

Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas

Lluís Ribera Masgrau

Universitat de Girona. Departament de Geografia, Història i Història de l'Art
Plaça Ferrater Mora, 1. 17071 Girona
lluís.ribera@udg.es

Data de recepció: juliol del 2003

Data d'acceptació definitiva: abril del 2004

Resumen

Los mapas de riesgo de inundaciones deberían mostrar las inundaciones en relación con los impactos potenciales que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades. Por ello, es preciso añadir el concepto de vulnerabilidad al mero estudio del fenómeno físico. Así pues, los mapas de riesgo de daños por inundación son los verdaderos mapas de riesgo, ya que se elaboran, por una parte, a partir de cartografía que localiza y caracteriza el fenómeno físico de las inundaciones, y, por la otra, a partir de cartografía que localiza y caracteriza los elementos expuestos. El uso de las llamadas «nuevas tecnologías», como los SIG, la percepción remota, los sensores hidrológicos o Internet, representa un potencial de gran valor para el desarrollo de los mapas de riesgo de inundaciones, que es, hoy por hoy, un campo abierto a la investigación.

Palabras clave: mapas de riesgo de inundaciones, vulnerabilidad, innovación tecnológica.

Resum. *Els mapes de risc d'inundacions: representació de la vulnerabilitat i aportació de les innovacions tecnològiques*

Els mapes de risc d'inundacions haurien de mostrar les inundacions en relació amb els impactes potencials que aquestes puguin arribar a produir en persones, béns i activitats. Per això convé afegir el concepte de vulnerabilitat al mer estudi del fenomen físic. Així doncs, els mapes de risc de danys per inundació són els veritables mapes de risc, ja que s'elaboren, per una part, a partir de la cartografia que localitza i caracteritza el fenomen físic de les inundacions, i, per l'altra, a partir de la cartografia que localitza i caracteritza els elements exposats. L'ús de les anomenades «noves tecnologies», com els SIG, la percepció remota, els sensors hidrològics o Internet, representa un potencial de gran valor per al desenvolupament dels mapes de risc d'inundacions, que és, avui dia, un camp obert a la investigació.

Paraules clau: mapes de risc d'inundacions, vulnerabilitat, innovació tecnològica.

Résumé. *Les cartes de risque d'inondation: représentation de la vulnérabilité et apport de les innovations technologiques*

Les cartes de risque d'inondation devraient montrer les inondations en relation aux impacts potentiels qu'elles peuvent produire aux personnes, biens et activités. C'est pour cela qu'il faut ajouter le concept de vulnérabilité à l'étude du phénomène physique. Ainsi donc, les

cartes de risque de dommages par inondation sont les véritables cartes de risque parce qu'elles s'élaborent, en partie, à partir de cartographier la localisation et la caractérisation du phénomène physique des inondations; d'ailleurs, à partir de cartographier la localisation et la caractérisation des enjeux. L'usage des nouvelles technologies, comme les SIG, la télé-détection, les capteurs hydrologiques ou Internet représente un potentiel de grand valeur pour le développement des cartes de risque d'inondation, ouvert actuellement à la recherche.

Mots clé: cartes de risque d'inondation, vulnérabilité, innovation technologique.

Abstract. *Flood risk maps: vulnerability representation and technological innovations contribution*

Maps of flood risks should represent flooding in reference to the potential impacts that it may cause to persons and economic activities. For this reason, it is necessary to add the concept of vulnerability to the simple representations of the physical phenomenon. Hence, flood damage risk maps are the true risk maps because they are elaborated, on the one hand, with the help of cartography that localizes and characterizes floods, and, on the other hand, with the help of cartography that localizes and characterizes exposed elements. The use of the so-called new information technologies such as GIS, remote sensing, hydrological sensing or Internet offers a big research potential to develop flood risk maps in the sense taken in this paper.

Key words: flood risk maps, vulnerability, technological innovations.

Sumario

Introducción	Conclusiones
Algunas precisiones conceptuales y terminológicas	Anexo
Los mapas de riesgo de inundación	Bibliografía
Las aportaciones de la innovación tecnológica a los mapas de riesgo de inundaciones	

Introducción

La geografía como disciplina goza de una tradición prolífica en el análisis de los riesgos naturales. Los mapas de riesgo elaborados por geógrafos pueden enriquecer el estudio de las inundaciones al aportar estrategias de estudio y gestión alternativas. La escasa producción de mapas de riesgo de inundación ha estado encabezada en España por ingenieros y geólogos que la han impregnado de un enfoque heredero de sus especialidades. Esto es, se ha dado prioridad al estudio exclusivo del fenómeno físico en un sentido estricto, olvidando el papel que también juega la sociedad en la generación del riesgo.

Por eso, no es de extrañar que conceptos tan significativos para el estudio del riesgo de inundación, como el de vulnerabilidad, se hayan mantenido en un segundo plano en nuestro país en contraposición a la tradición que, por ejem-

plo, ostentan en la literatura anglosajona. El estudio de la vulnerabilidad, como se verá más adelante, es clave para comprender el riesgo y gestionarlo. No tomar en consideración este concepto puede convertir en fallidas las estrategias para combatir los impactos de los desastres llamados «naturales». Es necesario, pues, abrir nuevas puertas y hacerlo con la ayuda de las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías. La revolución informática y las telecomunicaciones se han prodigado también en la metodología cartográfica y la han transformado completamente. Sin embargo, los mapas de riesgo todavía no han aprovechado todos los beneficios de esta renovación conceptual y tecnológica.

Estas líneas pretenden contribuir a subrayar la atención que se merece el estudio y desarrollo de la cartografía de riesgo de inundaciones y demostrar la necesidad que esta cartografía tiene de incorporar conceptos teóricos como el de vulnerabilidad para poder responder con eficiencia a los nuevos retos en relación con la protección de los seres humanos y con todo aquello que ellos valoran. Un último propósito es describir los caminos que la tecnología brinda para el desarrollo de la cartografía de riesgo de inundación.

En un primer apartado se precisan algunos términos y conceptos básicos utilizados en el estudio de los riesgos de inundación; en un segundo, se describe la estructura metodológica de elaboración de mapas de riesgo de daños por inundación; y en un tercero, el papel que están jugando las nuevas tecnologías en la elaboración de este tipo de cartografía. Se finaliza con un breve apartado a modo de conclusión.

Algunas precisiones conceptuales y terminológicas

El concepto *riesgo* presenta dos significados en castellano: el primero se refiere al suceso, que es aplicable a una oración del tipo «los terremotos son un riesgo natural»; y el segundo adquiere un sentido de posibilidad que se adaptaría, por ejemplo, a una frase como «existe un riesgo muy elevado de incendio». Aplicando las dos acepciones al estudio de la inundaciones, en el primer caso la de *riesgo* debe entenderse tan solo referida al propio fenómeno físico, es decir, a las inundaciones como un suceso natural de ocurrencia y magnitud dadas que deriva en un peligro; en el segundo, *riesgo* debe ser entendido como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno. Tanto en inglés como en francés estas ambigüedades no se producen, ya que la expresión inglesa *hazard* y la francesa *aléa* significan una fuente de peligro, mientras que *risk* (en inglés) y *risque* (en francés) son equivalentes al *riesgo* castellano tomado en su sentido probabilístico. En estos dos idiomas, *peligro* adopta una forma prácticamente similar: *danger* (para los dos casos) y también *peril* (inglés) o *péril* (francés). En cambio, *hazard* no debe confundirse con *hasard*, término francés equivalente al castellano *azar*, o sea, casualidad, tal como se muestra en la tabla 1. Ya se ve, pues, que es fácil caer en confusiones si no se toman en consideración estos matices a la hora de consultar textos en los diferentes idiomas. En el caso castellano, en el momento de interpretar la palabra *riesgo*, será preciso prestar atención al contexto semántico.

Tabla 1. Equivalencias idiomáticas de algunos conceptos clave en el estudio de los riesgos naturales.

Inglés	Francés	Castellano	Significado
Risk	Risque	Riesgo	Posibilidad de ocurrencia
Hazard	Aléa	Riesgo	Suceso
Chance	Hasard	Azar	Casualidad
Danger, peril	Danger, péril	Peligro	Posibilidad de ocurrencia Suceso

En la perspectiva geográfica aplicada a los riesgos naturales, la mayoría de autores coinciden en considerar que el riesgo que se produzcan daños presenta un aspecto natural (el suceso fortuito e imprevisible, el *hazard*, el *aléa*) y un aspecto humano, relativo a la presencia de la sociedad en el territorio y a su vulnerabilidad. Respecto a este último concepto, algunos autores han definido la vulnerabilidad como las características de una persona o grupo en relación con su capacidad para prever, combatir, resistir y recuperarse del impacto de un suceso natural (Blaikie, 1994). La vulnerabilidad presenta un comportamiento desigual según grupos sociales, actividades productivas o territorios y, por tanto, puede ser estudiada desde estas dimensiones. Por ejemplo, la vulnerabilidad social se puede medir en términos de ingreso económico, edad, etnia, género y otros (Saurí, 1997).

Empiezan a ser numerosos los estudios que tienen la vulnerabilidad como hilo argumental, aunque no abundan los ejemplos (en España muy escasos) de aplicación del concepto en documentos cartográficos. Un ejemplo, para el caso de los riesgos tecnológicos, sería el que desarrollan Bosque y otros (1999) al estudiar el posible impacto de diversas actividades molestas, peligrosas o nocivas del Área Metropolitana de Madrid. Otro es el aplicado por Badia (2000) en el estudio del papel que juegan los condicionantes humanos y territoriales, entre otros factores, en la distribución espacial de los incendios forestales en la comarca catalana del Bages y el Área Metropolitana de Barcelona.

Queda claro que no existe ningún vínculo entre riesgo entendido como probabilidad de ocurrencia del fenómeno y vulnerabilidad. Por una parte, puede existir una posibilidad muy elevada de que un determinado fenómeno se repita en un territorio poco vulnerable; por otra parte, puede ser muy poco probable que ocurra determinado suceso en un territorio muy vulnerable. En el primer caso, periódicas inundaciones podrían tener efectos menores; en el segundo caso, una inundación esporádica podría ser catastrófica (Blaikie, 1994). Por tanto, ya que sin presencia humana (en un sentido amplio) no se origina este riesgo, el potencial impacto de un suceso natural debe ser valorado a partir de la interrelación existente entre los aspectos sociales del espacio afectado y los aspectos físicos desencadenantes (Ribas, 1994).

El riesgo se podría expresar, pues, como una situación susceptible de causar daños como consecuencia de un suceso que ocurre en un medio vulnerable.

Por lo tanto, se puede formular el riesgo como el producto del área afectada, la peligrosidad del suceso, el número de elementos que están en juego (exposición) y su vulnerabilidad:

$$\text{Riesgo} = \frac{(\text{área de afectación} \cdot \text{peligrosidad del suceso})}{x} \\ (\text{elementos en juego} \cdot \text{vulnerabilidad de los elementos en juego})$$

En consecuencia, lo más razonable es pensar que los mapas que pretenden representar el riesgo de que se produzcan daños por una inundación deberían seguir este patrón teórico tal como se expone en el siguiente apartado. Diversos autores consideran la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad como factores imprescindibles para el cálculo de riesgo (Calvo, 2001; Ayala-Carcedo, 2002).

Los mapas de riesgo de inundación

Los mapas de riesgo de inundación se pueden agrupar en cinco tipologías. En primer lugar, los que se podrían denominar «mapas de áreas inundables»; en segundo, los de peligrosidad; en tercero, los mapas de exposición (elementos en juego); en cuarto, los mapas de vulnerabilidad a las inundaciones, y, en quinto lugar, los que se podrían denominar «mapas de riesgo de daños por inundación» (o «mapas de daños potenciales por inundación»)¹, de desarrollo más reciente, donde se contempla la variable vulnerabilidad (Pujadas, 2002).

Los primeros, los mapas de áreas inundables, los más comunes hasta el momento y hasta hace poco confundidos con los mapas de riesgo de daños potenciales por inundación (Díez Herrero, 2002), se limitan a concretar el área potencialmente afectada por las inundaciones. En definitiva, se trata de determinar la ocurrencia o no de un suceso en un punto del territorio a partir de la aplicación de diferentes metodologías ampliamente utilizadas y complementarias como son la histórica, la geomorfológica y la hidrológico-hidráulica, tal como se muestra en la figura 1. El método histórico consiste básicamente en cartografiar las áreas inundables en episodios de inundación pasados. El método geomorfológico se fundamenta en el estudio de las formas del terreno provocadas por el paso del agua. Y, finalmente, el método hidrológico e hidráulico delimita las áreas potencialmente inundables a partir de los registros pluviométricos y mediciones de los caudales y del comportamiento físico del agua en función de la morfología del terreno; con él es posible, si se desea, calcular el período de retorno o, en otras palabras, la probabilidad de ocurrencia que enriquece el análisis de riesgo. Pero la limitación que presenta este tipo de cartografía es que, si bien describe con precisión el espacio inundable (información

1. No hay un consenso respecto a la denominación que deberían tener. Otras denominaciones utilizadas son «mapas de riesgo de impacto por inundaciones» o «mapas integrados de riesgo» (Pujadas, 2002).

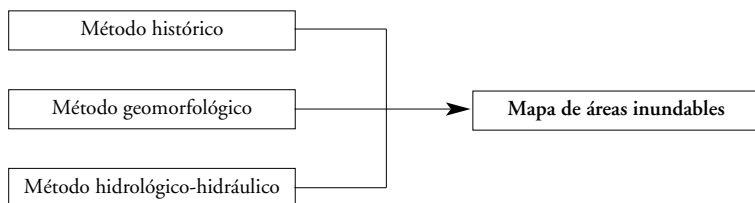


Figura 1. Metodologías para la elaboración de mapas de áreas inundables.

de muchísima utilidad), en cambio aporta una información más bien escasa sobre qué elementos se verán afectados y con qué intensidad.

En segundo lugar, los mapas de peligrosidad describen aquellas peculiaridades del suceso que lo pueden convertir en más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y la velocidad del agua, la permanencia de la lámina de agua o la carga de transporte. La información de estos dos mapas puede ser sintetizada en lo que se podría denominar «mapa final de peligrosidad».

En tercer lugar, los mapas de exposición determinan la localización de los elementos expuestos en un período temporal concreto. Esta información es especialmente útil para conocer la situación de aquellos elementos que, por sus características de movilidad, pueden modificar su afectación respecto a un suceso determinado. La alta movilidad de las personas o de los vehículos, por ejemplo, obliga a confeccionar un mapa de exposición lo más detallado posible. En cuarto lugar, los mapas de vulnerabilidad a las inundaciones describen aquellas características de los elementos a estudiar que incrementan o disminuyen el impacto de una inundación si ésta se llega a producir. Algunas de las variables a estudiar pueden ser las edades, el género, los ingresos económicos, el nivel de formación en el caso de los estudios de posibles afectaciones a la población o las características estructurales de las infraestructuras, las viviendas y las vías de comunicación si lo que se pretende es conocer el potencial impacto en estas construcciones. De la misma forma que en los dos primeros mapas mencionados, la información de estos otros dos puede ser sintetizada en lo que se podría denominar «mapa final de vulnerabilidad».

Finalmente, los mapas de riesgo de daños por inundación, en un sentido estricto y en coherencia con lo expuesto anteriormente, son los verdaderos mapas de riesgo, puesto que muestran las inundaciones en relación con el impacto negativo que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades. Para su realización, se debe disponer de los cuatro mapas anteriores: los dos primeros (de áreas inundables y de peligrosidad), para localizar y caracterizar el suceso y que dan lugar al mapa final de peligrosidad; y los dos segundos (de exposición y vulnerabilidad), para localizar y caracterizar los elementos en juego que conducen al mapa final de vulnerabilidad.

La superposición de estos dos mapas finales proporciona la cartografía de riesgo de daños por inundación, tal como se puede apreciar en la figura 2.

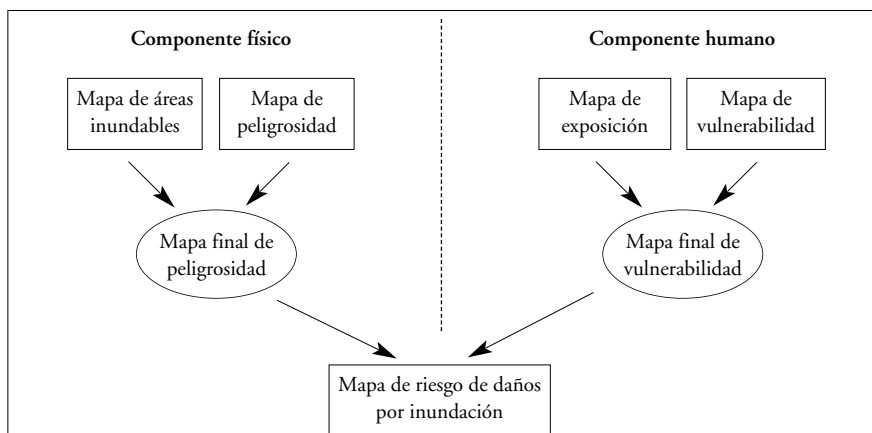


Figura 2. Esquema teórico para la elaboración de mapas de riesgo de daños por inundación.

Los mapas de riesgo de daños por inundación son una herramienta insustituible para detectar las áreas y los elementos sometidos a riesgo y así poder distribuir los esfuerzos proporcionalmente a los niveles de afectación. Es decir, conocer el nivel potencial de impacto de la inundación sobre los diversos elementos distribuidos en el territorio ayuda a analizar, a tomar decisiones y a desarrollar medidas de gestión.

Un ejemplo de mapa de riesgo de daños por inundación sería el que propone Benoît Legeard (1999) aplicado a los habitantes de la ciudad francesa de Nîmes y en relación con tres franjas horarias: riesgo en horas laborables, en horas punta y en horas nocturnas para cada sector urbano definido en relación con su actividad. Por ejemplo, las áreas peatonales del centro de la ciudad presentan una elevada concentración de personas en horas punta y laborables, y por tanto muestran una vulnerabilidad alta en estos períodos del día. En cambio, por la noche sucede todo lo contrario, ya que estas áreas centrales aparecen vacías al ser poco propicias a las funciones residenciales. El resultado final son tres mapas de riesgo de afectación por inundación a la población; uno para cada una de las tres franjas horarias mencionadas y, evidentemente, en relación con las zonas inundables. Un determinado punto puede tomar como máximo un valor diferente para cada franja horaria y, como mínimo, el mismo valor para las tres. Estos mapas permiten apreciar la variabilidad espacial del riesgo potencial de daños simultáneamente a su variabilidad temporal.

Otro ejemplo es el realizado por George Clark y otros (1998) que estudia la interacción entre el fenómeno físico propiamente dicho (la inundación) y 34 variables socioeconómicas (porcentaje de niños menores de cinco años, porcentaje de casas construidas antes de 1939, renta per cápita, etc.) de los habitantes de la ciudad de Revere (EE.UU.). Su tesis es que el impacto de un

suceso catastrófico presenta una distribución desigual entre las personas expuestas. Las variables socioeconómicas se sintetizan en una sola escala de vulnerabilidad que se representa cartográficamente. Este mapa se combina con el mapa de áreas inundables para obtener el mapa final de riesgo de daños a la población por inundación.

Las aportaciones de la innovación tecnológica a los mapas de riesgo de inundaciones

Los desarrollos tecnológicos están alterando, para bien o para mal, casi todas las esferas de la vida cotidiana y, también por supuesto, del mundo científico. Sería probablemente muy difícil descubrir alguna parcela de la actividad humana que todavía quedase fuera de su influencia. El estudio de las inundaciones, y más concretamente de los mapas de riesgo, se ha visto afectado por el impulso, aquí sin duda positivo, de los avances tecnológicos. Seguidamente, se describen algunas de las aplicaciones que la tecnología está permitiendo en relación con las inundaciones y muy especialmente con los mapas de riesgo de inundación.

Los sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es un equipo que permite adquirir, almacenar, analizar y editar información espacial. Este equipo se estructura internamente con un sistema que gestiona bases de datos georreferenciadas (Díez, 1999). Es precisamente la capacidad de integración de datos uno de los factores que convierten los SIG en una herramienta de gran potencia. Así pues, un SIG admite fuentes de datos tan diversas como mapas digitales y analógicos (a diversas escalas y proyecciones), modelos digitales de elevaciones (MDE), bases de datos alfanuméricas, fotografías aéreas, imágenes satélite o registros de GPS, tal como se aprecia en la figura 3. Esto supone, en la práctica, la posibilidad de integración de metodologías de disciplinas tan diversas como la geografía, la geología, la física o la historia, pero que resultan complementarias cuando se trata de elaborar mapas de riesgo de daños por inundación.

Las habilidades de los SIG permiten la creación de modelos hidrológicos e hidráulicos que tienen en cuenta variables como la topografía, la geología y los usos del suelo, entre otros. Esto significa que, dada una entrada pluviométrica (con una cantidad, intensidad y área afectada determinadas), se ofrecen los niveles de agua esperados en las cuencas durante y después de la precipitación (Nuhfer y otros, 1997). También permiten confeccionar bases de datos georreferenciadas para inundaciones históricas, entre otras aplicaciones (Díez y Pujadas, 2002). En este sentido, algunos ejemplos son los estudios de las áreas potencialmente inundables del sector oeste de la ciudad de Málaga en función de diversos registros pluviométricos (Conesa, 1996) o la simulación de la crecida del río Júcar en noviembre de 1987. La reproducción informática de la inundación permitió, entre otras cosas, conocer el efecto que determinadas actuaciones antrópicas tuvieron sobre el nivel de las aguas (Estrella,

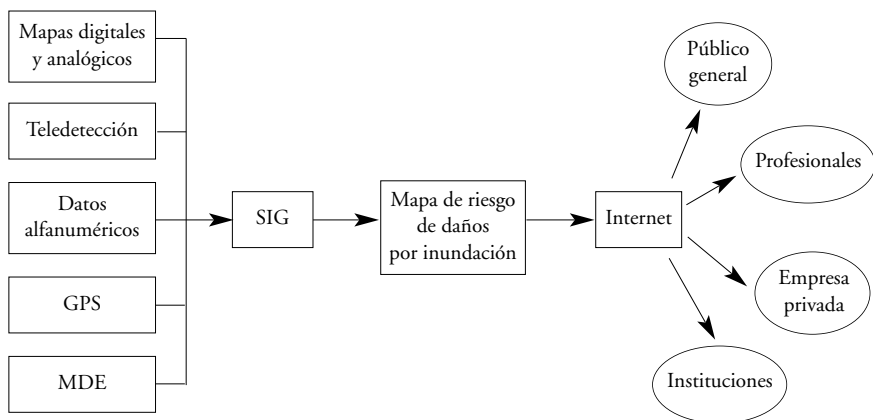


Figura 3. El papel integrador de los SIG.

1999)². La capacidad de integración de datos de los SIG facilita enormemente la combinación de las variables correspondiente al fenómeno físico con las variables referidas a la vulnerabilidad de los elementos estudiados, o sea, facilitan la elaboración del mapa de riesgo de daños por inundación.

Además, los SIG son un instrumento poderoso de procesamiento de imágenes satélite, las cuales pueden constituir otra entrada de información para la confección de mapas de riesgo de afectación y ofrecen, al mismo tiempo, la posibilidad de poder generar infinidad de documentos cartográficos a partir de las múltiples combinaciones de datos adquiridas. Los SIG, pues, además de un instrumento de análisis, se convierten también en una herramienta flexible de edición de mapas, que, gracias a su elaboración en soporte digital, pueden ser fácilmente difundidos por Internet. Pero uno de los problemas de que adolecen los SIG es que las estructuras de datos que gestionan no contienen un representación explícita de la variable tiempo. Esta habilidad es necesaria para la modelización de sucesos dinámicos que, en todo caso, se pueden reproducir con la utilización de series temporales de datos incorporadas al modelo (Goodchild, 1993).

La percepción remota

El concepto de *percepción remota* o *teledetección* hace referencia al conjunto de técnicas que permiten la observación de las propiedades de determinados objetos a distancia. Hoy en día, el significado más común del término hace refe-

2. Éste y otros casos se presentaron en las Primeras Jornadas sobre Sistemas de Información Geográfica en Riesgos Naturales y Medio Ambiente, celebradas en Madrid los días 29 y 30 de abril de 1999.

rencia a las imágenes captadas desde un avión o satélite, especialmente éstas segundas, y a los procesos de obtención, tratamiento y uso de la información registrada (Institut Cartogràfic de Catalunya, 1992). Sin embargo, la evolución que está siguiendo la percepción remota hace pensar que, en un futuro próximo, la distinción no será tan clara como ahora entre las imágenes procedentes de satélites y las procedentes de vuelos en avión. Hasta hace poco, la principal diferencia en la obtención de las imágenes radicaba en el tipo de sensor de que disponían unos y otros: la cámara fotográfica para los aviones y otros sensores para los satélites. Últimamente, sin embargo, con el desarrollo de la fotografía digital, es posible instalar cámaras fotográficas en satélites y enviar la información a las estaciones receptoras, tal como lo hacen otro tipo de sensores. También se instalan sensores, diferentes a la cámara fotográfica, en los aviones.

Además, hasta ahora, otra característica que marcaba diferencias entre las imágenes de satélite y las imágenes procedentes de avión era la resolución, muy superior en éstas últimas. No obstante, en los últimos años, la evolución tecnológica está permitiendo conseguir niveles de definición muy elevados en las imágenes captadas por sensores en plataformas orbitales y todo indica que pronto se conseguirá equiparar esta definición a la de la fotografía aérea convencional. Este aspecto tiene consecuencias destacadas para el estudio de las inundaciones y su cartografía de riesgo, ya que una cada vez mayor definición en las imágenes permitirá una mayor apreciación de detalle de las características, el comportamiento y los efectos de este tipo de fenómenos, y profundizar en el estudio de la presencia del ser humano sobre el territorio y la eficacia de sus estrategias de adaptación.

De todas formas, todavía se mantiene una distinción importante: los satélites son capaces de producir imágenes con una periodicidad y un coste que no es posible desde los aviones (Barret, 1997). Es cierto que, cuando ocurre una inundación, se puede preparar un vuelo fotogramétrico con la intención expresa de obtener imágenes de la misma o de sus consecuencias, pero esto sólo está al alcance de instituciones que dispongan de los recursos económicos que se requieren para tal fin. Éste es el caso del primer trabajo cartográfico de espacios inundables de la Generalitat de Catalunya realizado en 1983. Los mapas se elaboraron a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas verticales obtenidas después del desbordamiento del río Segre en el año 1982 (Freixes y otros, 1998). Pero este esfuerzo tiene cada vez menos sentido si esta misma función la pueden realizar, con menos coste económico y una mayor periodicidad, los satélites.

La fotografía aérea ofrece muchas posibilidades para el estudio de las inundaciones en general y es una fuente de información destacada para la confección de mapas de riesgo de inundación. La fotointerpretación es un método exhaustivo, los datos que ofrece son de lectura inmediata y, además, son objetivos. Según Gérard Garry (1985) es como una «memoria viva» del fenómeno, en contraposición con la memoria colectiva, que se pierde rápidamente. Por ejemplo, la fotointerpretación reciente de un suceso permite actualizar las

bases cartográficas topográficas respecto a las grandes infraestructuras, delimitar las principales unidades morfológicas fluviales o evidenciar los obstáculos que entorpecen el curso del agua en su cauce mayor (terraplenes, vías de comunicación, etc.). Además, como indicador de inundación histórica, puede enriquecer los estudios de áreas inundables y, está claro, los mapas de riesgo de daños de una área determinada (Garry, 1985). Como muestra de su valor documental, el Institut Géographique National de Francia ha realizado fotografías aéreas de todas las inundaciones más importante desde 1945 (Martin, 1998).

Por su parte, las imágenes satélite enriquecen la elaboración de la cartografía de riesgo contribuyendo, por ejemplo, al seguimiento en el tiempo de las modificaciones de un río, hecho que permite caracterizar su curso y describir su dinámica. Este tipo de imágenes ha servido también como soporte para el desarrollo de planes de ordenación territorial y para el estudio de la evolución de los cambios en los usos del suelo en áreas potencialmente inundables (Paulsson, 1992). Además, los datos de las imágenes de radar contienen mediciones que pueden ser traspasadas a elevaciones topográficas utilizando la técnica de la interferometría (Drury, 1998). Contrastando los datos captados antes y después de una inundación, se podrían conocer los cambios que el fenómeno ha ocasionado en la topografía del terreno y así evaluar su impacto. Sin embargo, una de las dificultades mayores es predecir con precisión el nivel del agua en un momento y en un punto concretos de la cuenca de drenaje. Actualmente, esto no es posible con el uso exclusivo de las técnicas de percepción remota, pero sí que éstas pueden ayudar al desarrollo de modelos de cuenca hidrográfica, aplicables a la cartografía de riesgo de inundación (Barret, 1997).

En febrero de 2000, la nave espacial norteamericana *Endeavour* fue lanzada con el objetivo de recopilar datos por radar que posibilitaran la confección de un modelo digital de elevaciones (MDT) con una resolución de hasta 30 metros del 80% de las zonas terrestres de la Tierra. Las aplicaciones en el estudio de las inundaciones de esta cartografía tridimensional parecen prometedoras, puesto que estos nuevos MDT permitirán enriquecer la elaboración de los mapas de riesgo (Agencias de noticias y MRE, 2000).

La predicción hidrológica y meteorológica

Desde la década de los ochenta, en el área mediterránea española, la más afectada por las inundaciones, se ha comenzado a implantar un sistema automático de información hidrológica (SAIH), compuesto por una red de sensores pluviométricos e hidrológicos instalados en puntos representativos de las cuencas fluviales. Estos sensores obtienen y envían información, en tiempo real, de los caudales máximos instantáneos y la intensidad horaria de la precipitación (Ribas, 1997). Cuando se produce una tormenta de gran magnitud sobre cuencas fluviales que poseen estos dispositivos de monitorización, los datos resultantes permiten predecir con más facilidad la magnitud y el comportamiento del

flujo hídrico y los sucesivos estadios de inundación que acompañarán el desplazamiento de las aguas a lo largo del curso fluvial. Estos datos pueden ayudar a mejorar la elaboración de mapas de riesgo en, como mínimo, dos aspectos: primero, una aportación de datos precisos en relación con el curso fluvial monitorizado incrementa la calidad de la información de entrada para confeccionar mapas de riesgo, y, segundo, los datos que provienen de los sensores instalados en el río, conjuntamente con otras entradas de información en tiempo real, podrían alimentar en un futuro no muy lejano un SIG con el objetivo de desarrollar un cartografía de riesgo dinámica, es decir, actualizada constantemente.

Por lo que se refiere a la previsión meteorológica, los satélites juegan, por ahora, un papel único, al menos a escalas pequeñas. Los sensores que incorporan son capaces de obtener datos que, una vez procesados, sirven para conocer diversos parámetros (gradiente térmico, concentración de agua, fuerza del viento) indispensables para comprender la génesis de los fenómenos tormentosos y predecir su evolución en el contexto de la circulación general atmosférica (Villevieille, 1997). La mejora de la precisión en la captación de datos meteorológicos contribuirá a la obtención de modelos hidrológicos más fiables que podrán ser posteriormente aplicados en la confección de mapas de riesgo de inundación. Sin embargo, la incertidumbre todavía gana la partida a la tecnología en la elaboración de información sobre fenómenos a una escala de detalle.

Un ejemplo dramático de las limitaciones del conocimiento de la dinámica atmosférica y la incapacidad para predecirla es la tormenta que se precipitó sobre el barranco de Arás, cerca de la localidad de Biescas (en 1996), precipitación que no fue registrada por ningún pluviómetro. En los Pirineos, las tormentas más intensas presentan un comportamiento espacial y temporal muy irregular. Según afirma José M. García Ruiz (2000), para una lluvia de 150 mm, el período de retorno puede variar entre unos 20 y más de 60.000 años; incluso entre localidades muy próximas. Según este investigador del Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), la ausencia de relaciones significativas entre precipitaciones máximas y altitud es una prueba más del carácter caótico de las lluvias intensas, hecho que hace muy difícil el uso de los cálculos probabilísticos habituales. En este contexto de incompreensión del comportamiento de determinados fenómenos naturales, como son las precipitaciones, es preciso insistir en una gestión adecuada de la presencia y las actividades de la sociedad en el territorio. Una vez más, los mapas de riesgo de inundación constituyen un instrumento de primer orden para mejorar la seguridad de la población.

Internet, la comunicación digital

La fulgurante expansión de Internet ha provocado que, de la noche a la mañana, un volumen extraordinario de información, hasta hace bien poco inimaginable, esté al alcance de cualquier persona desde cualquier punto del plane-

ta en el que se pueda acceder a un ordenador conectado a la red. Hoy en día, son muchos los investigadores que intercambian experiencias y que exponen el resultado de sus investigaciones sobre riesgos e inundaciones en Internet. También empiezan a ser frecuentes las páginas web de instituciones públicas que informan y conciencian a la población de los peligros de los riesgos naturales y difunden programas pedagógicos para mitigar sus impactos. Todo este hervidero de información, no podía ser de otra manera, también está incidiendo positivamente en la divulgación de la cartografía por Internet. La consulta de mapas de todo tipo a través de las redes telemáticas es una práctica habitual y ya es posible acceder a los primeros mapas de riesgo de inundación en línea. La naturaleza digital de los mapas editados por un SIG facilita que estos documentos sean transferibles a través de Internet ofreciendo la posibilidad de consulta de mapas inteligentes (interrogables) en consonancia con los atributos de un SIG. Una oferta de mapas de riesgo de inundación por Internet agiliza y reduce enormemente los costos, en comparación a si estos documentos se tuvieran que proporcionar a través de los medios tradicionales. Además, permite una actualización más ágil y un acceso del usuario las 24 horas del día, todos los días del año.

Todo esto abre un abanico de posibilidades, hasta hace bien poco insospechadas, para la difusión de los mapas de riesgo entre los estudiosos y, sobre todo, entre la población en general. Es preciso tener en cuenta que este proceso permite también la divulgación de la conciencia de riesgo en sí misma entre la población, condición indispensable para poder aplicar con éxito las medidas de adaptación precisas que han de contribuir a disminuir progresivamente la vulnerabilidad entre las personas y sus bienes, de aquí su importancia. Por eso, se tiene que vencer la idea de que los mapas de riesgo van dirigidos únicamente, como hasta ahora ha ocurrido, a un destinatario profesional y especializado. Así pues, la difusión de los mapas de riesgo de inundación, potenciada por las nuevas tecnologías, puede desarrollar un papel destacado en la lucha contra el impacto de las inundaciones.

A modo de ejemplo, el Ministère de l'Écologie et du Développement Durable de Francia, juntamente con otros organismos, mantiene una página web (www.prim.net) con el objetivo de fomentar el intercambio de conocimientos derivados de la práctica profesional, la investigación y la enseñanza sobre los riesgos naturales y tecnológicos. Allí se pueden encontrar todo tipo de informaciones y fuentes documentales sobre las características y la gestión de las inundaciones destinadas a un público amplio y también a un público altamente especializado. Asimismo, esta página web ofrece lo que se podría considerar un embrión de cartografía de riesgo de daños por inundación para todos los municipios franceses. Sin embargo, la pequeña escala en la que están elaborados estos documentos tan sólo permite saber qué tipo de riesgo puede sufrir un municipio sin especificar con precisión las zonas concretas. Eso sí, para cada uno de ellos se ofrece una tabla con el estado actual del desarrollo de los planes de prevención de riesgo y un historial de los desastres ocurridos en aquella población.

Más detallados son los mapas de zonas inundables que ofrece el Bureau de Recherches Géologiques et Minières de Francia (BGRM), organismo que, entre otras actividades, se ocupa de la evaluación de riesgos naturales, entre ellos las inundaciones. Así pues, se puede consultar por Internet el *Atlas communaux des risques naturels de la Martinique et de la Guadalupe: cartographie des aléas*, que contiene mapas de riesgo de zonas inundables de estas islas a una escala, según se dice, utilizable de 1:25.000. El sistema permite, además, descargar capas de información en el formato MIF[®] (Map Info Interchange Files) que pueden ser integradas en un SIG. Todavía a una escala mayor, en la página web de la Federal Emergency Management Agency, están al alcance de cualquier internauta los mapas de riesgo de inundación para los Estados Unidos que pueden ser visualizados con un ortofotomapa de base a una escala máxima aproximada de 1:12000; una información similar la ofrecen los mapas de la Direction Régionale de l'Environnement d'Île-de-France sobre este territorio francés.

Hasta ahora, la labor de divulgar las áreas potencialmente inundables a una escala de detalle se veía enormemente limitada por el hecho de que los mapas sólo se elaboraban en soporte papel. Ahora, Internet se está convirtiendo en una prolongación natural de los SIG para todo lo que respecta a la difusión de datos cartográficos sobre riesgo de inundación. No tardará mucho en llegar el día en que los mapas de riesgo de inundación sean consultables en tiempo real en la red (tal como está pasando con la información meteorológica o hidrológica), gracias a la integración de los sensores, la percepción remota, los SIG e Internet, entre otras tecnologías. En este sentido, la página web del National Weather Service de los Estados Unidos de América se actualiza permanentemente y ofrece (además de las imágenes de satélite, mapas sinópticos y otros datos meteorológicos habituales) boletines periódicos de alerta donde se informa de las poblaciones que están sometidas a riesgo de avenidas.

Conclusiones

Los mapas de riesgo de daños por inundación son los verdaderos mapas de riesgo, puesto que muestran las inundaciones en relación con los impactos potenciales que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades que se encuentren en una zona inundable. Para su realización, por una parte, es preciso disponer de los mapas de áreas inundables y de mapas de peligrosidad, con el objetivo de localizar y caracterizar la inundación. Por la otra, es imprescindible contar también con los mapas de exposición y de vulnerabilidad para, a su vez, localizar y caracterizar los elementos en juego a través del conjunto de características que lo debilitan en mayor o menor medida frente al impacto de una inundación. La superposición de estos dos pares de mapas proporciona la cartografía de riesgo de daños por inundación.

Los no muy numerosos trabajos de cartografía de riesgo de inundaciones en España ha privilegiado la descripción del fenómeno físico (o sea, los mapas de áreas inundables y más recientemente de peligrosidad) en detrimento de la

valoración potencial de daños. La explicación a este hecho se puede deber a que han sido los profesionales procedentes de disciplinas como la ingeniería y la geología los que han dominado la elaboración de la cartografía de riesgo en España. El enfoque que han aplicado los ha conducido a olvidar el factor humano como un componente fundamental de construcción del riesgo en las inundaciones.

Ante esta situación, pues, se hace evidente la contribución que disciplinas como la geografía podrían y deberían aportar al desarrollo de la cartografía de riesgo, enriqueciéndola con una perspectiva social a través de la dimensión de la vulnerabilidad. Los mapas de riesgo de daños por inundación permiten descubrir las debilidades del territorio frente al fenómeno y, consiguientemente, facilitan su gestión antes del hipotético desastre y optimizan las actuaciones de emergencia, prevención y poscatástrofe. Así como la elaboración de mapas de áreas inundables disfruta de unas metodologías más o menos estandarizadas, se puede afirmar que todavía falta una propuesta metodológica integradora y universalmente aplicable por lo que se refiere a la elaboración de cartografía de riesgo de daños por inundaciones. Es en este ámbito donde los geógrafos pueden contribuir con aportaciones valiosas.

Por otra parte, Internet presenta un potencial innegable como instrumento de divulgación de la cartografía de riesgo de inundación entre la población, aspecto clave para desarrollar una buena labor de concienciación y de prevención del riesgo. El reto, cuya consecución no tiene porqué ser muy lejana, es disponer de cartografía de riesgo de daños por inundación en tiempo real consultable en Internet veinticuatro horas al día a una escala de detalle. Esta cartografía dinámica debería poder representar con agilidad las cambiantes relaciones entre sociedad y medio combatiendo la rápida obsolescencia a que nos tienen acostumbrados los mapas en soporte papel. También, tiene que ser una cartografía flexible que permita una consulta personalizada en relación con los intereses de cualquier usuario desde cualquier ordenador (o incluso teléfono móvil) conectado a la red. A todo esto, como se ha visto, contribuyen otras aportaciones de la tecnología como son los sensores hidrológicos o las imágenes satélite que deberían convertirse en ágiles entradas de información para los SIG.

Se están viviendo momentos de gran interés y de cambios constantes en el mundo de la cartografía que también afectan a los mapas de riesgo de inundación. Seguramente, los años próximos nos sorprenderán con nuevas aportaciones en el estudio de las inundaciones y de la cartografía de riesgo, que constituye, ahora por ahora, un espacio abierto a la investigación.

El autor agradece la ayuda inestimable de Anna Ribas Palom.

Anexo

Algunas páginas web relacionadas con las inundaciones y la cartografía de riesgo de inundación

(En algunos casos, además de la dirección de Internet, se expresa la dirección específica que remite a algunos subapartados de interés)

Percepción remota

Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

<http://www.jpl.nasa.gov/srtm/> (consulta: 9/5/2003)

<http://www.jpl.nasa.gov/srtm/spain.htm>

Información sobre el proyecto SRTM impulsado por la NASA, entre otros, y que tiene como objetivo obtener la cartografía tridimensional de un 80% de la superficie del planeta.

Centre National d'Études Espatiales, Francia.

<http://spot4.cnes.fr/> (consulta: 9/5/2003)

Página web sobre el sistema de satélites SPOT 4 del Centre National d'Études Spatiales (Francia).

Información meteorológica e hidráulica y sobre inundaciones

US National Weather Service

<http://iwini.nws.noaa.gov/iwin/graphicsversion/rbigmain.html> (consulta: 30/4/2003)

Información permanentemente actualizada sobre riesgo de inundaciones (con especificación de los niveles de los ríos) a una escala local y sobre fenómenos meteorológicos de riesgo, así como información meteorológica general acompañada de cartografía e imágenes satélite.

Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro

<http://www.saihebro.com/> (consulta: 9/5/2003)

Información hidrológica en tiempo real de la cuenca del Ebro.

United States Geological Survey

<http://water.usgs.gov> (consulta: 30/4/2003)

<http://water.usgs.gov/waterwatch/>

Información en tiempo real sobre el estado de los ríos en Estados Unidos y diversos documentos sobre inundaciones y otros riesgos naturales.

Instituciones extranjeras

Federal Emergency Management Agency

<http://www.fema.gov/> (consulta: 30/4/2003)

<http://www.fema.gov/maps.shtm>

Aquí se pueden consultar, entre otros aspectos, los mapas de riesgo de inundación de los Estados Unidos que pueden ser visualizados con un ortofotomapa de base a una escala máxima aproximada de 1:12000.

Prim.net

www.prim.net (consulta: 9/5/2003)

http://www.prim.net/actul/archives/inondations.html

http://www.prim.net/cgi_bin/citoyen/macommune/23_face_au_risque.html

En esta web del Ministère de l'Écologie et du Développement Durable francés se ofrece una gran cantidad de documentos y referencias de Internet sobre los riesgos tecnológicos y naturales, entre ellos las inundaciones. Se proporcionan mapas de riesgo de daños para cada *commune* de diversos tipos de riesgos y también de inundaciones a una escala variable y no precisada.

Association CATNAT

http://www.catnat.net/ (consulta: 9/5/2003)

Difusión de contenidos sobre riesgos naturales y su prevención, en especial, con el apoyo de las nuevas tecnologías de la información. Algunos de sus contenidos deben abonarse.

Algunos ejemplos de cartografía de inundaciones consultables en Internet

Atlas communaux des risques naturels de la Guadeloupe, a cargo del Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

http://www.brgm.fr/risques/antilles/ (consulta: 9/5/2003)

Aquí se pueden consultar los mapas de áreas inundables a una escala de detalle para la isla de Guadalupe (Francia).

Direction Régionale de l'Environnement d'Île-de-France (Ministère de l'Écologie et du Développement Durable)

http://www.environnement.gouv.fr/ile-de-france/phecruels/default.htm (consulta: 9/5/2003)

Mapas de inundaciones históricas (que se ofrecen a través de la aplicación Autodesk MapGuide) e información sobre riesgo de inundaciones en la cuenca del Sena-Normandía por medio de boletines actualizados a diario que incluyen el detalle de los niveles de agua y gráficos de evolución de los últimos quince días.

Algunas empresas que ofrecen aplicaciones de cartografía para Internet

Esri España

http://www.esri-es.com/ (consulta: 10/5/2003)

Autodesk España

http://www.autodesk.es (consulta: 10/5/2003)

MapInfo España

http://www.mapinfospain.com/ (consulta: 10/5/2003)

Bibliografia

- AYALA-CARCEDO, Francisco Javier (1986). *Mapa previsor de riesgos por inundaciones en núcleos urbanos de Andalucía y Extremadura*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- (2002). «Introducción al análisis y gestión de riesgos». En AYALA-CARCEDO, Francisco Javier; OLCINA CANTOS, Jorge (coord.). *Riesgos naturales*. Barcelona: Ariel Ciencia, p. 133-145.
- BADIA I PERINYÀ, Anna (2000). *La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Tesis doctoral. Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona.
- BARRET, E.C. y otros (1997). *Introduction to environmental remote sensing*. Londres: Chapman & Hall, p. 238-244 y 367-372.
- BLAIKIE, Piers y otros (1994). *At risk. Natural hazards, people's vulnerability, and disasters*. Londres: Routledge, p. 1-71 y 123-146.
- BOSQUE SENDRA, Joaquín y otros (1999). «Sistemas de Información Geográfica y cartografía de riesgos tecnológicos. El caso de las instalaciones para la gestión de residuos en Madrid». En Industria y Medio Ambiente, *Actas de las VIII Jornadas de Geografía Industrial*. Alicante, 27-29 de octubre de 1999.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, Francisco (2001). *Sociedades y territorios en riesgo*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- CLARK, George y otros (1998). «Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA., USA». *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3, p. 59-82.
- CONESA GARCÍA, Carmelo (1996). «Áreas de aplicación medioambiental de los "SIG". Modelización y avances recientes». *Papeles de Geografía*, 23-24, p. 101-115.
- DÍEZ HERRERO, Andrés (1999). «Utilización de los SIGs en el análisis del riesgo de inundación en el Alto Alberche (cuena del Tajo)». En LAÍN HUERTA, Luis (ed.). *Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Medio Ambiente, p. 49-68.
- (2002). «Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al análisis del riesgo de inundaciones fluviales». En LAÍN HUERTA, Luis (ed.). *Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los riesgos geológicos y en el medio ambiente*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Medio Ambiente, p. 87-112.
- DÍEZ HERRERO, Andrés; PUJADAS FERRER, Jordi (2002). «Los mapas de riesgos de inundaciones». En AYALA-CARCEDO, Francisco Javier; OLCINA CANTOS, Jorge (coord.). *Riesgos naturales*. Barcelona: Ariel Ciencia, p. 997-1012.
- DRURY, S.A. (1998). *Images of the earth. A guide to remote sensing*. Oxford: Oxford University Press, p. 148-152.
- ESTRELLA MONREAL, Teodoro (1999). «Modelo Gisplana: aplicación de un SIG al análisis de inundaciones en planas costeras». En LAÍN HUERTA, Luis (ed.). *Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente*. Madrid: Instituto Geológico GeoMinero de España, Ministerio de Medio Ambiente, p. 35-46.
- FRANCÉS GARCÍA, Félix y otros (2000). «Un ejemplo de análisis regional del riesgo de inundación en el marco de la planificación territorial». *Serie Geográfica*, 9, p. 237-248.
- FREIXES, Antoni (1998). «Cartografies hidrològiques i Sistemes d'Informació Geogràfica en la gestió dels recursos hídrics». *Espais. Monogràfic*, 44, p. 78-84.

- GARCÍA RUIZ, José M. (2000). «La catástrofe de Biescas y la predicción de riesgos hidromorfológicos». Ponencia en las *Primeres Jornades Sobre Risc i Territori*. Barcelona, 30 y 31 de mayo.
- GARRY, Gérard (1985). *Photo-interpretation et cartographie des zones inondable*. París: Division de l'Informatique et des Systèmes d'Informations Géographiques, Service Technique de l'Urbanisme, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Ministère de l'Environnement et Délégation aux Risques Majors.
- GOODCHILD, Michael F. (1993). *Environmental modelling with GIS*. Oxford: Oxford University Press, p. 162-166.
- GRAU TORT, Salvador (2000). «Les noves tecnologies aplicades a la planificació: l'experiència del Departament de Medi Ambient». Ponencia en las *Primeres Jornades Sobre Risc i Territori*, Barcelona, 30 y 31 de mayo de 2000.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA (ICC) (1992). *Mapa d'usos del sòl de Catalunya*. Barcelona: Direcció General de Planificació i Acció Territorial, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, p. 25-39.
- LAZUÉN ALCÓN, J. A. (2000). «El funcionamiento de las Administraciones Públicas en la Gestión del Riesgo ligado al Territorio. La situación en España». Ponencia en las *Primeres Jornades Sobre Risc i Territori*. Barcelona, 30 y 31 de mayo de 2000.
- LEGEARD, Benoît (1999). *Prévention des inondations torrentielles méditerranéennes. Approche multi-agents pour l'aide à la gestion spatialisée de crise*. Tesis doctoral. Grenoble: Université Scientifique, Technologique et Médicale Joseph Fourier - Grenoble I, p. 5 y 6.
- MARTIN, Pierre (1998). *Ces risques que l'on dit naturels*. Aix-en-Provence: Édisud, p. 111-121, 134-141 y 183-186.
- MONMONIER, Mark (1992). «Natural hazard mapping: status and review». En MAJUMDAR, Shyamal K. y otros (ed.). *Natural and technological disasters: causes, effects and preventive measure*. Easton: The Pennsylvania Academy of Science Publications, p. 440-454.
- (1997). *Cartographies of danger. Mapping Hazards in America*. Chicago: The University of Chicago Press, p. 1-14, 105-126, 216-238 y 286-295.
- NUHFER, Edward B. y otros (1997). «Inundaciones». En SUÁREZ, L.; REGUEIRO, M. (ed.). *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*. Madrid: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos Españoles, adaptación al castellano de Juan José Durán Valsero, p. 131-151.
- PAULSSON, Bengt (1992). *Urban Applications of Satellite Remote Sensing and GIS analysis*. Washington: The World Bank, p. 23 y 24.
- RIBAS PALOM, Anna (1994). *Natura, societat i calamitat. Una aproximació a les inundacions històriques de la ciutat de Girona*. Tesis doctoral. Girona: Universitat de Girona, p. 1, 2, 9-65 y 361.
- RIBAS, Anna; ROSET, Dolors (1997). «La previsió i gestió de les emergències». En SAURÍ, David (coord.). *Les inundacions*. Barcelona: Diputació de Barcelona, p. 89-105.
- SAURÍ, David (1997). «Introducció». En SAURÍ, David (coord.). *Les inundacions*. Barcelona: Diputació de Barcelona, p. 7-11
- VILLEVIEILLE, Adelin y otros (1997). *Les risques naturels en Méditerranée. Situation et perspective*. París: Économica, p. 1-8, 58-63 y 100-107.

Prensa

- AGENCIAS DE NOTICIAS (2000). «El *Endeavour* parte al espacio con la misión de topografiar el 80% de la Tierra en tres dimensiones». *La Vanguardia*, 30 de enero.
- MRE (2000). «En marcha el nuevo mapa de la Tierra». *El País*, 13 de febrero.