

EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN LA CARTOGRAFÍA DE RIESGOS TECNOLÓGICOS. ALGUNAS CUESTIONES CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS

Trabajo realizado dentro del proyecto de investigación número 06/0154/2000 de la Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad de Madrid, denominado "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Cartografía de Riesgos Ambientales. Ensayo metodológico en la Comunidad de Madrid".

María de los Ángeles Díaz Muñoz
Concepción Díaz Castillo
Departamento de Geografía
Universidad de Alcalá.
C/Colegios, 2
28801 Alcalá de Henares (Madrid)
mangeles.diaz@uah.es

RESUMEN

En este artículo se realizan unas consideraciones generales sobre la dimensión geográfica de la vulnerabilidad en el análisis de riesgos. Se presentan algunas medidas de este concepto utilizadas en la cartografía de riesgos tecnológicos mediante Sistemas de Información Geográfica. Por último, se revisan sus posibles aplicaciones en la planificación de emergencias y ordenación del territorio.

Palabras clave:

Riesgos tecnológicos, cartografía de riesgos, vulnerabilidad, aplicaciones de los SIG

ABSTRACT

This article begins with some general comments on the geographical dimensions of the vulnerability concept, as used in risk analysis literature. The vulnerability indicators commonly applied in risk cartography with GIS are presented. Finally, we examine vulnerability cartography applications like emergence planning and land management.

Key words:

Technological risks, risk cartography, vulnerability, GIS applications

INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones actualmente más desarrolladas de las tecnologías geográficas es la destinada al análisis de los riesgos. Sin duda, la declaración del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990-1999) contribuyó a la realización de innumerables investigaciones sobre la cuestión. En este

marco, los trabajos destinados a la cartografía de los riesgos han jugado un destacado papel.

Paralelamente, se ha avanzado notablemente en la conceptualización cada vez más afinada de los problemas ambientales en general, y de los riesgos en particular. Una cuestión fundamental en los desarrollos técnicos y los teóricos reside en conectar ambos para ir progresivamente

encontrando formas más ajustadas y eficaces de medir y cartografiar las áreas afectadas por dichos problemas; en nuestro caso, las zonas en riesgo.

En el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá se viene trabajando en una línea de docencia de postgrado e investigación que aplica la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica al análisis de los riesgos, tanto naturales (incendios, inundaciones) como tecnológicos. En el Área de Geografía Humana la atención se ha centrado en éstos últimos. Así, se ha investigado en cuestiones como las políticas de localización de actividades peligrosas o no deseables (Bosque et al., 1999), en la percepción social de los riesgos (Salado et al., 1995; Díaz Muñoz et al., 1999) y, especialmente, en la cartografía de riesgos tecnológicos (Bosque et al., 2000).

En las páginas que siguen se plantean las posibilidades de la cartografía en el caso de un componente que se ha revelado como fundamental en el análisis de los riesgos ambientales, tanto naturales como tecnológicos: la vulnerabilidad. Se realizan unas consideraciones generales sobre la aportación de la geografía a su conceptualización, se plantean cuestiones concretas sobre su aplicación en la cartografía de riesgos mediante Sistemas de Información Geográfica y se apuntan algunas notas sobre sus posibles aplicaciones en planificación de emergencias y ordenación del territorio.

LOS COMPONENTES GEOGRÁFICOS DEL RIESGO. EL CASO DE LA VULNERABILIDAD

La aportación de la Geografía Humana al análisis de los riesgos se debe entender en el contexto del papel cada vez más revalorizado de las Ciencias Sociales en el estudio de los problemas ambientales. En concreto, nuestra disciplina ha ido avanzando en lo que podría denominarse una Geografía Social de los Riesgos que trata de desvelar aquellos procesos estrictamente sociales, inherentes a las características y organización de los grupos humanos, que son capaces de hacer ocasionalmente

desembocar en catástrofes a los elementos del medio natural (Calvo García-Tornel, 1997).

Las Ciencias Sociales han aportado al estudio y prevención de los desastres sus esfuerzos por definir de una manera correcta y afinada la misma naturaleza del problema. Así, hay que destacar, en el momento actual, la existencia de una abundante literatura que precisa las peculiaridades de los riesgos naturales y tecnológicos, que establece con claridad las diferencias entre los conceptos de riesgo, amenaza y catástrofe, y que trata de definir el papel de la vulnerabilidad en las consecuencias de un desastre. Sin duda, este interés por una conceptualización adecuada será de gran utilidad en los avances para la cartografía de los riesgos y para lo que es su objetivo final, la mitigación de las catástrofes.

Poco a poco ha ido generalizándose la tesis de que en la vulnerabilidad social y territorial se puede encontrar la causa de los desastres. En cierta medida, lo que inicialmente se consideraba como la *consecuencia* de una catástrofe (el elevado número de víctimas) cuya causa había sido un proceso natural (un terremoto, por ejemplo), se ha desvelado como su auténtica protagonista. En consecuencia, se ha generalizado el lema de que *Los desastres no son naturales* (ver, por ejemplo, Maskrey, 1993), sino el resultado de una deficiente organización social que conduce a respuestas inadecuadas ante procesos extremos del medio físico.

Este planteamiento justifica el hecho de que en los últimos años se haya destinado una abundante literatura a la definición de la vulnerabilidad en la Geografía de los Riesgos (Blaikie et al., 1994, Cutter, 1996 a y b, Hewitt, 1997, Beier y Dowing, 1998). Aunque nos detendremos en descomponer el concepto con detalle en el siguiente epígrafe, quizás convenga aquí reproducir una primera definición general, tomada de Blaikie et al. (1994): "Por vulnerabilidad entendemos las características de una persona o grupo en términos de su capacidad para anticipar, enfrentarse, resistir y recobrase del impacto de un peligro natural. Ello implica una combinación de factores que determinan el grado en el que la vida y el sustento de los individuos son puestos en peligro por un evento identificable en la naturaleza o en la sociedad".

El de Vulnerabilidad es un concepto complejo, en el que se advierten dimensiones sociales, económicas, políticas y culturales (para un extenso desarrollo teórico sobre la cuestión, véase el artículo de Alonso Climent en este mismo número), cuya definición ha sido abordada también desde perspectivas epistemológicas muy diversas – ecología política, ecología humana, ciencias físicas, análisis espacial - (Cutter, 1996 b).

Precisamente, esa riqueza en matices del concepto plantea el reto de encontrar medidas apropiadas a la hora de intentar hacer operativo un estudio de vulnerabilidad, mediante, por ejemplo, la cartografía de la misma. Quizás la distinción que hace Cutter (1996 b) entre vulnerabilidad social (indicadores socioeconómicos, percepción del riesgo, capacidad de respuesta individual o social) y biofísica (emplazamiento y situación, proximidad a la amenaza, estructura territorial, características del medio físico) pueda servir como una primera aproximación en el proceso de establecer los indicadores para medir la vulnerabilidad ante los riesgos en un caso concreto. No hay que olvidar la estrecha relación que existe entre la vulnerabilidad y los conceptos de competencia y capacidad de respuesta, que también deben ser medidos de una manera operativa. A este respecto, se han aplicado medidas como la existencia y calidad de equipamientos públicos y de emergencia (relativamente sencillas), aunque también habría que acudir a estimaciones sobre desarrollo institucional, relaciones sociales o poder político, fenómenos cuya medida mediante indicadores simples puede plantear bastante dificultad.

A la precisión conceptual debe seguir la precisión en la medida, y ahí hay que afinar mucho para reconocer aspectos culturales, como los valores y simbolismos de la población. Debemos recordar que la vertiente cultural tiene un gran peso en la valoración y la respuesta ante los riesgos (Douglas y Wildavsky, 1982). La cuestión nos obligaría a realizar una pequeña reflexión sobre la naturaleza de la información que se necesita para medir la vulnerabilidad y advertir que no debería limitarse a datos directamente cuantificables o fáciles de encontrar en los censos, debido a que se corre el riesgo de pasar por alto factores fundamentales de la vulnerabilidad (Beier y Dowling, 199, pág. 45).

La dimensión cultural en el análisis de los riesgos nos conduce a prestar mucha atención al contexto social y territorial en el que se está investigando. Estamos obligados a reconocer los muchos matices existentes en la percepción de los riesgos y evitar la tentación de aplicar estereotipos que relacionan, por ejemplo, el nivel de instrucción con la vulnerabilidad. Este indicador quizás sea una buena medida de la vulnerabilidad en culturas occidentales, pero posiblemente no sea válido en aquellas sociedades tradicionales en las que sus miembros, posiblemente analfabetos, han llegado a desarrollar sabias y complejas relaciones con un medio físico peligroso u hostil. Otra cuestión que nos obliga a prestar atención al contexto cuando abordamos un estudio concreto de la vulnerabilidad se refiere al hecho de que, posiblemente, a las medidas generales de vulnerabilidad habría que añadir indicadores específicos para diferentes tipos de catástrofes naturales o tecnológicas.

El análisis de los riesgos posee una dimensión geográfica evidente: tanto el peligro como la vulnerabilidad y la catástrofe se materializan en un territorio y, por lo tanto, tienen un componente espacial que se basa en la coincidencia de una determinada amenaza con la población y sus actividades (Nyerges et al., 1997). La aproximación geográfica puede abordarse, de una manera básica, definiendo el contexto en el que el desastre se materializa o se podría materializar. La cartografía de los riesgos está tratando de avanzar más allá, contribuyendo a establecer una zonificación de los niveles de riesgo a partir de la combinación de mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

Ahora bien, un estudio geográfico que se detenga exclusivamente en las dimensiones espaciales del riesgo corre el peligro de obviar su dimensión temporal. En el caso de la vulnerabilidad, la presencia de la población sobre el espacio varía en periodos temporales cortos (día/noche) -cuestión importante en la planificación de emergencias en países desarrollados, donde el espacio y el tiempo están muy especializados-, o en periodos largos (procesos de crecimiento urbano, mejor o peor controlados, que aproximan a la población a puntos peligrosos –recordar el caso del gravísimo accidente de Bhopal en 1984 o las catastróficas consecuencias de la riada que afectó al núcleo urbano de

Badajoz en 1997-. Los procesos de crecimiento y densificación de los espacios construidos, con el consiguiente aumento de la presión de la población sobre el territorio, pueden hacer evolucionar de manera muy rápida el mapa de vulnerabilidad de regiones situadas en países en desarrollo (Sengupta et al. 1996).

Ya existe una abundante literatura sobre la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la cartografía de riesgos (Goodchild et al, 1993 y1996, Beroggi y Wallace, 1995, Stein et al., 1995, McMaster et al, 1997, Nyerges et al., 1997, Monmonier, 1997, Belleza et al, 1998, Lain Huerta, 1999, Horcajada Herrera et al., 2000), alguna de ella centrada especialmente en la representación de la vulnerabilidad(Lowry et al., 1995, Chatelain et al., 1995, Chakarborty and Armstrong, 1996, Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, 1997, Ordóñez et al., 1999). En nuestro Departamento, se han realizado ensayos de cartografía de riesgos en torno a ciertas instalaciones para el tratamiento de residuos tóxicos y peligrosos en el entorno de Madrid, en alguno de los cuales se ha incidido especialmente en la medida de la vulnerabilidad. En el siguiente epígrafe se recogen algunas consideraciones metodológicas a partir de nuestra experiencia.

CARTOGRAFÍA DE RIESGOS Y VULNERABILIDAD. VARIABLES, MEDIDAS Y SIG

Cartografía de vulnerabilidad

La caracterización y definición de los riesgos, en sus tres factores o componentes: peligro, exposición, vulnerabilidad, requiere una gran cantidad de información espacial y su expresión cartográfica; la cartografía se convierte en una herramienta indispensable en la valoración y gestión de los riesgos: inventarios de focos de peligros, extensión y descripción de la exposición, análisis de vulnerabilidad, simulación de escenarios de

riesgo, visualización y comunicación de riesgos al público general, etc. (O.E.A., 1993; Scott y Cutter, 1997).

En riesgos naturales la cartografía ha sido tradicionalmente considerada como uno de los recursos *no estructurales* básicos para el control y reducción de riesgos (O.E.A., 1993; Gómez Orea, 1994). Se ha considerado un instrumento no sólo descriptivo sino prospectivo (Horcajada et al. 2000).

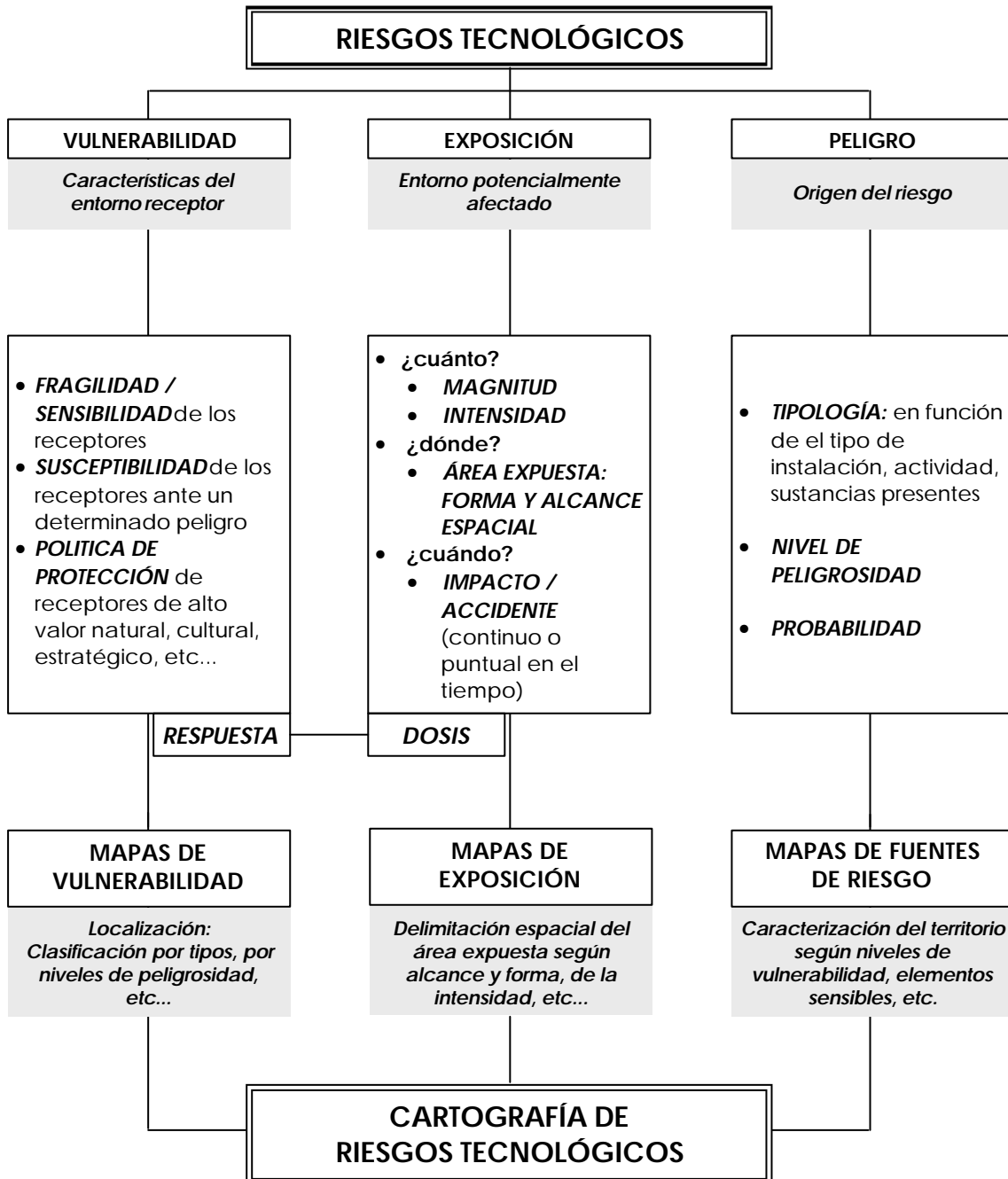
En el dominio de los riesgos tecnológicos, en cambio, la cartografía de riesgos ha presentado una acusada escasez debido a un desarrollo histórico más reciente y a la dificultad de representar ciertos fenómenos (la difusión de elementos contaminantes en la atmósfera, reacciones de vertidos líquidos, etc.), lo que ha impedido una producción cartográfica de forma sistemática y científica. A favor de su desarrollo, las nuevas tecnologías de la información geográfica, y en concreto los Sistemas de Información Geográfica (SIG) presentan actualmente nuevas posibilidades técnicas e instrumentos eficaces para la elaboración de cartografía de riesgos, ofreciendo facilidad en la incorporación de datos digitales, análisis espaciales, modelización de fenómenos complejos, etc...

La localización de los focos de peligro en riesgos tecnológicos difiere sustancialmente (en concepto y método para ser representados) de la zonificación de peligrosidad derivada de sucesos de origen natural. De hecho, a menudo para algunos de estos eventos, esta zonificación es la delimitación de una potencial o hipotética exposición. Ambas cartografías, sin embargo, pueden compartir el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión territorial para el receptor más importante: localizar a la población, su sistema de asentamientos, relaciones y actividades humanas.

El cuadro 1 recoge los principales factores que se contemplan en la valoración de riesgos tecnológicos; se resalta la componente espacial de cada uno de ellos y sus posibilidades cartográficas. Los focos de *peligro* suelen tener una localización precisa y puntual, aún en escalas grandes (ejemplo: escape de gases a través de una chimenea, vertido líquido a un cauce, accidente en transporte de materias peligrosas, etc...). La *exposición* hace referencia a la intensidad (dosis) de sustancias peligrosas o efectos nocivos a los

que queda expuesto un territorio y los seres vivos que lo habitan, y a la delimitación del *área expuesta*. Ésta depende del *alcance espacial* del peligro y de la *forma* de propagarse según las vías ambientales afectadas (según modelo de comportamiento de cada tipo de sustancia o agente contaminante y su estado -sólido, líquido y gaseoso-); para su cartografía

apenas se cuenta con una metodología efectiva. Los mapas de *vulnerabilidad* representan una realidad más estable, a pesar de su dinamismo temporal; los componentes territoriales son relativamente fáciles de localizar aunque, como veremos, muy difícil de valorar el grado de su vulnerabilidad.



Cuadro 1. Línea de investigación de Riesgos Tecnológicos y posibilidades cartográficas.

Centrada la atención en la cartografía de vulnerabilidad, con fines operativos y al servicio de la planificación territorial, implementada en SIG, se revisa el concepto teórico a partir del cual se plantea su representación gráfica: la vulnerabilidad del receptor define el grado de susceptibilidad para experimentar daños o efectos adversos como consecuencia de los riesgos generados por un peligro o amenaza.

La dimensión espacial del receptor pasa a ser representada en el mapa como vulnerabilidad en el territorio; la cartografía de vulnerabilidad presenta y hace referencia al potencial de éste, y de los elementos de los que él es soporte, para experimentar daños consecuencia de accidentes o eventos extremos, y es función de la presencia de un medio físico frágil y/o de un medio humano con usos, actividades y poblaciones sensibles. (Bosque et al. 2000)

En los estudios con enfoque geográfico donde se aborda esta problemática de los riesgos de origen tecnológico, el análisis de vulnerabilidad sobre el territorio y/o población expuestos es una de las aplicaciones más frecuentes para valorar la magnitud del riesgo (Eastman y Hulina, 1997). La medición de la vulnerabilidad es uno de los primeros pasos para la evaluación del riesgo; se considera como el nivel más somero de su medición puesto que en este análisis el peligro es potencial y no está bien definido, y los receptores son considerados de forma general y no individualmente (Nyerge et al. 1997). La vulnerabilidad es siempre un factor de intensificación del riesgo.

Un análisis de vulnerabilidad necesita una previa caracterización del contexto territorial, o área expuesta a las fuentes de riesgo, donde analizar aspectos y elementos susceptibles ante los efectos nocivos y tóxicos identificados como consecuencia de riesgos tecnológicos. Puesto que los posibles efectos son muy variados (escasamente estudiados e insuficientemente definidos) se suele tomar como receptores, con carácter general, a la población y al medioambiente, y como efectos negativos de los riesgos aquellos que puedan afectar a la salud humana y a la calidad ambiental. Entre los componentes vulnerables analizados se puede diferenciar entre aquellos estudios que se centran preferentemente en los sistemas naturales, con la detección de aquellos ecosistemas más frágiles, elementos

singulares, etc., como de máxima vulnerabilidad a las perturbaciones inducidas por el hombre; y los que se centran en los componentes humanos o sistemas sociales del territorio como la población, las infraestructuras y los usos del suelo (Kasperson et al., 1995).

La población, como sujeto y objeto territorial, es el componente por excelencia en el análisis de vulnerabilidad para zonas humanizadas o estudios urbanos. Desde el enfoque de este trabajo para la planificación territorial, la población se convierte en un objetivo necesario para medir los riesgos que se han de asumir o evitar. A continuación se presentan algunas formas de abordar su estudio.

Variables y criterios para medir la vulnerabilidad

Ya se ha comentado la complejidad del concepto de vulnerabilidad frente a riesgos naturales y tecnológicos en los distintos ámbitos geográficos, culturales, socioeconómicos, etc..., por tanto, se puede entender la dificultad derivada para la elección de variables que ayuden a una medida precisa, máxime si han de ser susceptibles de cartografiarse. En este sentido las variables que se utilizan con mayor frecuencia para medir la vulnerabilidad en su dimensión espacial son variables sociodemográficas, económicas, culturales, y territoriales (Bayo, Chicharro y Galve, 1995) que recogen aspectos de la población, su sistema socioeconómico e infraestructuras, principalmente.

No conocemos ninguna taxonomía que contemple todos los posibles factores de vulnerabilidad y permita aplicarla de forma sistemática en el análisis de vulnerabilidad del territorio para riesgos tecnológicos en concreto. Se han desarrollado algunos propuestas para riesgos naturales como por ejemplo: el *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*, (O.E.A., 1993), e incluso alguna clasificación y metodología para riesgos de origen tecnológico pero con consecuencias similares a las riesgos naturales, como es el caso de roturas de diques o embalses (Betâmio de Almeida, 1999).

La concepción de vulnerabilidad más completa que se ha encontrado, aunque no para el territorio sino para sistemas industriales complejos (Einarsson y Rausand, 1998), tiene una perspectiva sistémica en la cual se contempla todo aspecto que suponga reducción de riesgos o de los efectos consecuencia de éstos. Introducen en la consideración de vulnerabilidad dos conceptos nuevos en esta cuestión: *dependencia* y *complejidad*. Toda relación de dependencia es un indicador de vulnerabilidad. Al igual interpretan el grado de complejidad de un sistema como un factor que le hace vulnerable. En estos dos conceptos consideramos que se articula la clave de la dificultad con la que enfrentarse para la valoración de la vulnerabilidad ante el riesgo tecnológico en sociedades cada vez más modernas y sofisticadas (precisamente sus avances tecnológicos generan estos riesgos), y por tanto más complejas y dependientes en sus estructuras y relaciones.

Seguidamente, se revisan las principales variables utilizadas para zonificar y graduar la vulnerabilidad en el territorio según la literatura consultada. La **población**, como principal perceptor y receptor de riesgos, presenta distintas facetas de vulnerabilidad y es objeto de medida en varios aspectos, exponemos algunos:

- Medir el volumen de la *población potencialmente expuesta*: es una forma de cuantificar el riesgo en las entidades o unidades espaciales mediante cifras absolutas de *residentes* (utilizando fuentes de información estadística demográfica como censos o padrones), y/o valores relativos como la *densidad de población*, siendo ésta la opción más utilizada cartográficamente y más operativa dentro del SIG. Una mayor densidad demográfica indicará mayor vulnerabilidad.
- Caracterizar la población en función de su *capacidad de resistencia* o la carencia de ésta: se trata de indagar sobre características para soportar impactos y riesgos o, al contrario, sobre características que impliquen sensibilidad como forma de máxima vulnerabilidad. Términos como debilidad, fragilidad, sensibilidad, susceptibilidad, y naturalmente vulnerabilidad, aparecen frente a otros como resistencia, fortaleza, tolerancia, asimilación, etc., que indican

la predisposición o capacidad de elementos, en este caso seres humanos, frente a posibles efectos de contaminación por distintas vías como consecuencia de un accidente o fallo tecnológico.

Se puede establecer una analogía entre la noción de *capacidad de asimilación* del medio físico (como receptor de contaminantes) utilizada en la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), y la *capacidad de resistencia* y *de respuesta* para el medio humano. Tomando con amplitud la definición de Hewitt: la falta de resistencia como forma de vulnerabilidad indicaría la limitación para evitar, resistir o compensar, y recuperarse ante un accidente (Hewitt, 1997). Esta forma de considerar la vulnerabilidad engloba, desde nuestro punto de vista, características físicas de las personas y habilidades sociales y personales ante los riesgos.

La capacidad de respuesta puede entenderse (al igual que en riesgos naturales) como las acciones y recursos encaminados a prevenir y reducir los riesgos, mitigar las consecuencias negativas, y reestablecer la estabilidad en el sistema social. Consistiría en estimar cómo una comunidad se organiza para afrontar los riesgos. La resistencia/salud sería un factor interno de vulnerabilidad de la población, mientras que la respuesta sería un factor externo.

Con este concepto de resistencia de alguna forma se justifica las distintas respuestas de los individuos ante la misma dosis de exposición. Es un término complementario al de sensibilidad.

Para medir la capacidad de resistencia o sensibilidad de la población en el caso de la salud humana, por ejemplo, se utilizan variables demográficas como la *edad* de las personas (Lowry, et al., 1995; McMaster, 1990, citado por McMaster et al. 1997; Betâmio de Almeida, 1999; Bosque et al. 1999). La edad puede ser considerada como un factor del desarrollo físico de la persona y se acepta de forma generalizada la mayor vulnerabilidad en grupos como los ancianos o la población infantil. Difícil resulta introducir otros factores individuales de riesgo (como sexo, peso, hábitos, etc.) cuya importancia está sin determinar debido a la falta de conocimiento sobre los efectos, estudios toxicológicos, epidemiológicos, etc. (Bayo, Chicharro y Galve, 1995; Scott y Cutter, 1997);

además de la ardua tarea de incorporar esta información en bases de datos. Si puede incorporarse a veces, desde el punto de vista espacial, características como el estado físico de los individuos, por ejemplo, *los enfermos* son más sensibles ante este tipo de riesgos y presentan menor resistencia ante sus efectos, y podría localizarse en hospitales, clínicas, etc., pudiendo aportarse esta información a través de variables como equipamientos sensibles o instalaciones críticas.

- Describir la población en función de su *capacidad de respuesta*: como tal capacidad se revisan los recursos o habilidades individuales o colectivos para evitar, superar y recuperarse ante un evento catastrófico (Rodríguez, 1993; Kaspersen et al., 1995). Éste es un concepto muy similar al anterior, en algunos casos también podría denominarse “resistencia social”, pero se prefiere diferenciar los términos de resistencia para características personales/individuales, y el de repuesta para recursos o habilidades que caracterizan al colectivo o sociedad por su grado de desarrollo socioeconómico, sistemas de protección, etc. Con esta denominación se intenta designar, no sólo a los recursos para responder a un accidente una vez sucedido, sino también a aquellos para el control y prevención de los mismos. Se incluyen todas las acciones o medidas que podamos considerar “barreras” (Einarsson y Rausand, 1998) que impidan, retrasen o mitiguen los efectos posibles derivados de este tipo de riesgos.

Como variables suelen utilizarse datos socioeconómicos, el *nivel de renta*, a partir de determinados umbrales que indiquen “bajos ingresos” o “niveles de pobreza”, es uno de los indicadores más utilizados (Sánchez Ortega, 2001, Lowry et al., 1995, McMaster et al.1997); otros como: *niveles de instrucción, tasas de paro, tasas de eventualidad en el trabajo*, etc. (Bosque et al. 2001) se utilizan como indicadores de precariedad en las formas de vivir o de trabajar.

Más difícil para su valoración y cartografía son otras variables que describen los sistemas sociales en su conjunto, como evaluación de *sistemas de socorro, falta de transporte*, etc. (Lowry et al., 1995), o cualquier mecanismo institucional de control, emergencia,

seguimiento o reconstrucción que dan cobertura a una sociedad como: *medidas de seguridad obligatorias en determinadas instalaciones, planes de emergencias, dotaciones y cuerpos como protección civil, bomberos, controles de sanidad en agua o alimentos, estudios epidemiológicos o toxicológicos, campañas de información, etc.* son medidas que reducen notablemente la vulnerabilidad de comunidades o grupos en mayor o menor medida organizados. Al contrario, situaciones generalizadas de **pobreza, precariedad o marginalidad** extreman las condiciones de vulnerabilidad de esa población ante cualquier impacto.

Como se acaba de mencionar el concepto de **marginación** puede aportar otras variables desde criterios sociales. Medidas de este tipo tratan de reflejar las constricciones sociales y económicas sobre las habilidades de determinados grupos para vivir y trabajar en lugares menos peligrosos. Son utilizadas, frecuentemente, en investigaciones llevadas a cabo en contextos de riesgos naturales y países poco desarrollados, en los cuales además los mecanismos socio políticos para asistir las necesidades y reconstruir los daños son más retardados en áreas pobres que en otras más prósperas (Rodríguez, 1993). También se introduce este criterio junto con el de *discriminación racial* en el enfoque de *justicia ambiental*. En estos casos se utilizan, además de indicadores de pobreza, los *porcentajes de minorías o determinadas etnias* en la composición de la población.

Se reconoce así el tópico: “la gente pobre generalmente es más vulnerable que la rica” (Susman, O’keefe, and Wisner, 1983, citados por Rodríguez1998; Lowry et al., 1995). Para Rodríguez la vulnerabilidad se definiría como el grado en el que clases diferentes en la sociedad son diferentes ante el riesgo, ambos en términos de probabilidad de ocurrencia de un evento físico extremo (natural o tecnológico) y el grado para que la comunidad absorba los efectos de este evento y ayude a las distintas clases a recuperarse.

Una medida complementaria para la capacidad de respuesta puede aportarla el estudio de la percepción del riesgo tanto por parte de las instituciones como por los propios receptores potenciales. (Salado et al., 1995, Díaz, Rodríguez y Salado, 1999; García Codrón y Sillio Cervera, 2000).

La percepción del riesgo puede ser considerada a su vez causa y consecuencia en la evolución de las relaciones entre hombre y medio, y en el desarrollo económico y tecnológico; puede ayudar a explicar cómo un colectivo o sociedad interpreta el riesgo para asumirlo (beneficios, costes) o cómo desarrolla estrategias para evitarlo. Se justifican así las distintas políticas institucionales desarrolladas, preventivas o paliativas; se pueden comprender los sentimientos de "falsa seguridad" que suponen medidas estructurales frente a riesgos naturales (Mateu y Camarasa, 2000); o en sentido contrario, la desconfianza y el rechazo social ante determinadas instalaciones consideradas peligrosas (Salado et al., 1995). En cualquier caso, la percepción del receptor condiciona su repuesta ante el riesgo, y por tanto el nivel de vulnerabilidad.

Las variables que pueden medir la vulnerabilidad en función de la percepción son difíciles de seleccionar y aplicar; a veces el mismo indicador en contextos diferentes puede reflejar niveles opuestos de vulnerabilidad, por ejemplo el *nivel de estudios o la proximidad al foco de peligro*.

Otros componentes territoriales considerados de gran vulnerabilidad para el territorio son los referidos a **equipamientos, infraestructuras y actividades sensibles** (Lowry et al., 1995; Bosque Sendra et al. 2000); su vulnerabilidad se incrementa por su valor funcional, estratégico, cultural, ecológico, etc., o por la concentración de personas que suponen:

Equipamientos:

considerando los equipamientos sanitarios (hospitales, clínicas, residencias, etc.), educativos (guarderías, colegios, institutos, etc.), deportivos, comerciales, de ocio, incluso pueden considerarse espacios naturales protegidos (con figuras legislativas como parques nacionales, naturales, reservas biológicas, etc.), incluso elementos del patrimonio artístico.

Infraestructuras:

de transporte, de comunicaciones, hidráulicas, energéticas, etc. pueden ser consideradas, unas, como canales de relación y flujos humanos, y otras, por su funcionalidad en la organización social. La llamadas líneas vitales (tendido eléctrico, canalización de agua potable, etc), carreteras, aeropuertos, etc..., se convierten en elementos con amplia

repercusión para la sociedad en caso de accidentes graves.

Una variable muy territorial, muy cartografiada y cartografiable, buena expresión de la ocupación humana la constituye la cartografía de *usos y cubiertas del suelo*. En una escala grande, sintetiza parte de los aspectos que se recoge en las variables anteriores. Incorpora gran riqueza de información sobre el medio humano, social, e incluso sobre el medio físico; integra aspectos demográficos, económicos, naturales, culturales, etc.; y se constituye como un buen reflejo de la complejidad de los componentes territoriales y sus relaciones. Es una variable muy utilizada en estudios de vulnerabilidad para riesgos naturales y tecnológicos puesto que la intensidad de ocupación humana es un excelente indicador de la intensidad de la vulnerabilidad.

El territorio en esta variable puede ser objeto de análisis como:

- Soporte espacial para la población: entidades físicas, o espacios homogéneos que albergan a las comunidades y sus actividades.
- Funcionalidad: actividades, infraestructuras y equipamientos.
- Valor ambiental: singularidad de sistemas naturales, elementos de calidad ambiental, patrimonio cultural, etc.

Cuestiones técnicas en cartografía y SIG

Conceptualmente pueden establecerse qué características confieren a una población o a un territorio la condición de vulnerabilidad frente a una determinada amenaza. Cartográficamente resulta, sin embargo, bastante difícil seleccionar las variables espaciales que representen esas características.

Aunque en el epígrafe anterior se han mencionado algunas de ellas, los estudios en los que se han utilizado no dejan de estar exentos de problemas. Se citan a continuación algunas cuestiones a tener en cuenta:

- 1 Dificultad para encontrar fuentes de información y datos de calidad: fiables y actualizados.

- 2 Elección de la escala y resolución espaciales, que permitan delimitar y matizar la vulnerabilidad. Escalas grandes favorecen la observación de elementos o situaciones especialmente críticas que en escalas pequeñas pasarían inadvertidas o diluidas. Aunque es necesaria la coordinación entre el alcance espacial o distancia máxima de exposición al riesgo y el territorio objeto de análisis.
- 3 La unidad de observación espacial, unidad natural, administrativa, política, etc. condiciona los resultados en función del detalle que permitan y de los criterios con los cuales ha sido definida; especialmente a la hora de interpretar datos estadísticos en variables sociodemográficas (Bahadur, Samuels y Williams, 1998; Wildgen, 1998, Sánchez Ortega, 2001).
- 4 La integración de variables o indicadores en la valoración de la vulnerabilidad supone la toma de decisiones sobre criterios y métodos de ponderación dependientes de perspectivas y objetivos, en algunos casos discutibles.
- 5 El peso que supone la vulnerabilidad como factor en la valoración final del riesgo ha de estar acorde con la exposición real o potencial y el alcance espacial del peligro. Es decir, el diseño o construcción de escenarios potenciales de riesgo ha de ajustarse a hipótesis realistas: puede existir gran vulnerabilidad en espacios no expuestos y, por tanto, no sometidos a riesgos.

La nuevas tecnologías, como se comentó anteriormente, están suponiendo grandes avances para la producción cartográfica, análisis y modelización de este tipo de fenómenos, pero también es cierto que imponen ciertas exigencias formales y técnicas que consumen considerables recursos en estos trabajos, y limitan los resultados.

Frente a la ingente aportación de información digital, sin duda interesante y valiosa, aparecen los numerosos tipos de formatos en su presentación y organización de los datos, y los distintos programas necesarios para su procesamiento o conversión.

Si bien la capacidad de almacenamiento, procesamiento, etc. es elevada, también

introducen errores sistemáticos o accidentales que en bases de datos grandes, con miles de registros, son a veces imperceptibles y difíciles de controlar, pudiendo suponer errores o sesgos en los resultados. Por ejemplo, los datos del Padrón de Habitantes y Estadísticas de la Población de la Comunidad de 1996, tomo IV (www.comadrid.es/estadis/indtoma4.htm) asociados a la base cartográfica del Nomenclátor de la Comunidad de Madrid de 1996, presentan una inconsistencia al no cumplir los requisitos de una base de datos relacional, con correspondencias biunívocas entre registros espaciales y atributos temáticos. (En concreto, en el mapa de sectores urbanos para el caso del sector diseminado del municipio de Madrid).

Otra peculiaridad de los SIG, y la cartografía que generan, es el tipo de geometría para representar el espacio y las distintas entidades geográficas; sistemas raster y vectorial suponen conceptos y estructuras diferentes para el almacenamiento de la información y para su tratamiento espacial y estadístico.

Afortunadamente, advertimos la rápida evolución de estas herramientas y el desarrollo de nuevas capacidades que resuelven las actuales deficiencias. Es vertiginoso, también, el desarrollo y creación de bases de datos nuevas o mejoradas desde organismos e instituciones que mejoraran las posibilidades y los resultados en las tareas que nos ocupan.

APLICACIONES DE LA CARTOGRAFÍA DE LA VULNERABILIDAD

Quizás uno de los mayores atractivos de la línea de investigación en cartografía de riesgos reside en su carácter eminentemente aplicado. Se podrían distinguir dos grandes orientaciones en las aplicaciones: la planificación de emergencias (destinada a organizar la respuesta ante un catástrofe), y la ordenación del territorio en general (que intentaría evitar o prevenir los sucesos catastróficos). Por supuesto, ambas orientaciones están también relacionadas entre sí.

La planificación de emergencias trata de definir una estrategia para enfrentarse de una manera eficaz a una catástrofe. Cova (1999), en un interesante trabajo sobre las aplicaciones de los SIG en el campo de las emergencias, reconoce cuatro fases en esta tarea: mitigación, preparación, respuesta y recuperación. Todas ellas tienen una fuerte componente espacial, por lo que es cada vez más frecuente que las agencias públicas responsables de la gestión de este tipo de crisis hayan desarrollado o utilicen modelos de planificación de emergencias basados en un SIG.

La información espacial básica para un Sistema de Información de Emergencias se puede dividir en dos partes: los *mapas de riesgo*, que representan la localización de las áreas expuestas a riesgos tecnológicos o naturales, y los *mapas de respuesta*, que sitúan equipamientos básicos como las estaciones de policía o bomberos y hospitales, los potenciales refugios para la población evacuada y elementos especialmente sensibles como guarderías, escuelas o residencias de ancianos (Monmonier, 1997, capítulo 11).

Quizás el sistema de gestión de emergencias más conocido sea el CAMEO (Computer-Aided Management of Emergency Operations), desarrollado por NOAA y aplicado y distribuido por la EPA de los EEUU. Se trata de un sistema para construir un inventario local de actividades peligrosas y generar modelos de dispersión de agentes tóxicos. También permite incluir datos sobre poblaciones en riesgo.

Un cartografía detallada de la vulnerabilidad tiene un papel destacado en la planificación de emergencias. Cova (1999) se centra en el objetivo de una evacuación eficaz y rápida para establecer un procedimiento mediante SIG, que denomina *cartografía de vulnerabilidad para la evacuación*, para asignar población a la red viaria mediante polígonos Thiessen y establecer las rutas de salida óptimas.

Parrot y Stutz (1991) introducen la dimensión temporal para estimar con el máximo detalle el volumen de población a auxiliar ante una emergencia. La fuente de información más convencional para calcular la población presente en un lugar, los censos, resulta bastante burda cuando se necesita precisar tal cuestión ante un accidente. La división funcional del espacio y el tiempo en nuestra

cultura hace que existan fuertes diferencias de ocupación de distritos industriales o de oficinas y barrios residenciales a lo largo de 24 horas. Estos autores proponen un procedimiento que combina mapas de usos del suelo, información censal (volumen y características de la población) y encuestas de movilidad diaria para realizar una planificación de emergencias que permita gestionar con la mayor eficacia las tareas de evacuación y ayuda.

En todo caso, una perspectiva sensible a la vulnerabilidad en la gestión de emergencias debe centrarse en identificar aquellas actividades y grupos de población que, su naturaleza sensible, sea más proclives a sufrir daños como consecuencia de una catástrofe. La cartografía de riesgos, y de vulnerabilidad en particular, tiene abierto un reto para la utilización cada vez más afinada de las fuentes de información y de las técnicas existentes.

En Ordenación del Territorio las posibilidades y el interés de una cartografía de riesgos centrada en el análisis de la vulnerabilidad son enormes. La vulnerabilidad es quizás el componente del riesgo que mejor se puede reconocer: podemos saber dónde existe peligro y dónde, por tanto, se puede producir una catástrofe. Por lo tanto, una vez reconocidas las áreas expuestas, el objetivo de la ordenación del territorio consistiría, a grandes rasgos, en evitar la vulnerabilidad de las zonas en peligro (sobre todo ante los riesgos naturales) o bien, evitar la ubicación de actividades peligrosas en la proximidad de territorios vulnerables. Por supuesto, éste es un planteamiento muy simple que hay que rastrear en la complejidad de la normativa relativa a ordenación del territorio y protección civil, y en la red de competencias administrativas sobre la cuestión en España (Ayala Carcedo, 2000, Vallejo y Camarillo, 2000). Quizás sólo haya que recordar que la Ley del Suelo vigente en España desde 1998 establece que se debe considerar como suelo no urbanizable aquel que cumpla una serie de requisitos de vulnerabilidad. Esto abre, en principio, una posibilidad a la aplicación de la cartografía de riesgos en el planeamiento urbanístico municipal.

En el contexto internacional, los análisis de vulnerabilidad ante los riesgos usando SIG se han centrado fundamentalmente en la resolución de conflictos locacionales en el caso de actividades molestas y peligrosas,

en la comunicación del riesgo en los procesos de negociación entre Administración y afectados, y en el desarrollo de investigaciones relativas a la denominada *Justicia Ambiental*.

Un problema de gran relevancia actual en ordenación del territorio (debido a la cada vez más desarrollada sensibilidad de la población ante el medio ambiente y la calidad de vida) es el de las decisiones locacionales relativas a actividades nocivas o potencialmente peligrosas. En estos casos, se trata de resolver el conflicto entre los intereses generales y locales mediante un proceso de *comunicación del riesgo* que facilite una atmósfera transparente y generadora de confianza. En esta tarea, ya se han realizado varios ensayos para aplicar los SIG y la Evaluación Multicriterio con el fin de presentar soluciones alternativas a los actores implicados en la controversia (Nyerges et al., 1997).

El concepto de *Justicia Ambiental*, también conocido como equidad ambiental, ha sido el fruto de un largo debate en la sociedad norteamericana sobre el desigual reparto entre la población de los costes ambientales de actividades y tecnologías. Este debate condujo al establecimiento de una Orden Ejecutiva del Gobierno de Clinton en 1994, que obliga a adoptar el principio de justicia ambiental en cualquier decisión de la Administración. Según tal principio, ningún grupo social debe soportar de manera desproporcionada los impactos negativos derivados de la estructura territorial de actividades nocivas o peligrosas. Como se ve, la cuestión tiene una dimensión espacial clara, por lo que un número creciente de estudios han aplicado los SIG a la evaluación de la equidad ambiental. En líneas generales, se trata de combinar medias espaciales de exposición a los riesgos y de vulnerabilidad (distribución de grupos sociales desaventajados, como minorías étnicas o población con niveles bajos de renta) para comprobar si existe una coincidencia espacial desproporcionada. Este tipo de trabajos ha llevado a interesantes discusiones y aportaciones técnicas relativas a cuestiones como la escala y resolución, datos y fuentes de información, unidades espaciales y métodos aplicados; todo ello muy fructífero para el desarrollo metodológico y aplicado de los SIG (Lowry et al., 1997; McMaster et al., 1997; Badahur et al., 1998; Glickman, 1998; Wildgen, 1998; Sánchez Ortega, 2001). Es ésta

una línea de investigación en la que también se está comenzando a trabajar en el Área de Geografía Humana de la Universidad de Alcalá (Bosque et al., 2001).

BIBLIOGRAFÍA

AYALA-CARCEDO, F. J. (2000) "La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento administrativo de evaluación de riesgos para la población", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 30, pp. 37-49

BAHADUR, R. SAMUELS, W. R. Y WILLIAMS, J.W. (1998) "Application of Geographic Information Systems in Studies of Environmental Justice". [http://www.esri.com/library/usercof/proc98\)P/ROCFED](http://www.esri.com/library/usercof/proc98)P/ROCFED)

BAYO GARCÍA, N., CHICHARRO FERNÁNDEZ, E. Y GALVE MARTÍN, A. (1995) "Aspectos teóricos en la medición de los impactos en el medio social de los residuos tóxicos y peligrosos", *Serie Geografía*, nº 5, pp. 69-96.

BEIER, C. y DOWING, T. E. (1998) *Geografía y ayuda humanitaria*, Bilbao, Universidad de Deusto. Instituto de Derechos Humanos

BELLEZA, F., CONTINI, S., GUAGNINI, E. (1998) *Sviluppo di criteri per la classificazione dei rapporti di sicurezza*, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Systems, Informatics and Safety, Ispra, Italia. Technical Note nº. 1.98.140

BEROGGI, G.E.G. y WALLACE, W.A. eds. (1995) *Computer supported risk management*, Dordrecht, Kluwer Academic.

BETÂMIO DE ALMEIDA, A. (1999) *Dam risk management at downstream valleys: a reeach project and case study*. Directorate for Civil Defense and Emergency Planning. Oslo, pp. 20.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. y WISNER, B. (1994) *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*, Londres, Routledge

BOSQUE SENDRA, J., GÓMEZ DELGADO, M., RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. DÍAZ MUÑOZ, M.A., RODRÍGUEZ DURAN, A.E. y VELA GAYO, A. (1999) "Localización de centros de tratamiento de residuos. Una propuesta

- metodológica basada en un SIG". *Anales de Geografía de la UCM*, nº 19, pp. 295-323
- BOSQUE SENDRA, J., DÍAZ MUÑOZ, M. A., GÓMEZ DELGADO, M., RODRÍGUEZ ESPINOSA, V., RODRÍGUEZ DURAN, A.E. (2000) "Sistemas de Información Geográfica y cartografía de riesgos tecnológicos. El caso de las instalaciones para la gestión de residuos de Madrid". En Asociación de Geógrafos Españoles, ed., *Industria y medio ambiente*. Alicante, Ed. Universidad de Alicante y Asociación de Geógrafos Españoles. Pp. 315-325
- BOSQUE SENDRA, J., DÍAZ MUÑOZ, M. A. y DÍAZ CASTILLO, C. (2001) " De la justicia espacial a la justicia ambiental en la política de localización de instalaciones para la gestión de residuos en la Comunidad de Madrid", *Boletín de la Real Sociedad Geográfica Española* (en prensa)
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1997) "Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos", *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, nº 10.
- CHAKRABORTY, J. y ARMSTRONG, M. P. (1996) "Using geographic plume analysis to assess community vulnerability to hazardous accidents", *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 19, nº 5/6, pp. 341-356
- CHAKRABORTY, J. y ARMSTRONG, M. P. (1997) "Exploring the Use of Buffer Analysis for de Identification of Impacted Areas in Environmental Equity Assessment" en *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol. 24, No.3, 1997, pp. 145-157.
- CHATELAIN, J.C.; GUILLIER, B.; SOURIS, M.; DUPERIER, E. y YEPES, H. (1995) "SIG et évaluation des risques naturels: Application aux risques sismiques de Quito", *Mappemonde*, 3/95, pp. 17-22 .
- CLARK LABS FOR CARTOGRAPHIC TECHNOLOGY AND GEOGRAPHIC ANALYSIS (1997) *Applications of Geographic Information Systems technology in Environmental Risk Assessment and Management*, <http://www.idrisi.clarku.edu/10applic/risk>
- COVA, T.J. (1999) "GIS in emergency management", en Longley, Goodchild, Maguire Rhind eds., *Geographical Information Systems. Principles and technological issues*, Nueva York, John Wiley, pp. 845-858
- CUTTER, S.L. (1996 a) "Societal responses to environmental hazards", *International Social Science Journal*, nº 150, pp. 525-536
- CUTTER, S.L. (1996 b) "Vulnerability to environmental hazards", *Progress in Human Geography*, vol. 20, nº 4, pp. 529-539
- DÍAZ MUÑOZ, M. A., RODRÍGUEZ DURÁN, A. E., y SALADO GARCÍA, M. J. (1999) " Opinión pública y problemas ambientales. El caso de las instalaciones para el tratamiento de residuos en la Comunidad de Madrid", en *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, nº 85, pp. 251-275
- DOMÍNGUEZ BRAVO, J. (1991) "Aplicación de los SIG a la planificación y prevención de emergencias", *Actas del XII Congreso Nacional de Geografía*, Valencia, AGE, pp. 197-208
- DOUGLAS, M. y WILDAVSKY, A. (1982) *Risk and culture. An essay on the selection of Technological and Environmental Dangers*, Berkeley, University of California Press
- EASTMAN, J.R., y HULINA, S. (1997) "Hazard Assessment" *The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis*, Worcester, MA 01610, USA, <http://idrisi.clarku.edu> , 6 pp.
- EINARSSON, S. Y RAUSAND, M. (1998) "An approach to vulnerability analysis of complex industrial systems" *Risk Analysis*. Vol. 18, No. 5. pp. 535-546.
- GARCÍA CODRÓN, J.C., SILIÓ CERVERA, F. (2000) "Riesgos naturales en los Andes: cambio ambiental, percepción y sostenibilidad" *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 30, pp. 69-84.
- GLICKMAN, T.S. (1998) "Evaluating environmental equity in Allegheny County" en http://phe.rockefeller.edu/comm_risk/commrisk3.html
- GÓMEZ OREA, D. (1994) *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. I.T.G.E. y ed. Agrícola Española, S.A. Madrid, 235 pp.
- GOODCHILD, M.F.; PARKS, B.O. y STEYAERT, L.T. (1993) *Environmental Modelling with GIS*, N.Y. Oxford University Press, cap. IV Risk and Hazard Modelling

- GOODCHILD, M.F.; STEYAERT, L.T., PARKS, B.O. eds. (1996) *GIS and environmental modelling: progress and research issues*, Fort Collins, CO.; GIS World Books, 489 págs.
- HORCAJADA HERRERA, T., SIMANCAS CRUZ, M.R. y DORTA ANTEQUERA, P. (2000) "La constatación y validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante Sistemas de Información Geográfica", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 30, pp.135- 154
- HEWITT, K. (1997) *Regions of risk. A geographical introduction to disasters*, Harlow, Longman
- KASPERSON, J.X., KASPERSON, R.E. y URNER, B.L.(editores) (1995) *Regions at risk. Comparisons of threatened environments*. Hong Kong. The United Nations University.
- LAÍN HUERTA, L. Coord.. (1999) *Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente*, Madrid, Instituto Tecnológico Geominero de España, Ministerio de Medio Ambiente
- LOWRY, J.H.; MILLER, H.J. y HEPNER, G.F. (1995) "A GIS-based sensitivity analysis of community vulnerability to hazardous contaminants on the Mexico/US border" en *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 61, nº 11, pp. 1347-1359
- MASKREY, A. ed. (1993) *Los desastres no son naturales*, Colombia, La RED: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina
- MATEU BELLÉS, J.F. y CAMARASA BEMONTE, A.M. (2000) "Las inundaciones en España en los últimos veinte años. Una perspectiva geográfica". *Serie Geográfica*, no. 9, pp. 11-15.
- McMASTER, R.B.; LEITNER, H.; y SHEPPARD, E. (1997) "GIS-based Environmental Equity and Risk Assessment: Methodological Problems and Prospects" en *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol. 24, No.3, 1997, pp. 172-189.
- MONMONIER, M. (1997) *Cartographies of danger*, Chicago, The University of Chicago Press
- NYERGES, T., ROBKIN, M. y MOORE T.J. (1997) "Geographic Information Systems for Risk
- Evaluation: Perspectives on Applications to Environmental Health". *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol. 24, No.3, 1997, pp.123-144.
- ORDÓÑEZ, A., TRUJILLO, M. Y HERNÁNDEZ, R. (1999) *Mapeo de riesgos y vulnerabilidad en Centroamérica y México*, Managua, Oxfam
- ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE. SECRETARÍA EJECUTIVA PARA ASUNTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES (1993) *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado*
- PARROT, R. y STUTZ, F. P. (1991) "Urban GIS applications" en Maguire, Goodchild y Rhind eds., *Geographical Information Systems. Principles and applications*, Nueva York, Longman, vol. 2, pp. 247-
- RODRIGUE, C.M. (1998) "Home with a View: Chaparral Fire Hazard and de Social Geographies of Risk and Vulmerability", *Center for Hazards Research Departament of Geography and Planning*, California State University. 10 pp.
- SALADO GARCÍA, M. J.; RODRÍGUEZ DURÁN, A. E. Y ARTIGADO LÓPEZ, L. (1995) "Estudio geográfico de percepción social: resultado de encuesta realizada en torno a tres tipos de instalaciones de tratamiento y/o almacenaje de residuos de la Comunidad de Madrid". *Serie Geográfica* Nº 5, pp. 173-206.
- SÁNCHEZ ORTEGA, C. (2001) "Efecto de la contaminación del aire en la población de Guaynabo: según los criterios de justicia ambiental" en SEGUINOT, J.(2001): *GEONATURAL: Sistemas de Información Geográfica (SIG) Aplicados a las Ciencias Ambientales y de la Salud*. Grupo Seguinot. [H@bitat](#).
- SCOTT, M.S. y CUTTER, S.L. (1997) "Using Relative Risk Indicators to Disclose Toxic Hazard Information to Communities" en *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol. 24, No.3, 1997.pp. 158-171.
- SENGUPTA, S., PATIL, R. S. y VENKATACHALAM, P. (1996) "Assessment of population exposure and risk zones due to air pollution using the Geographical Information System", *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 20, nº 3, pp. 191-199

STEIN, A.; STARITSKY, I, BOUMA, J. y VAN GROENIGEN, J.W. (1995) "Interactive GIS for environmental risk assessment", en *International Journal Geographical Information Systems*, vol. 9, nº 5, pp. 509-525

VALLEJO VILLALTA, I. y CAMARILLO NARANJO, J. M. (2000) "La gestión de los riesgos naturales en el ámbito de la protección civil", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 30, pp.51-68

WILDGEN, J.K.(1998) Environmental Justice In Louisiana's Industrial Corridor.
www.esri.com/library/sercom/proc98/PROCEED