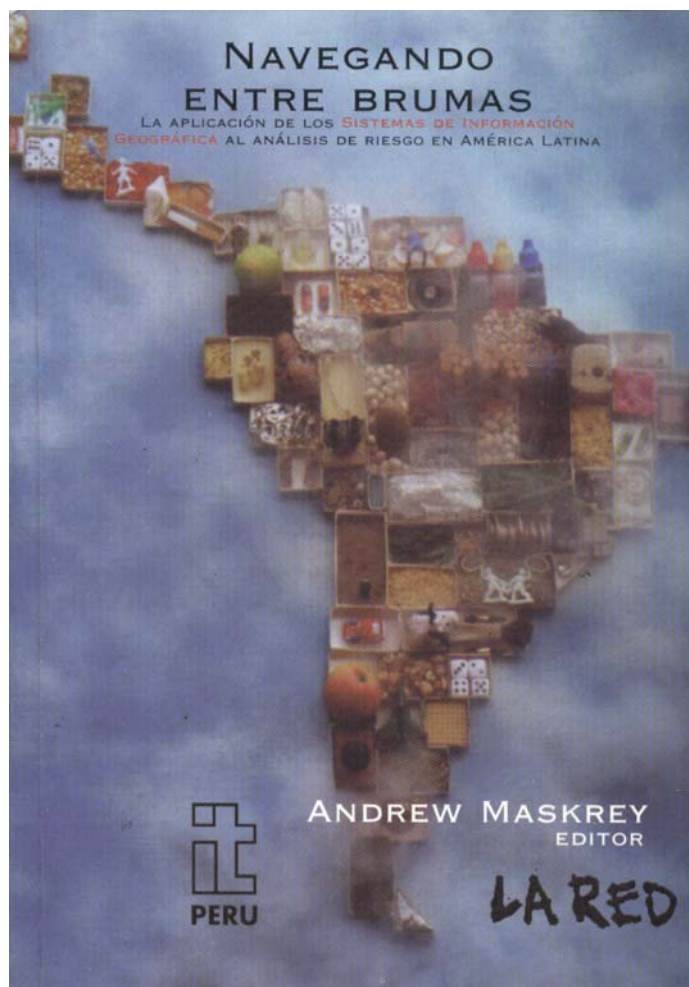




ANDREW MASKREY
Editor

NAVEGANDO ENTRE BRUMAS

LA APLICACIÓN DE LOS **SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA** AL ANÁLISIS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA

LA RED

Red de Estudios Sociales en Prevención de
Desastres en América Latina

1998

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 3: ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES SIG PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	4
ANDREW MASKREY	4
1. EL DISEÑO DE MODELOS ESPACIALES DE RIESGO	4
2. LA DISPONIBILIDAD, COBERTURA Y CALIDAD DE LOS DATOS	12
3. LA GESTIÓN DEL ERROR EN LA INTEGRACIÓN DE LOS DATOS	17
4. LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SIG EN ORGANIZACIONES.....	20

CAPÍTULO 3: ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES SIG PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Andrew Maskrey

El diseño de aplicaciones SIG en América Latina, que refleje los enfoques sociales y holísticos del riesgo, y que sea capaz de generar información que refleje diferentes imaginarios de riesgo, significa enfrentar un conjunto de problemas de orden conceptual, metodológico y contextual: la falta de desarrollo de modelos espaciales de riesgo capaces de representar en un ambiente SIG el complejo de variables que interviene en un escenario de riesgos, la ausencia de fuentes de datos con cobertura espacial, temporal y calidad adecuada para alimentar los modelos espaciales, la existencia de errores en la información producida y las dificultades de su verificación y, por último, la utilización de metodologías inapropiadas para la implementación de SIG en organizaciones de la región. Con el fin de mejorar la relevancia, efectividad y eficiencia de las aplicaciones SIG para el análisis de riesgos en la región, es preciso estudiar con detenimiento este conjunto de problemas y sugerir posibles estrategias frente a ellos.

1. EL DISEÑO DE MODELOS ESPACIALES DE RIESGO

Para analizar riesgos en un ambiente SIG, el riesgo tiene que representarse como un modelo espacial. En el modelo espacial en un SIG, los fenómenos del mundo real se representan como entidades espaciales (puntos, líneas, polígonos, superficies o redes). Un fenómeno que no puede representarse por algún tipo de entidad espacial no puede incorporarse en un modelo espacial. Cada entidad espacial tiene que ser georreferenciada, para mostrar dónde se ubica el fenómeno. Los modelos espaciales también tienen que poder representar los atributos del fenómeno, indicando qué cosa se encuentra en un lugar determinado. Finalmente, en los modelos espaciales hay que expresar la topología de las entidades espaciales, y las relaciones entre sus atributos. Ya que el riesgo no sólo tiene atributos espaciales sino también temporales, los modelos espaciales de riesgo, normalmente, tendrían que incluir una referencia temporal. En otras palabras, un modelo espacial de riesgo debería tener la capacidad de representar y analizar el riesgo en sus dimensiones espaciales, temporales y semánticas.

Normalmente, el proceso de desarrollo de una aplicación SIG se inicia con el diseño del modelo espacial, el cual se sustenta, a su vez, sobre un modelo conceptual del fenómeno por representarse. Según la literatura disponible, es evidente que en muchas aplicaciones los modelos espaciales de riesgo y los procedimientos utilizados para la integración de los datos no tienen un sustento conceptual explícito, sino que se basan en definiciones pragmáticas y operativas del riesgo. La documentación sobre los modelos de riesgo, a menudo, se reduce a un listado de los atributos incorporados en la aplicación como capas temáticas con poco sustento conceptual de su significado. El

diseño de un modelo espacial, sin embargo, no puede llevarse a cabo autónomamente y sin referencia al desarrollo de teorías y marcos conceptuales sobre el riesgo. Cualquier modelo espacial se nutre implícita o explícitamente de una u otra teoría del riesgo. Las limitaciones de un modelo espacial para representar el riesgo, normalmente, reflejan las limitaciones de los modelos conceptuales de riesgo subyacentes. Para poder analizar los escenarios de riesgo, entonces, es preciso el diseño de modelos espaciales que se alimenten de los enfoques sociales u holísticos del riesgo y que sean capaces de analizar no sólo los aspectos físicos, sino también los aspectos sociales, económicos, culturales y políticos del mismo.

Existen procedimientos más o menos establecidos para el diseño de modelos espaciales de amenaza o de vulnerabilidad física. En las ciencias naturales y aplicadas hay modelos conceptuales relativamente bien desarrollados. Asimismo, los fenómenos físicos son más fáciles de cuantificar, y son más estables en términos espaciales y temporales que los fenómenos sociales. Con esto no se quiere insinuar que el diseño de modelos espaciales de la amenaza y la vulnerabilidad física no tiene problemas. A menudo, dichos modelos son complicados, debido a la poca simetría espacial o temporal entre un fenómeno natural asociado con una amenaza y la amenaza misma. Por ejemplo, se necesitarían datos sobre la precipitación fluvial en la cabecera de una cuenca, para modelar la amenaza de inundación en llanuras aluviales distantes por muchos cientos de kilómetros.

En el caso de las sequías, se requerirían datos sobre deficiencias en la precipitación fluvial durante muchos años, para poder modelar la probable deficiencia de agua superficial y subterránea en un año determinado. Es preciso, asimismo, dar énfasis a que los modelos de amenaza tampoco son infalibles. En la medida que parten de visiones reduccionistas de los procesos naturales, sólo pueden ofrecer un cierto grado de confianza en el análisis de riesgos.

El diseño de modelos espaciales de riesgo, en base a los enfoques sociales y holísticos del riesgo, sin embargo, presentan problemas mayores y más explícitos. En el presente, el desarrollo de modelos espaciales sociales u holísticos todavía constituye un tema de investigación de frontera, aun en contextos como Clarke University en los Estados Unidos, una verdadera Meca de la investigación sobre los SIG. Desde dicho centro de estudios, Ratick observa: "Una cuestión importante, y dificultad principal en el desarrollo de métodos de análisis cuantitativos, es el desarrollo de medidas representativas de las diferentes dimensiones de la vulnerabilidad que puede construirse con los datos obtenidos y determinar cómo estas dimensiones pueden combinarse para crear unos índices útiles y manejables que ilustren la vulnerabilidad diferenciada" (Ratick, 1994).

Algunos autores (Macías, 1994) cuestionan la posibilidad de desarrollar modelos espaciales en un SIG, que pueden representar las dimensiones sociales y holísticas del riesgo, ya que existen problemas radicales de cuantificación, representación espacial, temporal y de escala difíciles de resolverse. Determinados componentes de la vulnerabilidad, como la existencia de activos, pueden cuantificarse y asignarse a entidades espaciales y temporales, siempre que existan los datos necesarios. Otros componentes, sin embargo, como la organización social o la vulnerabilidad cultural son difíciles o imposibles de cuantificar y representar mediante entidades espaciales y

temporales claramente definidas. Muchas de las variables que intervienen en un escenario de riesgo, como las estrategias de gestión de la población, son de carácter cualitativo, relativo y dinámico en el espacio y el tiempo. Según el imaginario con el cual se percibe, las variables tendrían diferentes valoraciones y relaciones entre ellas. Evidentemente, variables que no pueden cuantificarse o asignarse a una entidad espacial o temporal no pueden incorporarse fácilmente en un modelo espacial de riesgo. Aun suponiendo que se lograra la cuantificación y representación espacial y temporal de las variables, a menudo es difícil construir la topología con algún grado de certeza, por tratarse de variables con contornos espaciales y temporales sumamente difusos.

Para representar un escenario de riesgo en un modelo espacial, también hay que enfrentar el problema de escala. La compleja geometría fractal del riesgo, en América Latina, significa que, en un escenario de riesgo determinado, intervienen procesos sociales y naturales que operan a escalas completamente diferentes y con poca correlación espacial y temporal. Cambios globales en el clima o en la economía regional pueden tener una enorme incidencia en los procesos, operando en un escenario de riesgo local, a pesar de que las escalas espaciales y temporales son radicalmente diferentes. Refiriéndose al estudio de la erosión del suelo desde una perspectiva de la economía política, Blaikie constata que las decisiones humanas no necesariamente tienen expresiones espaciales o temporales claramente definidas (Blaikie, 1981). La erosión del suelo, en un lugar específico, es a menudo la expresión de decisiones humanas acumuladas, hechas en otras ubicaciones espaciales, durante un período de siglos.

En contextos donde el riesgo tiene una alta escala fractal, el diseño de modelos capaces de representar los escenarios de riesgo, a nivel local, significa abordar una gran complejidad y heterogeneidad en las variables que intervienen y, por consiguiente, una gran incertidumbre en el peso e importancia que tenga cada variable. Por lo tanto, las aplicaciones que pretenden analizar el riesgo, a un alto nivel de resolución, requieren de modelos espaciales mucho más complejos que aplicaciones cuyo análisis se realiza a baja resolución.

En otras palabras, una aplicación que busca diferenciar los niveles de riesgo, entre hogares de una región, requerirá un modelo espacial mucho más complejo al de una aplicación que busca diferenciar los niveles de riesgo entre las provincias de la misma región. Conforme se aumenta la resolución, por ejemplo, existirá cada vez mayor diferenciación entre los imaginarios de riesgo presentes en los escenarios. En los modelos espaciales, la complejidad se refiere no sólo al número de variables que hay que modelarse sino, también, a las relaciones entre las variables. La definición de las operaciones espaciales necesarias para combinar una gran variedad de variables presenta problemas no sólo de complejidad, sino también de incertidumbre, ya que el modelo mostrará diferentes niveles de sensibilidad frente a cambios en las diferentes variables.

En resumen, entonces, el diseño de modelos espaciales de riesgo, capaces de representar los conceptos de los enfoques sociales y holísticos, requiere de estrategias para resolver problemas de cuantificación, de representación espacial y temporal, de escala y de complejidad e incertidumbre. Mientras que este tema aún está por

investigarse, de la literatura existente se desprenden, por lo menos, pistas que indican una estrategia por explorarse.

Lo medular de una estrategia de diseño de estas características consistiría en reconocer explícitamente que el riesgo es una variable relativa, cuya valoración depende del sujeto de un escenario de riesgo dado, a diferentes escalas. Esto podría permitir resolver, en parte por lo menos, los problemas de complejidad, incertidumbre, escala, resolución y cuantificación, arriba mencionados, siempre y cuando el acercamiento a las variables que conforman el riesgo sea explícitamente subjetiva y se abandone toda pretensión de presentar el riesgo como una variable absoluta, objetiva y neutral.

De hacerse explícito el imaginario del sujeto de un escenario de riesgos, debería ser posible: reducir la complejidad de variables que intervienen en el escenario a unas pocas variables que sean críticas, desde la percepción del sujeto, y que representen procesos que operan a escalas mayores; asignar valores y pesos a estas variables críticas, y definir su representación espacial y temporal según ese imaginario. La principal cuestión por resolverse en el diseño de un modelo espacial, entonces, sería como acercarse a los imaginarios de los sujetos de los escenarios de riesgo, de tal manera que sea posible extraer las variables y sus valoraciones y representaciones necesarias para construir el modelo.

Una técnica que puede considerarse, y que fue ensayada en el desarrollo de un modelo espacial de vulnerabilidades en la región San Martín, Perú (Minaya, 1994), es el uso de inteligencia extraída de estudios anteriores y de un conocimiento íntimo de los escenarios de riesgo por modelarse, para poder representar los imaginarios de riesgo que caracterizan a la región. En esta aplicación, se utilizó inteligencia sobre la región, tanto para escoger variables críticas que podrían cuantificarse, como para definir los valores y algoritmos por utilizarse a la hora de combinar las variables. Esto permitió usar un modelo espacial relativamente sencillo, para expresar escenarios de riesgo de una gran complejidad.

El uso de inteligencia en el diseño de modelos espaciales consiste en la representación de los procesos espaciales, sociales y económicos que configuran el riesgo, mediante indicadores espaciales, temporales y semánticos específicos, escogidos en base a una investigación social previa. En San Martín, por ejemplo, se consideró que variables como una alta tasa de crecimiento poblacional o como la presencia de un alto porcentaje de población activa en la agricultura, y la existencia de necesidades básicas insatisfechas fueron críticas para determinar la vulnerabilidad de la población. La decisión de escoger estas variables se basó en el hecho de que, en San Martín, la vulnerabilidad se manifiesta sobre todo en áreas de fuerte inmigración de población andina, que normalmente muestra altas tasas de pobreza, y se dedica a la agricultura marginal.

En otras palabras, de la investigación social existente, se dedujo un patrón de vulnerabilidad que luego fue representado en un modelo espacial. Aplicando inteligencia de esta manera, fue posible reducir expresiones complejas de vulnerabilidad a un número relativamente pequeño de variables capaces de representación espacial y temporal. En el modelo, se utilizó una diversidad de variables para representar la

vulnerabilidad, escogiendo indicadores cuantitativos; por ejemplo, la presencia de artefactos electrodomésticos en hogares (un dato disponible en el censo nacional) para modelar el nivel de activos.

La asignación de pesos a cada variable, para su integración, y la determinación de los rangos de vulnerabilidad por representarse fueron también producto de un proceso iterativo de comparar los resultados de diferentes combinaciones de pesos y rangos con inteligencia deductiva sobre las áreas más vulnerables en la región, hasta que el modelo arrojó un resultado que coincidió con lo que la investigación previa sugería como un patrón de alta vulnerabilidad.

La aplicación de inteligencia al diseño de modelos espaciales y la integración de datos asumen que existen procesos previos de investigación, como en San Martín (Maskrey et al., 1991). Esto implica que el estudio de los procesos y factores que configuran los escenarios de riesgo debería considerarse como una parte integral del proceso de diseño de un SIG, antes de intentar construir modelos espaciales. Idealmente, los patrones de riesgo que se deducen de la investigación deberían ser validados utilizando técnicas, como el llamado Delphi, para obtener consensos acerca de las medidas cuantitativas por utilizarse, los sistemas de pesos aplicados y las formas en que las medidas cuantitativas pueden combinarse.

El Delphi es una técnica estructurada para la concertación de opiniones de expertos, con el fin de lograr, donde sea posible, un consenso (Ratick, 1994). También es posible aplicar estrategias participativas mediante las cuales diferentes usuarios con diferentes imaginarios de riesgo definan las variables que deben utilizarse y los pesos y valoraciones asignados a cada uno, hasta que los patrones de riesgo que arroje el modelo espacial-temporal utilizado coincida con las propias percepciones del mismo. Ya existen SIG para el análisis de riesgos, que permiten a los usuarios modificar los algoritmos y pesos asignados a las diferentes variables de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, según sus propios imaginarios. El Integrated Planning Decision Support System (IPDS), desarrollado en Colorado State University (Mejía et al., 1995), ofrece módulos específicos para el análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, que permiten al usuario determinar los algoritmos y los pesos utilizados para cuantificar y combinar las variables.

Sin embargo, en los modelos contruidos utilizando inteligencia, existen límites respecto a la resolución del análisis que tiene que hacerse explícito. En la aplicación mencionada en San Martín, la entidad espacial utilizada como modelo fue el distrito municipal, por razones tanto conceptuales como pragmáticas. En términos conceptuales, permitió una resolución de análisis relativamente alta, ilustrando variaciones específicas en vulnerabilidad en un total de 77 distritos en esta región, de unos 50,000 km². Si el análisis se hubiera basado en la entidad espacial más grande de la provincia, la aplicación no habría representado adecuadamente la complejidad de riesgo en la zona.

En términos pragmáticos, había cierta disponibilidad de datos censales a nivel de distrito, que no existían a niveles de resolución más alta. Mientras que una resolución más alta podría haber permitido un análisis más detallado de la vulnerabilidad, esto hubiera sido imposible de modelar en la práctica, debido a la ausencia de datos. La

resolución temporal de la aplicación fue limitada, asimismo, al período de 10 años entre los censos nacionales. Esto significa que el modelo no pudo representar ni variaciones en la vulnerabilidad entre comunidades al interior de un distrito, ni entre un año u otro.

Reconociendo los límites en resolución de un modelo de riesgo, puede ser deseable emplear una estrategia consistente en el diseño de aplicaciones y modelos espaciales distintos con diferentes niveles de resolución: un enfoque adoptado, implícitamente por lo menos, por la OEA (Bender, 1993). El desarrollo de aplicaciones a nivel nacional o regional, a una baja resolución y utilizando modelos y datos de carácter más general, podría permitir identificar áreas de riesgo relativo, sin pretender ofrecer información detallada sobre los escenarios de riesgo en áreas y períodos precisos.

En zonas específicas, identificadas mediante una aplicación a baja resolución, pueden desarrollarse aplicaciones locales a alta resolución, que sí permiten incorporar información e inteligencia específica sobre los escenarios de riesgo en la localidad. Una estrategia de este tipo puede tener ventajas, en términos de permitir mayor especificidad y confiabilidad en las aplicaciones locales, mientras que reduce la complejidad de los modelos utilizados a nivel nacional y regional. Esto puede permitir un significativo ahorro en tiempo y recursos, tanto en el diseño de modelos como en la obtención de los datos necesarios para alimentar los modelos.

En aplicaciones locales, a alta resolución, es posible obtener inteligencia directamente de la población de un escenario de riesgo, mediante el uso de técnicas participativas de análisis. La familia de metodologías conocidas como Evaluación Rural Rápida (RRA), Evaluación Rural Participativa (PRA) y otras (Chambers, 1992) ha recibido bastante apoyo y aceptación en la planificación del desarrollo rural, y han sido aplicadas en programas participativos de reducción de riesgos (Bastian, 1996). El PRA es una metodología participativa de levantamiento de datos, incluyendo aspectos socioculturales y económicos. El modelo de evaluación de capacidades y vulnerabilidades (CVA) (Anderson y Woodrow, 1989; Munasinghe y Clarke, 1995) tiene semejanza con estas metodologías, y fue diseñado, especialmente, para la gestión de riesgos, particularmente en el contexto de programas de reconstrucción.

Sí se aplican correctamente el PRA y técnicas similares, pueden producir información sobre las amenazas, vulnerabilidades y estrategias de gestión de una población vulnerable que refleja las percepciones e imaginario de la misma población. El uso de técnicas como el PRA puede permitir la incorporación en un modelo espacial de variables, como la organización social o la percepción de amenazas a nivel altamente localizadas, que es imposible incorporar en aplicaciones desarrolladas a resoluciones más bajas, aun cuando se aplica inteligencia al desarrollo del modelo espacial. Sin embargo, es importante no magnificar las bondades del PRA. Hay distorsiones implícitas en los datos generados por PRA que tienden a reflejar las desigualdades, divisiones y conflictos internos que existen dentro de cualquier población (Mosse, 1996).

Por otro lado, hay poca experiencia documentada de la integración y representación de los datos cualitativos producidos por PRA, y técnicas parecidas, en modelos espaciales en un SIG. Una posible estrategia, facilitada por el desarrollo de la multimedia, podría ser el uso de textos, testimonios, fotos e imágenes de video, incorporados en una

aplicación como atributos de entidades temporales y espaciales específicas, permitiendo que se ilustren los datos cuantitativos presentados y abriendo una ventana a la realidad. Las posibilidades de la multimedia ya permiten la incorporación de este tipo de información cualitativa en el marco estructurado de índices de vulnerabilidad y riesgo. La utilización de testimonios verbales, fotos, cronogramas y otros productos de PRA, como atributos en una aplicación, podría permitir la verificación y corrección de los datos cuantitativos, aumentando la confiabilidad de la información producida y su transparencia para los usuarios.

Es preciso reconocer, sin embargo, que en el caso de aplicaciones que pretenden un nivel de resolución muy alto, puede ser más factible y traer ventajas significativas llevar a cabo el análisis fuera de un ambiente SIG. En estos casos, un SIG, como la aplicación desarrollada en San Martín, se utilizaría para identificar distritos altamente vulnerables. El análisis de riesgos, al interior de cada distrito, se realizaría luego utilizando técnicas como PRA, pero fuera del SIG.

Otra posible técnica para resolver los problemas de cuantificación, representación, escala y complejidad es el uso de metodologías deductivas. Si la ocurrencia de un desastre se entiende como una manifestación del riesgo, entonces, la ocurrencia de un gran número de desastres, en una entidad espacial dada en un período corto, indica de facto la existencia de un alto nivel de riesgo. El concepto desastre, como riesgo manifiesto, necesariamente representa la manifestación, en un lugar y tiempo determinados, de todas las variables que configuran un escenario de riesgos, incluyendo variables sociales y culturales, que son difíciles de cuantificar y representar utilizando metodologías inductivas.

Esta técnica está ilustrada por la aplicación Desinventar, (LA RED, 1996). Desinventar no es un SIG propiamente dicho, sino una base de datos relacionales sobre desastres ocurridos y pérdidas registradas que permite la representación espacial, temporal y semántica de los datos. Como tal, puede aplicarse al análisis de riesgos, a diferentes niveles de resolución, deduciendo niveles de riesgo de la ocurrencia histórica de desastres y pérdidas. En Desinventar, los datos sobre la ocurrencia de desastres y las pérdidas asociadas son referenciados en el tiempo y espacio, y almacenados en una base de datos relacionales.

Desinventar utiliza las unidades político-administrativas de los países de América Latina: típicamente distritos, provincias, departamentos o sus equivalentes, para georreferenciar la ocurrencia de desastres y una variedad de atributos sobre las pérdidas y las causas de éstos. Se utiliza como entidades espaciales a las unidades político-administrativa más pequeñas en cada país, y se incorpora atributos como: el número de muertos y heridos, número de viviendas dañadas y destruidas, hectáreas de tierra agrícola afectadas, cantidad de infraestructura (carreteras, líneas de transmisión, etc.) dañada y destruida, etc. La base de datos puede ser consultada y los resultados representados como tablas alfanuméricas, gráficos o mapas temáticos a diferentes niveles de resolución espacial, temporal y semántica.

Dadas las entidades espaciales y temporales utilizadas en su base de datos (unidad político-administrativa más pequeña, fechas específicas), Desinventar puede utilizarse

para explorar la dinámica espacial, semántica y temporal del riesgo a una muy alta resolución. Permite, sobre todo, escoger diferentes niveles de resolución espacial, semántica y temporal para el análisis. La base de datos de Desinventar fue diseñada en base al concepto que una amenaza puede manifestarse como múltiples desastres.

En Desinventar, entonces, un terremoto grande que afecta a una región extensa, no sería capturado en la base de datos como un solo desastre sino como múltiples desastres georreferenciados sufridos por cada una de las entidades espaciales afectadas. Por lo tanto, Desinventar puede utilizarse para modelar la complejidad fractal de grandes desastres, limitado sólo por las entidades espaciales y temporales utilizadas. Puede emplearse, asimismo, para verificar y validar modelos inductivos de riesgo, permitiendo detectar y eliminar errores.

Este tipo de modelo espacial, sin embargo, tiene límites que deben reconocerse. Por un lado, las series temporales de datos pueden ser demasiado cortas para poder tomar en cuenta riesgos asociados con eventos infrecuentes, como las erupciones volcánicas. Un riesgo potencial puede existir aun cuando no haya ocurrido ningún desastre reciente.

Sobre todo, el problema presentado por este tipo de modelo deductivo reduce el concepto de desastre al concepto de pérdidas. La existencia de una pérdida no necesariamente implica la ocurrencia de un desastre desde el imaginario de la población afectada. Por lo tanto, el modelo vuelve a presentar información sobre el riesgo como si fuera objetiva, absoluta y neutral. Por ejemplo, en el caso de desastres de pequeña o mediana escala que ocurren en regiones con una baja densidad poblacional, como el Alto Mayo (Perú), Atrato Medio (Colombia), o Limón (Costa Rica) (Maskrey, 1996), el número de muertos o heridos probablemente no sea un indicador adecuado de la magnitud de un desastre.

Muchas viviendas, en regiones tropicales como éstas, se construyen con estructuras livianas que no matan a sus ocupantes durante terremotos. La existencia de pocos muertos puede esconder un desastre de gran magnitud para la población. Para hacer la transición del concepto de pérdida al concepto de desastre, se requiere información adicional sobre aspectos como la organización social, tamaño de la población, características de la economía, etc. En otras palabras, al igual que con los modelos inductivos, sería preciso interpretar los datos sobre desastres y pérdidas ocurridos, con inteligencia sobre la sociedad, región y economía respectiva, para poder dar una valoración a los datos que refleja el imaginario de la población afectada.

Para resumir, mientras que tanto metodologías inductivas como deductivas o una combinación de ambas pueden utilizarse para el diseño de modelos espaciales-temporales de riesgo, es importante que éstos se sustenten en modelos conceptuales que reflejen los aportes de la investigación social u holística sobre el riesgo. En segundo lugar, la aplicación de inteligencia sobre los imaginarios de riesgo de la población sujeto de la aplicación permite escoger, valorizar y combinar con confianza las variables críticas en la configuración del riesgo.

Esto permite enfrentar los problemas de cuantificación, representación espacial y temporal, escala, complejidad e incertidumbre propios del diseño de modelos

espaciales-temporales que reflejan los enfoques sociales u holísticos. Este uso de inteligencia supone, sobre todo, creatividad e imaginación, por parte del diseñador; ya que tiene más afinidades con el arte que con la ciencia. Gabriel García Márquez comentó cierta vez, refiriéndose a Graham Greene, que la clave de la técnica literaria del escritor inglés es su habilidad de destilar y sintetizar toda la experiencia del trópico en el olor de una guayaba podrida. Un modelo espacial-temporal de riesgo de buena calidad sería, entonces, un modelo caracterizado no por su complejidad sino por su simplicidad: su capacidad de sintetizar una realidad compleja e incierta en un número pequeño de variables críticas que reflejan explícitamente un determinado imaginario de riesgos.

2. LA DISPONIBILIDAD, COBERTURA Y CALIDAD DE LOS DATOS

El diseño de los SIG para el análisis de riesgos en América Latina también enfrenta problemas críticos de disponibilidad, cobertura y calidad de los datos. Encontrar fuentes de datos de una calidad y cobertura adecuadas para el análisis de riesgos es un obstáculo al diseño e implementación de SIG en la región. En muchos casos, datos actualizados con una cobertura geográfica completa, sencillamente, no existen. En el Perú, por ejemplo, sólo 49% del territorio tiene cartografía a escalas de 1:100,000 o mayor.

La cobertura cartográfica de gran parte del país es incompleta, debido a nubosidad o humo en las fotos aéreas o imágenes de satélite que se utilizan como fuentes, dado que la estación seca en gran parte del país coincide con la época de quema, cuando los agricultores preparan sus campos para el cultivo. Son pocas las áreas del país (generalmente donde se desarrollan actividades mineras significativas) que tienen mapas geológicos detallados. El mapa catastral agrícola más reciente ya tiene más de 20 años. En toda América Latina, los censos nacionales de población, optimistamente, se llevan a cabo cada 10 años.

Dados los problemas de disponibilidad y cobertura de datos cartográficos analógicos, los sensores remotos ofrecen a veces la única fuente de datos con una cobertura temporal y espacial completa. El uso de imágenes LANDSAT o SPOT y de fotos aéreas está documentado extensivamente en la literatura. Existen técnicas para la clasificación de imágenes que permiten la detección de laderas susceptibles a deslizamientos (British Geological Survey, 1995) y otras amenazas. Sin embargo, en muchas zonas, las imágenes de satélite sufren de los mismos problemas de nubosidad y humo que los mapas que se derivan de ellos, mientras que las imágenes de radar aún no están fácilmente disponibles. Un obstáculo para el uso de imágenes remotas en la región es su alto costo, significando que son inaccesibles para muchas instituciones públicas y privadas. Mientras que en los países de la región hay una disponibilidad creciente de cartografía digital, muchas instituciones no tienen acceso a ella, salvo que estén dispuestas a pagar precios exorbitantes. Como resultado, sigue siendo más barato, en muchos casos, digitalizar los datos requeridos de la cartografía analógica.

Aparentemente, estos problemas son comunes a los países en desarrollo. En una aplicación documentada en Ghana (Minor, 1994), la incertidumbre referente a la

disponibilidad, calidad y formato de datos frenó el progreso del desarrollo de bases de datos. Los diseñadores de SIG concluyeron que muchas demoras y problemas podrían haberse evitado, si es que se hubiera planificado desde el principio para el peor escenario posible de disponibilidad de datos. Problemas aún más serios ocurren en Beirut, Líbano (Azar, Ferreira, 1994), donde la mayoría de los datos disponibles tiene una antigüedad de por lo menos 30 años. Davis y Bickerman enumeran una larga lista de problemas que tienen que enfrentar para obtener datos destinados al desarrollo de un sistema nacional de gestión de desastres hipotético en un país en vías de desarrollo (Davis et al., 1993). Éstos incluyen: la ausencia de datos referenciales, de mapas topográficos, de datos históricos sobre ocurrencia de amenazas, de datos sociales y económicos sobre patrones de vulnerabilidad; problemas de calidad, formato y confiabilidad de los datos. Todos estos problemas se presentan en América Latina.

Los datos en América Latina también padecen problemas propios de la región. Como se ha mencionado en el punto 5, un número importante de desastres, de pequeña y mediana escala ocurren en América Latina, en regiones periféricas con bajas densidades poblacionales y poca importancia económica. No es sorprendente que muchas de estas regiones tengan datos cartográficos y estadísticos con una cobertura incompleta y de baja calidad. A la vez, debido a la existencia de ritmos dinámicos e inestables de cambio social, demográfico, territorial y económico, particularmente en regiones de este tipo, tanto los datos espaciales como sus atributos se desactualizan con mucho mayor rapidez que en países más estables del mundo. Por ejemplo, la aplicación del SIG en San Martín, Perú (Minaya, 1994), fue desarrollada en un contexto donde la población de la región se había duplicado en sólo 10 años. Dentro de la misma región, el crecimiento poblacional de algunas ciudades tenía una tasa anual de más del 28%. Movimientos demográficos, mediante la migración o el desplazamiento .forzado, caracterizan a países como Colombia, Perú, Brasil y los países de América Central.

Los cambios en la geomorfología y el paisaje son igualmente dinámicos. La deforestación afecta entre 0.5% y 1.5% de los bosques de la región cada año, y está relacionada con la creciente ocurrencia y magnitud de inundaciones, sequías, deslizamientos y otras amenazas hidrometeorológicas. Los rellenos y drenajes en zonas costeras o pantanosas pueden aumentar dramáticamente la amenaza sísmica. Ciudades en expansión rápida causan cambios en los ecosistemas que las rodean. Regiones que hace 25 años estuvieron completamente deshabitadas y donde la manifestación de amenazas de gran escala no hubiera causado ni pérdidas ni desastres; a menudo, tienen ahora una población grande y creciente con redes complejas de ciudades, actividades económicas e infraestructura en riesgo. En regiones como éstas, es muy posible que modelos espaciales-temporales que se basan en datos con una antigüedad de sólo 10 años no representan los niveles actuales de riesgo.

La calidad de los datos también está relacionada con problemas de incompatibilidad entre series de datos de períodos diferentes. En América Latina, los tipos de datos recolectados y los sistemas utilizados para clasificarlos a menudo cambian de censo a censo, haciendo difícil producir series temporales de un atributo determinado. Adicionalmente, hay una falta de confianza en la calidad de datos censales oficiales en algunos países, como México, aun cuando estos datos son actualizados. En algunas zonas, datos detallados derivados de estudios particulares pueden utilizarse para llenar

el vacío; sin embargo, entre ellos hay normalmente problemas de incompatibilidad y de falta de cobertura que impiden su integración en un SIG, salvo en el caso de aplicaciones locales.

El cambio social, económico y territorial, a la vez, agrava estos problemas de compatibilidad. El SIG de San Martín (Minaya, 1994) utilizó datos de los censos nacionales de 1981 y 1993. En ese período, el crecimiento poblacional en la región fue tan rápido que se crearon dos nuevas provincias y una gran cantidad de nuevos distritos, mediante la subdivisión y la amalgamación de entidades político-administrativas existentes, significando que las topologías político-administrativas de 1981 y 1993 fueron completamente diferentes. Adicionalmente, muchos distritos no tenían límites claramente definidos.

Los mapas producidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que implementa los censos nacionales y los mapas producidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), responsable de la cartografía nacional, presentaron áreas y topologías diferentes. De por sí, la cartografía producida por el IGN, a una escala de 1:100,000, se proyecta de escalas menores (1:1'000,000), llevando a problemas de imprecisión en la ubicación, área y forma de centros urbanos y otras entidades espaciales. Como resultado de este tipo de problemas, la construcción de la topología en un SIG puede volverse un proceso arbitrario e incierto.

La calidad de los datos también tiene relación con las metodologías utilizadas para recolectarlos. En el caso de los datos sobre pérdidas y desastres ocurridos, los que a menudo son importantes para el análisis de riesgos; la calidad especulativa y no uniforme de estas metodologías impide su incorporación en análisis comparativos. En la mayoría de los países, no existen bases de datos oficiales sobre la ocurrencia de desastres y pérdidas, sino múltiples informes sobre desastres específicos elaborados con metodologías diferentes. Frente a esta realidad, a menudo la única fuente de datos sobre los desastres ocurridos son los reportes periodísticos; los cuales, sin embargo, presentan problemas propios, tal como fue visto en la aplicación Desinventar (LA RED, 1996). Es posible que exista una relación inversa entre la cobertura de los datos sobre un desastre y la distancia en el espacio y el tiempo del desastres de la fuente periodística consultada. Es muy probable que muchos desastres, ocurridos en regiones aisladas, antes de la era de las telecomunicaciones modernas, nunca fueron registrados. Esto implica que los datos periodísticos pueden tener una distorsión a favor de desastres recientes en áreas accesibles, y que su uso daría origen a series temporales y espaciales distorsionadas.

La calidad de los datos también se ve afectada por las variaciones en la terminología que se utiliza para describir amenazas, pérdidas, poblaciones y desastres. En la aplicación de Desinventar, por ejemplo, las entidades espaciales fueron georreferenciadas utilizando los códigos censales y los nombres oficiales de las unidades político-administrativas respectivas en cada país. En las fuentes de datos sobre desastres ocurridos, sin embargo, se utilizan con frecuencia nombres coloquiales para la georreferenciación. La topología del espacio en uso popular raramente coincide con la topología oficial; sin embargo, influye en la definición de muchas bases de datos, incluso las oficiales. El uso repetido de nombres comunes; por ejemplo, San Juan,

Santa Rosa, complica el problema. Problemas similares ocurren con la terminología utilizada para describir las amenazas y las pérdidas con múltiples variaciones locales en los términos utilizados. Ciertos atributos, como el número de muertos en un desastre, son robustos y pueden fácilmente medirse y compararse en diferentes países. En cambio, en el caso de amenazas como huracanes o deslizamientos, hay muchos términos locales que se utilizan para describir diferencias sutiles, pero importantes, en el tipo de amenaza. Las definiciones utilizadas en los datos sobre el impacto social y económico de un evento son más variables aún y el significado de uno u otro término varía según quién lo utiliza y quién lo interpreta.

Los datos sobre los desastres y los riesgos a menudo se manipulan para servir a intereses particulares, lo cual también afecta la calidad de los mismos. Poblaciones locales o gobiernos municipales a veces exageran los datos sobre las pérdidas sufridas o riesgos enfrentados, para negociar más recursos o asistencia de un gobierno nacional. Estos, a su vez, hacen lo mismo para obtener mayor ayuda internacional. En cambio, a veces se subestiman las pérdidas y el riesgo, para dar una imagen de previsión y competencia. Los datos sobre desastres también cambian con el tiempo, empezando a veces con informes exagerados y sensacionalistas e imprecisos, hasta que aparecen informes menos sensacionalistas y mejor informados sobre las pérdidas y daños ocurridos.

En resumen, hay numerosos problemas para conseguir datos con una cobertura espacial, temporal y calidad adecuada para alimentar un modelo espacial-temporal que sirva al análisis de riesgos en América Latina. La ausencia de datos actualizados y con una cobertura espacial adecuada, particularmente en regiones aisladas que experimentan procesos rápidos de cambio; el alto costo de datos remotos y digitales; la incompatibilidad entre diferentes series y fuentes de datos; la falta de precisión y existencia de error en la cartografía; y la ausencia de métodos homogéneos para la producción de datos sobre los desastres y pérdidas ocasionadas son sólo algunos de los problemas que tienen que enfrentarse comúnmente en el diseño de un SIG para el análisis de riesgos en la región. Tomando en cuenta estos problemas, es preciso explorar estrategias alternativas para poder satisfacer los requerimientos de datos.

Una primera estrategia consiste en explorar la disponibilidad de datos en paralelo con el diseño del modelo espacial-temporal. A menudo, se gastan esfuerzos significativos en el diseño de modelos espaciales, para luego descubrir que no existen los datos necesarios para implementar el modelo. El levantamiento de inventarios o metabases de datos, entonces, debería acompañar al proceso de diseño de modelos espaciales, mediante un proceso iterativo de selección de datos y desarrollo de modelos, hasta que se llegue a un modelo funcional a las necesidades de la aplicación, que puede implementarse con los datos disponibles. En la medida que el modelo escogido sea lo más sencillo posible, tal como se recomienda en el punto 1, esto puede reducir a su vez los requerimientos de datos. Esta estrategia puede significar un ahorro significativo en tiempo y recursos en el desarrollo de una aplicación. A la vez, antes de iniciarse el levantamiento de inventarios de datos, es preciso hacer explícita la terminología convencional que se utilizaría en una aplicación. En la aplicación Desinventar, por ejemplo, se desarrolló un diccionario de términos por utilizarse a nivel regional, antes de dar inicio a la recopilación de los datos por incorporarse.

En América Latina, metabases de datos en general aún no existen, salvo en el caso de datos remotos como imágenes LANDSAT, que están disponibles en el Internet. Por lo tanto, es preciso adoptar una actitud creativa y proactiva para identificar, acceder y combinar fuentes de datos inconsistentes, incompatibles e incompletos. Aunque muchos datos, supuestamente, son de dominio público, se requiere en muchos casos aplicar técnicas de negociación de diversa índole para poder obtener acceso a ellos. Tejer y remachar los retazos de datos conseguidos, para lograr la cobertura espacial, temporal y de atributos requeridos, también exige una voluntad y capacidad para tomar decisiones, aun cuando los datos y sus atributos son aparentemente incompatibles y contradictorios. Al igual que en el diseño de modelos espaciales-temporales de riesgo, la mejor estrategia para conseguir, completar e integrar los datos necesarios para alimentar el modelo es la aplicación de *inteligencia* acerca de los escenarios de riesgo bajo análisis. Para el diseñador, la *inteligencia* es crucial, a fin de poder tomar decisiones y eliminar errores en la integración de los datos.

En San Martín, Perú, por ejemplo, la cartografía de la región a escala 1:1'000,000 muestra tanto las carreteras existentes como las proyectadas, a pesar de que algunas de éstas últimas nunca fueron construidas. En casos como éste, la aplicación de *inteligencia* sobre la región es la única manera de tomar decisiones acerca de qué carreteras proyectadas existen o no, y para evitar la producción de errores en la información producida. La *inteligencia*, entonces, puede ayudar al diseñador a: eliminar errores en los datos cartográficos y de sus atributos, tomar decisiones cuando existen contradicciones, saber cuándo y cómo aplicar técnicas de interpolación o de corrección de contornos y escoger atributos que reflejen los supuestos implícitos en el modelo espacial. En otras palabras, la imaginación geográfica del diseñador es clave para poder identificar errores y navegar con éxito en un mar de datos absurdos.

Una segunda estrategia consiste en la producción de información primaria para satisfacer las necesidades de una aplicación. En zonas donde no existe una cobertura de datos actualizados, a una escala adecuada, es posible generar datos primarios mediante métodos como los autocensos o el análisis de riesgos participativos (Medina, 1996). Aplicaciones en el Perú (Maskrey et al., 1992) demuestran que los autocensos, donde comunidades locales levantan sus propios datos sociales y económicos, pueden organizarse para cubrir áreas relativamente grandes, produciendo series de datos actualizados similares a los encontrados en los censos nacionales.

El análisis de riesgos con participación local, en el cual la población produce datos primarios sobre la ocurrencia histórica de amenazas y desastres en cada localidad, fue aplicada en la región San Martín, cubriendo una población de más de 600,000 personas en una área de más de 50,000 km². En otras palabras, si bien la producción de información primaria utilizando técnicas como PRA (Hall, 1996) puede ser adecuada para aplicaciones detalladas a nivel local, es posible también generar datos primarios para alimentar aplicaciones a nivel regional. En algunos contextos, en comparación con las dificultades y costos implícitos en la adquisición e integración de datos secundarios, esta estrategia puede resultar un ahorro significativo de tiempo y recursos en la

implementación de una aplicación. Asimismo, permite mayor control sobre la calidad de los datos producidos y su relevancia para las necesidades de la aplicación.

Cuando las fuentes existentes de datos cartográficos son incompletas, desactualizadas, demasiado caras o tienen problemas de nubosidad, el uso de la videografía puede representar otra estrategia de costo relativamente bajo para generar datos cartográficos directos (Doyle et al., 1994). Imágenes de vídeo tomadas desde avionetas o helicópteros, utilizando equipos no profesionales, ofrecen una tecnología a bajo costo para capturar los atributos espaciales y temporales de escenarios de riesgo y de desastres ocurridos. Sí es que se combina con el uso de GPS y técnicas sencillas de análisis de imágenes, la videografía puede ser una estrategia eficiente y de bajo costo, particularmente en áreas remotas e inaccesibles. Otra alternativa que puede tener mayor importancia en el futuro es el uso de orthophotos digitales.

Éstas son representaciones digitales de fotos aéreas con distorsiones debido a topografía, condiciones atmosféricas y sistemas de cámara corregidos. Particularmente, en el caso de aplicaciones locales, las orthophotos digitales permiten una resolución más alta que las imágenes de satélite (Tessele, 1994). Es posible, además, que la disponibilidad creciente de imágenes de satélite declasificadas de los países de la ex Unión Soviética genere una reducción en los precios de datos remotos en América Latina, aumentando su accesibilidad y uso en aplicaciones para el análisis de riesgos.

3. LA GESTIÓN DEL ERROR EN LA INTEGRACIÓN DE LOS DATOS

Con la capacidad de los SIG para generar información, que es analíticamente compleja, se crea una capacidad poderosa para generar errores en la información producida. La cantidad de errores potenciales, que pueden producirse y magnificarse en el proceso de integración de datos, está relacionada con la gran cantidad de variables que se combinan en muchas aplicaciones, los niveles de incertidumbre respecto a la relativa importancia y peso de cada variable en el modelo espacial, los procedimientos y algoritmos utilizados para integrar los datos, y los errores ya existentes en los datos utilizados. En el diseño de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos en América Latina, es preciso, entonces, contemplar estrategias para la gestión del error, con el fin de mejorar la calidad y transparencia de la información ofrecida al usuario.

Hay múltiples oportunidades para la magnificación de errores existentes y la generación de nuevos errores en los procesos de integración de datos. La integración de variables con valores relativos con otras variables de valores absolutos es un problema común en muchas aplicaciones, y que produce error: por ejemplo, la combinación de indicadores de vulnerabilidad relativa con valores absolutos, como el tamaño de la población; lo cual produce índices de vulnerabilidad que muestran a zonas con mayor población como más vulnerables que zonas con menor población, aun cuando su vulnerabilidad relativa es muy baja.

El tamaño de las entidades espaciales utilizadas para el análisis es otra causa de error. Con frecuencia, la densidad poblacional es calculada mediante la división de la población total de una zona entre su área total. Sin embargo, en muchas zonas la

población total se concentra en un área pequeña rodeada de áreas no pobladas. Como resultado, muchas áreas densamente pobladas aparecen con una baja densidad poblacional.

Otros errores son generados cuando se integran datos producidos a diferentes niveles de resolución o cuando se pretende ofrecer información de alta resolución, pero producida con datos con bajos niveles de resolución. Cuando se observan datos producidos a baja resolución con una alta resolución, la información aparenta una alta precisión. Esta supuesta precisión de la información, sin embargo, es falsa y errónea, ya que representa valores promedios interpolados y no valores específicos. Asimismo, el uso de datos cartográficos producidos a baja resolución, en aplicaciones que pretenden una alta resolución, aumenta la probabilidad de errores posicionales y de topología.

Los errores arriba mencionados frecuentemente se agravan por problemas de visualización; sobre todo, cuando el usuario está confrontando con mapas temáticos que muestran índices de riesgo o de vulnerabilidad, pero sin los datos referenciales necesarios para interpretar la información ofrecida sobre entidades espaciales de diferentes tamaños y con diferentes concentraciones de población, infraestructura y actividades económicas. Sobre todo en las aplicaciones que producen índices probabilísticos de riesgo, el usuario a menudo se encuentra frente a un mapa temático abstracto, sin tener acceso a datos referenciales que le permitan interpretar correctamente la información.

Lamentablemente, hay pocas aplicaciones documentadas en la literatura que ofrecen información sobre la procedencia de los datos o sobre las operaciones espaciales llevadas a cabo; que le permitan al usuario verificar o convalidar la información presentada sobre el riesgo. Esto es particularmente crítico dado el carácter especulativo de muchos de los modelos espaciales y procedimientos de integración de datos utilizados en las aplicaciones, así como también la calidad deficiente de muchos de los datos en sí. En aplicaciones a escala local, donde los mapas temáticos representan elementos específicos en riesgo, y donde no se pretenden generar índices compuestos de riesgo, la información ofrecida puede ser más transparente y fácil de verificar. Este no es el caso, sin embargo, en aplicaciones que sólo presentan mapas abstractos representando índices probabilísticos de riesgo.

Frente a este conjunto de problemas, hay una serie de estrategias que deberían considerarse para lograr una gestión adecuada del error, en aplicaciones para el análisis de riesgos. Una primera estrategia, que debería ser incluida como parte integral del diseño de cualquier aplicación, es la compilación, a lo largo del proceso de diseño, de información detallada sobre la procedencia de los datos, incluyendo las fuentes y los sistemas de medición y clasificación utilizados en el levantamiento y procesamiento de los mismos. Esta información debería ser complementada con perfiles detallados de los modelos espaciales-temporales utilizados y del conjunto de operaciones espaciales realizados sobre los datos. La información debería ser presentada como un expediente que acompaña a cualquier mapa temático producido, de manera que los supuestos y niveles de error e incertidumbre, implícitos en la información presentada puedan ser lo más explícitos y transparentes posibles para el usuario.

Una segunda estrategia, coincidente con las recomendaciones presentadas en los puntos 1 y 2, consiste en verificar la información producida mediante la comparación con información de otras fuentes o con *inteligencia* sobre los escenarios de riesgo analizados en la aplicación. Mayor inteligencia sobre el contexto significa mayores posibilidades de detección y eliminación de errores. Información deductiva sobre desastres y pérdidas ocurridas, o aplicaciones como Desinventar, pueden utilizarse para validar información producida por técnicas inductivas. Los datos generados por técnicas como el PRA, asimismo, pueden ayudar a identificar errores tanto en la cartografía como en los atributos en zonas específicas. Aun en el caso de aplicaciones a nivel regional o nacional, el levantamiento selectivo de datos primarios utilizando PRA puede emplearse para validar muestras de datos y estimar niveles estadísticos probables de error.

Una tercera estrategia, coincidente con la recomendación presentada en el punto 1, sobre desarrollar aplicaciones a diferentes niveles de resolución, es reconocer explícitamente los límites de resolución impuestos por los datos utilizados en una aplicación. La información sobre riesgos producida por un SIG sería más creíble, en la medida que la resolución utilizada en la presentación de los mapas finales refleje la resolución más baja encontrada en los datos fuentes. En la medida que se ve estrictamente necesario integrar datos generados a una baja resolución para producir información a una resolución más alta, las limitaciones impuestas por la resolución de los datos fuentes deberían hacerse explícitos para el usuario.

Una cuarta estrategia de gestión del error y de reducción de incertidumbre, que podría considerarse, es la aplicación de simulaciones tipo Monte Carlo. Las técnicas Monte Carlo han sido aplicadas en análisis de riesgos en los Estados Unidos (Shinozuka et al., 1995; Emmi et al., 1995), para verificar el impacto de variaciones en los datos utilizados en los resultados finales. Ejemplos de este tipo abundan en los países desarrollados (Shinozuka, Hwang, 1995): el uso de simulaciones Monte Carlo para examinar la fragilidad de sistemas de agua, electricidad, gas, etc., con variaciones en datos específicos. En un estudio sobre la amenaza sísmica en Salt Lake City, Utah; por ejemplo (Emmi et al., 1995), se encontró que la distribución de la amenaza sísmica en la zona se mantenía igual aun cuando se produjeran variaciones significativas en los contornos entre los polígonos de intensidad sísmica.

Sin embargo, los niveles de amenaza resultaron ser sumamente sensibles a cambios en las mismas intensidades. El uso de las técnicas Monte Carlo ofrece la posibilidad de explorar el impacto de errores, tanto en los datos fuentes como en los algoritmos utilizados en las operaciones espaciales, aun cuando no exista información acerca de la probable distribución de errores en los datos, aumentando la confiabilidad de la información presentada al usuario. La reciente Versión 2 de IDRISI (IDRISI, 1996) ofrece una variedad de herramientas para manejar la incertidumbre y el error en las aplicaciones de análisis de riesgos; en particular, para evaluar el impacto de errores de medición en el proceso de toma de decisiones, mediante técnicas, como el Ordered Weighted Average (OWA), que permiten al diseñador variar los procedimientos para la combinación de variables, tomando en cuenta tanto el peso de cada variable como el grado de riesgo en la solución.

4. LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SIG EN ORGANIZACIONES

Según la literatura existente, una estrategia convencional de implementación de un SIG en una organización (McRae s.f.) incorpora varias fases: una fase de diseño, una fase de implementación y una fase de operaciones.

La fase de diseño empieza con una etapa de análisis: incluyendo el análisis del ambiente organizacional, institucional y político de la entidad (estructura organizativa, metas y objetivos, planes y actividades, recursos humanos, físicos y de información); oportunidades y limitaciones; un análisis de las necesidades de los usuarios; un análisis de los recursos de los usuarios, antes de pasar a la integración de los requerimientos y recursos de los usuarios y la evaluación de requerimientos funcionales. La etapa de diseño sigue con los requerimientos funcionales que surgen de la etapa del análisis y lleva al diseño conceptual y físico (hardware, software, modelo de datos, especificaciones, etc.) del SIG, y un plan de implementación. A menudo, el SIG se implementa después como un proyecto piloto, llevando a la revisión del diseño y los planes de implementación. La fase de implementación incluye la creación de bases de datos, software, hardware, capacitación e infraestructura; mientras que la fase de operaciones incluye actualización, expansión y monitoreo del rendimiento del sistema.

Aplicando estrategias de este tipo, típicamente pasan cinco o más años entre el surgimiento en una organización de la idea de tener un SIG y la implementación completa del mismo. En la literatura, se mencionan las dificultades de convencer a los directores y gerentes de los beneficios del SIG para poder mantener la velocidad de un proyecto, las dificultades en convencer a diferentes partes de una organización de adoptar fuentes comunes de datos, personal, procedimientos, compartir recursos y la resistencia a la introducción de los SIG, debido a cambios en las funciones laborales y estructuras de gestión.

La literatura también documenta una evolución paulatina de las estrategias de desarrollo de los SIG: desde un enfoque tecnocéntrico que da prioridad a la tecnología y la computarización de funciones existentes, hacia enfoques de orientación humana que priorizan los flujos y roles de la información en las estructuras organizativas; desde un enfoque de sistemas de información centralizados hacia un enfoque de redes de información en base a nodos independientes, y desde un enfoque en base a megacomputadoras y unidades especializadas de informática hacia un énfasis en redes de microcomputadores y la diseminación de las funciones de informática en toda la organización (Guevara, 1995).

Hay poca documentación en la literatura acerca de la implementación del SIG en organizaciones en América Latina. Sin embargo, al comprobarse que en organizaciones en la región existen SIG con funcionalidades sofisticadas y con configuraciones de hardware y software de alto costo, pero que en realidad son poco utilizados en la gestión de riesgos; hay que cuestionar hasta qué punto las estrategias de implementación de este tipo son relevantes o apropiadas.

En primer lugar, en América Latina, la mayoría de las organizaciones involucradas en la gestión de riesgos, tanto en el sector gubernamental como en el sector no

gubernamental, no tienen una cultura corporativa que haga posible la implementación de proyectos y programas de largo plazo, aun cuando su estructura pueda aparentar ser corporativa de una forma superficial. América Latina es postmoderna por necesidad, más que por convicción (Silva, 1992), y con la excepción de ciertos sectores, como la banca, nunca ha existido una cultura organizacional corporativa tal como existe en Europa o América del Norte. Con la crisis del modernismo en la región, en los últimos veinte años, los diferentes sectores de la sociedad se organizan cada vez más en torno a organizaciones pequeñas, especializadas y a menudo efímeras en los sectores gubernamentales, no gubernamentales y privados, con objetivos y funciones a corto plazo. Como tal, el trabajo de la mayoría de las organizaciones comprometidas en la gestión de riesgos está estructurado como proyectos o programas específicos y de muy corto plazo, que responden más a necesidades y demandas contextuales que a planes de mediano o largo alcance, y que se adaptan en forma pragmática a circunstancias sociales, económicas y políticas cambiantes.

Hay que cuestionar, entonces, cuántas organizaciones realmente requieren un SIG de carácter corporativo, capaz de cumplir múltiples funciones para diferentes aplicaciones con altos niveles de resolución y precisión. La funcionalidad sofisticada de muchos SIG contrasta con los requerimientos de información muy específicos y a corto plazo de las organizaciones. Según algunos autores (Somers, 1994), los costos de implementar SIG diseñados para múltiples usuarios, funciones y aplicaciones, y con altos niveles de resolución y precisión, ya son mayores que los beneficios; y que los argumentos que se utilizaron para justificar las enormes inversiones, en tiempo y recursos, con el fin de implementar SIG de tipo corporativo, como la posibilidad de compartir fuentes de datos y de diseñar aplicaciones múltiples sobre bases de datos compartidas, ya no son válidos.

En segundo lugar, es improbable que una estrategia informática corporativa, que requiere de varios años para madurar, logre plasmarse con éxito en organizaciones de este tipo y rendir sus frutos, ya que las características y necesidades de la organización cambian a menudo más rápidamente de lo que el sistema bajo implementación puede cambiar. La descentralización funcional y espacial de las organizaciones, el cambio de estructuras jerárquicas a favor de estructuras planas con un énfasis en el trabajo en equipo, la necesidad de asegurar la adaptación y la innovación en contextos cada vez más cambiantes y especializados y la fragmentación de los sistemas de valores, tanto en las organizaciones como en la sociedad en general, son todos factores que atentan contra estrategias de implementación de SIG de este tipo.

La velocidad del cambio es tal, que la mayoría de las organizaciones nunca reciben beneficios de un SIG de carácter corporativo. A menudo, los sistemas se vuelven obsoletos antes de culminarse su implementación, y no pueden adaptarse con la velocidad necesaria para mantenerse al día con cambios en la organización. Las estrategias de implementación a menudo exigen muchos supuestos: que cada etapa sea completada en detalle, antes de proceder a la siguiente; que el plan de desarrollo de todo el sistema sea completado antes de iniciar la implementación; que todos los requerimientos se analicen simultáneamente; que un diseño detallado completo sea desarrollado, etc. Cuando un elemento crítico en la organización se cambia, el proceso se detiene; dado que depende de que una serie de supuestos se mantenga igual.

En tercer lugar, el campo de la informática en general, y los SIG en particular, están evolucionando tan rápidamente que el tiempo de vigencia de un sistema determinado se vuelve cada vez más corto antes de que se desactualice. En los años 90, la introducción de interfases gráficas como Windows, el aumento en la velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento de las computadoras personales, el desarrollo de redes locales y remotas, y el crecimiento espectacular de Internet son todos factores que están cambiando los paradigmas de la informática a una velocidad rápida. Según Guevara, estos desarrollos en la informática y las comunicaciones están creando condiciones nuevas para el trabajo en equipo, estructuras organizacionales descentralizadas y trabajo en red, que hasta hace pocos años hubieran sido imposibles.

En cuarto lugar, las organizaciones de gestión de riesgos en la región a menudo están caracterizadas por limitaciones presupuestales, que significan que la implementación de SIG de carácter corporativo, y con múltiples funcionalidades, sólo sean posibles con el concurso de la cooperación técnica internacional. Sin embargo, muchos intentos de la cooperación técnica internacional de introducir SIG, en organizaciones en América Latina, utilizando estrategias convencionales, no han tenido el éxito esperado.

Aun cuando existe financiamiento para adquirir el hardware y software necesarios y recursos para capacitar al personal, la sostenibilidad ha sido difícil de lograr, salvo que la cooperación continúe en forma indefinida. Una vez que se termina, las organizaciones a menudo se muestran sin capacidad de actualizar o renovar el SIG con sus propios recursos, y para reemplazar personal capacitado que deja la organización. Como resultado, algunos SIG, en poco tiempo, se vuelven obsoletos e inutilizables.

Muchos de estos problemas están subrayados en un informe del Banco Mundial sobre el uso de la informática para la gestión de desastres en regiones en desarrollo (Hassan et al., 1990). Según los autores, los intentos de la cooperación técnica internacional de implantar sistemas informáticos sofisticados, y que dependan del suministro de datos remotos, fracasan debido a que los sistemas no pueden integrarse de una manera sostenible en los entornos tecnológicos y organizacionales locales. Subrayan que, tanto los políticos como los funcionarios gubernamentales, encuentran dificultades para destinar recursos humanos y financieros a la implementación y mantenimiento de sistemas de información sofisticados. A la vez, insisten en que, en muchos países, la planificación a largo plazo, que a menudo es la razón de ser de los sistemas de información, sólo se practica en el papel, mientras que programas reactivos y a corto plazo son la norma más que la excepción.

En realidad, la implementación del SIG para el análisis de riesgos en organizaciones de América Latina responde no sólo a objetivos científicos y tecnológicos, y a preocupaciones sociales y humanitarias legítimas, sino también a cuestiones de poder. Dadas las connotaciones semióticas de la tecnología, la posesión de un SIG brinda poder y prestigio tanto a la organización como a los profesionales comprometidos: algo que es explotado por los vendedores de sistemas. Poseer un software como el ARC/INFO, en vez de IDRISI, o un digitalizador grande, en vez de uno pequeño, son consideraciones reales en el desarrollo del SIG de organizaciones en América Latina, sin tomar en cuenta la cuestión de su funcionalidad.

Según Somers, la implementación del SIG de carácter autónomo, desagregado y no corporativo, orientados a aplicaciones especializadas y con objetivos y beneficios de corto plazo, representan una opción más apropiada para la mayoría de organizaciones, dada la limitación de recursos, la necesidad de tener resultados inmediatos y la disponibilidad de nuevas tecnologías y datos (Somers, 1994). Esto implica una estrategia de desarrollo del SIG consistente en un diseño básico, incorporando las características de los datos, las aplicaciones, la funcionalidad del software, y los usos, para luego basar el desarrollo del sistema sobre ese diseño. Bajo esta estrategia, tanto las aplicaciones como los resultados, podrían lograrse en el corto plazo, mientras que se sigue un trabajo más detallado sobre otros componentes del sistema.

Tales sistemas probablemente ofrecen pocas funciones para aplicaciones muy específicas y, a menudo, ofrecerían sólo los niveles de resolución y precisión estrictamente necesarios para la aplicación y posibilidades a lograr con los datos disponibles. Es paradójico que Somers ilustre su estrategia propuesta, con referencia a la implementación de un SIG para la gestión de emergencias, citando aplicaciones que se lograron desarrollar en unos pocos días.

La OEA (Bender, 1993) recomienda una estrategia similar, en base a la utilización de equipos sencillos y de bajo costo diseñados para satisfacer las necesidades de información de aplicaciones específicas a corto plazo. Según la OEA, sistemas grandes y sofisticados, que requieren de mayores capacidades técnicas, pueden ser más difíciles de reparar y mantener localmente, y sus funcionalidades y capacidades no necesariamente son útiles o valen el costo adicional para el análisis de riesgos. Dadas las limitaciones financieras y técnicas típicas de la región, los SIG para aplicaciones específicas, probablemente, sean más sostenibles a la larga, comparado con sistemas multiusuarios y múltiples aplicaciones. Al mismo tiempo, pueden permitir que la mayoría de las aplicaciones se desarrollen en plazos cortos con equipos no sofisticados, produciendo beneficios a corto plazo para las organizaciones comprendidas. Según la OEA, el obstáculo principal para la implementación del SIG, en América Latina, es la ausencia de personal capacitado; problema que puede ser superado si la capacitación se incluye como un componente dentro de las estrategias de desarrollo del SIG.

En resumen, una estrategia de implementación del SIG para el análisis de riesgos en América Latina, probablemente, consistiría en el desarrollo rápido de aplicaciones específicas en vez del desarrollo de proyectos complejos con múltiples aplicaciones. Tal estrategia ofrecería visibilidad y resultados a corto plazo. Aun cuando el objetivo final en una organización es desarrollar un SIG más complejo; probablemente, sea mejor optar por un proceso de desarrollo flexible, relacionando las aplicaciones a nivel conceptual pero desarrollándolas en forma individual, permitiendo flexibilidad en el enfoque y cronograma de cada uno. Cuando no existen marcos institucionales estables, que puedan sostener un proyecto a mediano o largo plazo, es improbable que estrategias de implementación del SIG que requieren largos períodos y niveles importantes de estabilidad institucional puedan funcionar.

En la medida que se tomen en cuenta las estrategias propuestas anteriormente para el diseño de modelos espaciales-temporales, para la adquisición de datos y para la gestión de errores es posible implementar aplicaciones para el análisis de riesgos con un mínimo de equipamiento, con software de bajo costo y en plazos relativamente cortos. En la medida que el diseño se sustente en un modelo espacial-temporal sencillo, basado en datos fácilmente disponibles, y en la medida que se haga explícito que con los datos disponibles sea posible lograr sólo un bajo nivel de resolución, la inversión en tiempo y recursos que se requiera para implementar un SIG se reduce drásticamente. Las estrategias de implementación de este tipo son altamente apropiadas para las organizaciones que apoyan las estrategias de gestión de riesgos de la población y que requieren herramientas ágiles para la visualización de escenarios de riesgo que pueden compartirse con la misma población, y que pueden implementarse en zonas de poca infraestructura y soporte técnico.

Una visión de redes de organizaciones locales utilizando SIG de bajo costo, para apoyar las estrategias de gestión de riesgos de poblaciones vulnerables, es radicalmente distinta a la visión de organizaciones centralizadas utilizando SIG sofisticados para sustentar estrategias convencionales de gestión de riesgos. Con el rápido desarrollo de las telecomunicaciones en América Latina y las posibilidades cada día mejores de conexión al Internet, aun en regiones relativamente aisladas, esta estrategia apropiada de implementación del SIG en organizaciones se vuelve más viable. El Internet puede permitir mayor acercamiento y comunicación entre sistemas de información en organizaciones pequeñas, mayor acceso a datos y mayores posibilidades de difundir la información producida. La producción, actualización y difusión de información sobre riesgos, en tiempo verídico, es una posibilidad real en el Internet, que va a influir en el desarrollo de los SIG para el análisis de riesgos. La producción de información sobre riesgos, reflejando *imaginarios* locales, donde se combinan datos producidos por metodologías como PRA con datos remotos, y donde redes de organizaciones locales comparten información y la consolidan a otras resoluciones, para influir en las políticas nacionales e internacionales, es técnicamente posible hoy en día. Falta sólo cambiar los imaginarios del diseño e implementación del SIG para el análisis de riesgos, para que sea viable.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M.; WOODROW, P., 1989, *Rising From the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster*, Westview Press, Boulder.

ANDRADE, B.; MONETT, A., 1994, *Los derrumbes de laderas en la ciudad de Valparaíso:*

un problema ambiental a considerar en la planificación urbana, III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Chile.

APODESA, 1994, *Determinación de áreas con riesgo potencial de erosión con Sistema de Información Geográfica y Percepción Remota*, mimeo, Lima, Perú.

ARNOLD, CHRISTOPHER, 1984, *Techniques of Vulnerability Assessment*, en Krimgold, F (ed), *Disaster Mitigation Program Implementation*, Virginia Polytechnic Institute, Virginia.

AYSAN, YASEMIN; DAVIS, IAN (eds.), 1992, *Disasters and the Small Dwelling: Perspectives for the UN IDNDR*, James and James, London.

AZAR, K.; FERREIRA, J., 1994, *Using GIS for Estimating the Spatial Distribution of Land Value in Metropolitan Beirut*, URISA (1994) pp. 805-819.

BASTIAN, S.; BASTIAN N., 1996, *Assessing Participation: A Debate from South Asia*, Duryog Nivaran / Konark Publishers, New Delhi.

BARRETO, RODRIGO, 1994, *Manejo ambiental y prevención de desastres naturales con participación comunitaria: el caso de los barrios populares del noroccidente de Quito*, en Lavell, A. 1994, *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, LA RED, Bogotá.

BECK, L.R.; RODRÍGUEZ. M.H. et al., 1994. *Remote Sensing as a Landscape Epidemiological Tool to Identify Villages at High Risk for Malaria Transmission*, American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 51 (3), pp. 271-280

BELTRAO, S., 1994, *Mapeo digital del Estado de Río de Janeiro y de la cuenca hidrográfica del río Paraíba del Sur*, mimeo, gobierno del Estado de Río de Janeiro.

BENAVIDES. PORCEL, Nociza. 1995, *El SIG como herramienta para el manejo de las emergencias urbanas*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

BENDER, S.; BELLO. E., 1993, *GIS Applications for Natural Hazard Management in Latin America and the Caribbean*, Department of Regional Development, Organization of American States, Washington D.C.

BERKE, P. et al., 1985, *A Computer Simulación System for Assesment of Hurricane Hazard impacts on Land Development*, Simulación Series 15(1): 149-151

BLAIKIE. P.M., 1981. *Class, Land Use and Soil Erosion*, ODI Review, 1981(2). pp. 57 - 66.

BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER. B.; 1996. Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. LA RED / ITDG, Bogotá. British Geological Survey, 1995, *Project Summary Report: Rapid Methods of Landslide Hazard Mapping*. Technical Report WC/95/30, BGS. Keyworth, Nottingham.

BRYANT, E.A., 1991, *Natural Hazard*, Cambridge University Press, Cambridge.

CANNON, TERRY. 1994, *Vulnerability Analisis and the Explanation of Natural Hazard*, en Varley, Ann, 1994, *Disasters Development and Environment*, Wiley, Chichester.

CAPUTO. M.G.. HARDOY, J.; HERZER. H.. 1985, *Desastres y sociedad en América Latina*, IIED/GEL, Buenos Aires.

CARDONA, OMAR DARÍO, 1992, *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo* en Maskrey, Andrew, 1993, Los desastres no son naturales, LA RED, Bogotá.

CHAMBERS, ROBERT, 1989, Vulnerability, Coping an a Policy, IDS Bulletin, No. 20, Institute of Development Studies, Sussex.

CHAMBERS, ROBERT, 1992, Rural Appraisal: Rapid Relaxed an a Participatory, IDS Discussion Paper No. 311, Institute of Development Studies, Sussex.

COUPÉ, FRANCOISE, 1994, Políticas urbanas y participación frente a los desastres, en Maskrey, A.; Franco, F. 1994, *Desastres y Sociedad*, No. 2, Año 2, LA RED / ITDG, Bogotá.

CUEVA, R. ROSALES. J., 1991, *Aplicación del SIG en la sistematización de información para el estudio de contaminación de Lima Metropolitana*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

CUNY, FRED, 1983. *Disasters an a Development*, Oxford University Press, Oxford. DA CRUZ, JOSÉ, 1993, *Disasters an a Development*, Oxford University Press, Oxford. DAVIS, IAN, 1978, *Shelter After Disaster*, Oxford Polytechnic Press. Oxford.

DAVIS, I; BICKMORE, D., 1993, *Data Management/or Disaster Planning*, en Merriman, Browitt (eds.), 1993, *Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities*, Thomas Telford, London

DOYLE, KRAUSS; WELLS, ROBERTS, 1994, *The Use of Videography to Assess the Spatial Impact of Hurricanes on Forest Ecosystems*, GIS/LIS (1994), pp. 223-228

DRABEK, T. 1986, *Human System Responses to Disaster: An inventory of Sociological Findings*, Springer Verlag, New York.

DYMON, Ute J.. 1994, *Mapping Severe Weather Alerts in Alabama and Georgia*, GIS/LIS (1994). pp.229-234.

DYNES, R.R.; DE MARCHI, B.; PELANDA, C. (eds), 1987, *Sociology of Disaster*, Franco Agneli Libri. Milan.

EMANI, S., 1993, *GIS Applications in Hazard Management: A Review/*, American Association of Geographer, Atlanta, April 7-10.

EMANI, RATICK, Clark, Dow, Kasperson, Moser, Schwarz, 1993, *Assessing Vulnerability to Extreme Storm Events an a Sea Level Rise Using Geographical Information Systems*, GIS/LIS Proceedings, Minneapolis Convention Centre, Minnesota.

EMMI, P. HORTON, C., 1995, *A Monte Carlo Simulation of Error Propagation in a GIS Based Assesment of Seismic Risk*, Int. J. Geographical Information Systems, Vol. 9, 447-461.

ENGELS, FREDERICK, 1845, *The Situation of the Working Class in England*, ediciones varias.

EUSTAQUIO VILLANUEVA, C. ANGULO VILLAREAL, L., 1995, *Evaluación y zonificación de las amenazas naturales en el Perú aplicando Sistemas de Información Geográfica*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

EUSTAQUIO VILLANUEVA, C., QUISPE VÍLCHEZ, J., 1995, *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la determinación de áreas vulnerables a riesgos naturales*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

FERNÁNDEZ, M.A., 1994, *Memorias de un proyecto exitoso: del Atlas Informatizado de Quito al Sistema Urbano de Información Metropolitano de Quito*, mimeo, USAID/RHUDO, Quito, Ecuador.

FLORES, FRANCISCO, 1994, *Análisis de riesgo como guía a un ordenamiento de zonas urbanas: estudio de caso: zona metropolitana de Guadalajara*, mimeo, Universidad de Guadalajara, México.

GARCÍA ACOSTA, Virginia, 1992, *Enfoques teóricos para el estudio histórico de los desastres naturales*, en Maskrey, A. 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá.

GITTINGS, BRUCE, 1996, *Worldwide Earthquake Locator* <http://geovax.ed.ac.uk/quakes/>

GRAY DE CERDÁN, N., 1994, *SIG: Prevención y manejo de la vulnerabilidad urbana, en zonas de alto riesgo sísmico*, mimeo, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

GUEVARA, J. ARMANDO, 1995, *New Technology Forces that will Shape the Evolution of GIS: The Geo Technology Paradigm*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

GUILLANDER, D. GELUGNE, P. et al., 1993, *Automatic mapping of landslides Hazards Areas in Tahiti Island Using Digital Data*, Buletin de la Societé Géologique de France, Vol. 164, 4. pp. 577-583

HALL, N, BELLER, R., 1996, *Participatory Data Collection*, mimeo, ITDG / OCDS, Oxford.

HANEY, T., 1986, *Application of Computer Technology for Damage/Risk Projections*, en Marston S.A. (ed) 1986, *Terminal Disasters: Computer Applications in Emergency*

Management, Program on Environment and Behavior Monograph No. 39, pp. 95-108. University of Colorado, Boulder.

HARVEY, DAVID. 1991. *The Condition of Postmodernity*, Basil Blackwell, Oxford.

HASSAN, H. LUSCOMBE, W. 1990, *Disaster information and Technology Transfer in Developing Countries*, Environmental Operations and Strategy Division, World Bank, Washington D.C.

HASSEN, KHALED, 1994, *Object Oriented Graphical User Interface Prototyping for a Oil Spill Information Mapping System*, URISA (1994) pp. 706-719.

HAZARDNET, 1996, <http://hoshi.cic.sfu.ca/hazard/>

HEWITT. KENNETH (ed.), 1983. *Interpretations of Calamity*, Allen and Unwin, New York.

IDRISI Project, 1996, *IDRISI Version 2 for Windows*, Clarke University.

International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR), 1994, *Yokohama Message and Plan of Acción*. United Nations, Geneva.

International Hurricane Center, 1996, *Miami Declaration and Plan of Action on Disaster Reduction and Sustainable Development*, FIU / LA RED / OAS, Miami.

JOHNSON, GLEN O., 1986, *Emergency Preparedness Planning and Operations System:EPPOS*, Los Angeles City Planning Department.

JOHNSON, GLENN, O., 1994, *The Value of Computer Methods for Hazards Vulnerability Analysis*, URISA (Urban and Regional Information Association, pp. 661-674.

LA RED, 1996, *Desinventar: Sistema de Inventarios de Desastres en América Latina*, OSSO / ITDG, Cali.

LAVELL, ALLAN, 1992, *Ciencias Sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso*, en Maskrey, Andrew. 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá.

LAVELL, ALLAN (comp.), 1994, *Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, LA RED / FLACSO / CEPREDENAC, Bogotá.

LAVELL, ALLAN, 1996, *Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano: problemas y conceptos*, en Fernández, M.A., 1996, *Ciudades en riesgo*, LA RED / USAID, Lima.

LAVELL, A. FRANCO, E. (eds), 1996, *Estado, sociedad y gestión de desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido*, LA RED, Lima.

LAVELL, ALLAN, 1997, Comunidades urbanas en Centroamérica: vulnerabilidad a desastres, en Maskrey, A.; Franco, E., 1997, *Desastres y Sociedad*, No. 7, Año 5, LA RED / ITDG, Lima.

MACÍAS, J.M., 1993, Lecciones de un desastre, en Maskrey, A. Franco, E. 1993, *Desastres y Sociedad*, No. 1, Año 1, LA RED / ITDG, Bogotá.

MACÍAS, J. M. 1994, *Análisis espacial del riesgo y el riesgo del análisis espacial: el uso del SIG para el Atlas Regional de Colima*, mimeo, CIESAS, México.

MANDELBROT, BENOIT, 1982, *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman, San Francisco.

MANSILLA, ELIZABETH (ed.), 1996, *Desastres: modelo para armar*, LA RED, Lima.

MARTINEZ, J., 1994. Desarrollo de un sistema de *prognosis y gestión para el control de incendios forestales en Chile (Proyecto F1 - 13)*: Creación de las bases de datos, III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Chile.

MASKREY. ANDREW, 1984, *Community Based Hazard Mitigation*, en Krimgold, F. (ed), 1985, *Disaster Mitigation Program Implementation*, Virginia Polytechnic Institute, Virginia.

MASKREY, A.; ROMERO, G., 1985, *Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana*, PREDES, Lima.

MASKREY, ANDREW, 1989, *Disaster Mitigation: A Community Based Approach*, Development Guidelines No. 1, OXFAM Publications, Oxford.

MASKREY, A.; ROJAS, J.; PINEDO, T.. 1991. *Raíces y bosques: San Martín, modelo para armar*, ITDG / CEPACO, Lima.

MASKREY, A.; MEDINA, J.; ARCE. I.' PINEDO, T.. 1992. *Plan local del desarrollo del distrito de Shapaja, San Martín*, ITDG / CEPACO, Lima.

MASKREY. ANDREW, 1992, *Introducing Disaster Mitigation in a Political Vacuum: The Experiences of the Reconstruction Plan following the Alto Mayo Earthquake, Peru, 1990*, en Aysan, Y, Davis, I, 1992, *Disasters and the Small*, Dewing, James and James, London.

MASKREY, ANDREW., 1994, *Comunidad y desastres en América Latina: estrategias de intervención* en Lavell, Allan, 1994, *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, LA RED, Bogotá.

MASKREY. ANDREW., 1995, *The Semiotics of Technological Innovation*, en Aysan et al. *Developing Building for Safety Programs*, Intermediate Technology Publications, London.

MASKREY, ANDREW, 1996, *Terremotos en el trópico húmedo: la gestión de los desastres del Alto Mayo, Perú, 1991 y 1992; Limón, Costa Rica, 1991 y Atrato Medio, Colombia, 1992*, ITDG / LA RED, Bogotá.

MCHARG, IAN, 1975, *Design with Nature*, Doubleday Books, New York.

MCMASTER, R.; JOHNSON J.. 1987, *Assessing Community Vulnerability to Hazardous Materials with a Geographic Information System*, American Congress on Surveying and Mapping.

MCRAE, STEPHEN, s.f., *GIS Design and the Questions Users Should be Asking*, Schofield Brothers, Rochester, New Hampshire.

MEADE, PETER, 1994, *The Crash of Avianca Flight 052: GIS Would Have Made a Difference*, URISA (1994) p689 - 694.

MEDINA, J.; ROMERO, R., 1991, *Los desastres sí avisan: estudios de vulnerabilidad y mitigación II*, ITDG, Lima.

MEDINA JUVENAL, 1996, *Análisis de vulnerabilidades y riesgos en la región San Martín*, mimeo, ITDG, Lima.

MEJÍA-NAVARRO, M.; GARCÍA, L., 1995, *Integrated Planning Decision Support System*, Colorado State University.

MINAYA, ALICIA, 1994, *Análisis de riesgo a desastres mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica: región San Martín, Perú*, mimeo, ITDG, Perú.

MINOR, T.; CARTER, J.; CHESLEY, M.; KNOWLES, R. 1994. *An Integrated Approach to Groundwater Exploration in Developing Countries Using GIS and Remote Sensing*, ASPRS/ACSM(1994)

MONZÓN. FLOR DE MARÍA, 1995, *Alto Mayo: la solución apropiada y la oportunidad propicia*, en Maskrey, A.; Franco, E., 1995, *Desastres y Sociedad*, No. 4, Año 3, LA RED/ITDG, Bogotá.

MOSSE, DAVID, 1996, *The Social Construction of People's Knowledge in Participatory Rural Development* en Bastian, S.; Bastian, N., 1996, *Assessing Participation: A Debate from South Asia*, Duryog Nivaran / Konark Publishers. Delhi.

MUNASINGHE, M.; CLARKE, C., 1995, *Disaster Prevention for Sustainable Development*, World Bank, Washington.

NASA, 1996, *Global Emergency Observation. Warning and Relief Network*, Marshall Space Flight Center, <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/geowam/>

OEA, 1993, *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado: capítulo 5: Sistemas de Información Geográfica en el manejo de peligros naturales*, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Organización de Estados Americanos, Washington D.C.

OLIVER-SMITH, ANTHONY, 1991, *The Martyred City*, University of New Mexico Press.

Pan American Health Organization (PAHO), 1994, *A World Safe from Natural Disasters: The Journey of Latin America and the Caribbean*, Washington

PONTE RAMÍREZ, R.; BASTIDAS DE CALDERÓN, M., 1991, *Aplicación de un SIG en la generación de un modelo de potencial de erosión en la cuenca del lago de Valencia, Venezuela*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

PORTO DE SANTOS, U.; SIMOES, M.; VIEIRA, H., 1991, *Sistemas de Informacao Geográfica na Obtencao de Mapas de Risco ao Deslizamento em Encostas: Uma Aplicacao a Favela do Vidigal no Rio de Janeiro, Brasil*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

PRESTES BARBOSA, M.; DOS SANTOS, M. J., 1994. *SÍG e Os Desastres Naturais:*

Uma Experiencia na Regiao de Sume, Estado de Pareaba, Brasil, mimeo, UNCAL, Brasil.

QUARANTELLI, E.L., 1978, *Disasters; Theory and Research*, Sage Studies in International Sociology 13, Beverly Hills, California.

RATICK, SAMUEL L., 1994, *Coping with Climate Change: Vulnerability and Response to Sea level Rise and Severe Storms*, Center for Technology, Environment and Development, Clark University.

ROGGE, JOHN, 1992, *A Research Agenda for Disaster and Emergency Management*, University of Manitoba, Canada.

ROMERO, G.; MASKREY, A., 1983. *Cómo entender los desastres naturales*, en Maskrey, Andrew, 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá. Royal Academy of Engineering, 1995, *Windstorm: Coming to Terms with Man's Worst Natural Hazard*, Royal Academy of Engineering, London.

SEN, A.K., 1981, *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Oxford, Clarendon Press

SHINOZUKA, M.; HWANG. H., 1995, *Systems Analysis for Memphis Light, Gas and Water*, NCEER Bulletin, Buffalo.

SILVA, ARMANDO, 1992, *Imaginarios urbanos: el caso de Bogotá y Sao Paulo*, Tercer Mundo Editores, Bogotá.

SOESILO, INDROYANO, 1994, *Volcanic Hazard information Sub System (VHÍS) Within Indonesia Disaster Management Information System (IDM1S): A Pilot Study*, ASPRS / ACSM.

SOMERS. REBECA, 1994, *Alternative GIS Development Strategies*, GIS/LIS (1994). pp. 706-715.

STALLINGS, ROBERT, 1995, Construyendo el riesgo: teoría sociológica sobre la amenaza sísmica, en Maskrey, A.; Franco, E. (eds), 1995, *Desastres y Sociedad*, No. 4, Año 3, LA RED / ITDG, Bogotá.

SWIFT, J., 1989, *Why are Rural People Vulnerable to Famine*, IDS Buletin, 20, Sussex University.

TESELLE, GALE. 1994, *A National Digital Orthographic Program*, GIS/LIS (1994) pp. 741-751

UNDRO, 1980, *Natural Disasters and vulnerability Analysis*, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.

UNDRO, 1989, *International Decade for Natural Disaster Reduction*, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.

U.S.G.S. 1996, *National Seismic Hazards Mapping Project*, <http://gldage.cr.usgs.gov/eq/>

VELÁSQUEZ, A., 1994, *Planificación regional del occidente colombiano bajo consideración de las restricciones por amenazas*, mimeo, OSSO, Cali.

WESTGATE, K.N. Y O'KEEFE, P. 1976, *Some Definitions of Disaster*, Occasional Paper No. 4, Disaster Research Unit, University of Bradford.

WHITE. G.F., 1961, *Papers on Flood Problems*, Research Paper No. 70. Department of Geography, University of Chicago.

WIJKMAN. A.; TIMBERLAKE. L., 1984, *Natural Disasters: Acts of God or Acts of Man*, Earthscan, Washington.

WILCHES-CHAUX, Gustavo, 1989, La vulnerabilidad global, en Maskrey, A. 1993. Los desastres no son naturales, LA RED, Bogotá.

WILCHES-CHAUX, 1995, *Particularidades de un desastre. Características del terremoto y la avalancha del 6 de junio de 1994 y de sus efectos sobre las comunidades afectadas*, en Maskrey, A.; Franco, E. (eds.), 1995, *Desastres y Sociedad*, Año 3. No. 4, LA RED/ITDG . Bogotá.

WILCHES-CHAUX. 1995, *The SENA self-help Reconstruction Program following the 1983 Popayan Earthquake, Colombia*, en Aysan, et al. *Developing Building for Safety Programmes*, Intermediate Technology Publications, London.

WINCHESTER. PETER, 1992, *Power, Choice and Vulnerability: A Case Study in Disaster mismanagement in South India*, James and James, London.

WOODS JAMES A.. 1994, *The Point Dume Fire Disaster of October 1993*, GIS/LIS (1994) pp. 825-832.

YUAN, MAY, 1994, *Wildfire Conceptual Modelling for Building GIS Space-Time Models*, GIS/LIS (1994) pp. 860-869.

ZAVALA ORTIZ, P., 1991, *Detección de los efectos de un tsunami en la bahía de Arica aplicando tecnología SIG*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.