que por la suma de las contribuciones de todos los componentes, como se tiene en la versión actual. También, es deseable contrastar del modelo con datos reales, con el fin de validarlo periódicamente para su debida aplicación en la planeación territorial, económica y social. Finalmente, podría ser muy interesante explorar el uso de reglas de lógica difusa y, si los modelos lo requirieran, explorar algoritmos genéticos y evolutivos (Peña 2000).

A raíz de la realización de este trabajo que aquí concluye, el autor ha tenido la oportunidad de iniciar la orientación de dos proyectos en el ámbito internacional, cuyo objetivo es la modelización de la vulnerabilidad y el riesgo desde una perspectiva holística, utilizando indicadores y sistemas expertos basados en redes neuronales y conjuntos difusos. El primero de ellos es la elaboración del Índice de Vulnerabilidad Global (de Riesgo) por desastres, IVG, para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, en Ginebra (UNDP 1999). Se espera, que al igual que el conocido Índice de Desarrollo Humano, IDH, de las Naciones Unidas, se pueda obtener un IVG para todos los países del mundo, con el objetivo de promover la gestión de riesgos y categorizar anualmente regiones y países a través del Reporte de Vulnerabilidad Global (Global Vulnerability Report, en inglés). Por otra parte, un segundo proyecto que involucra diez países de América Latina y el Caribe se ha iniciado en Washington, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, BID. Su objetivo es la definición y el análisis de diferentes tipos de indicadores de vulnerabilidad y desempeño sobre gestión de riesgos y sus fundamentos conceptuales.