

PRESENTACIÓN

Las inundaciones son los desastres naturales con mayor repercusión socioeconómica, después de las sequías, tanto a escala mundial como en lo que se refiere a nuestro país. Basta recordar, en ese sentido, las consecuencias de las riadas que en las últimas décadas han afectado a países como Mozambique, Filipinas, China, Venezuela, Estados Unidos o Myanmar (Birmania), por citar algunos eventos que han tenido repercusión mediática. En Europa, las grandes inundaciones que tuvieron lugar en el centro del continente durante 2002 supusieron un punto de inflexión en la preocupación de las instituciones europeas sobre este problema. Por lo que respecta a nuestro país, según un estudio realizado por el IGME en colaboración con el Consorcio de Compensación de Seguros en 2004, las pérdidas económicas directas por inundaciones durante el periodo 1987-2002 ascendieron a casi 12.000 millones de euros, es decir, el equivalente al 0,1 % del PIB. Además, se prevén pérdidas cercanas a los 26.000 millones de euros en los próximos 30 años. Si hablamos del coste en vidas humanas, éstas suponen un goteo anual continuo (más de 200 víctimas mortales en la última década), concentrado en eventos que han causado una profunda alarma social. Los casos de la avenida de Biescas, con 86 víctimas mortales; de Badajoz, con 21; o de Yebra (Guadalajara), con 10, hacen bien patente este hecho.

Con este bagaje, la acción de las administraciones públicas debe encaminarse hacia una adecuada gestión del riesgo relacionado con las inundaciones, tratando de minimizarlo y de paliar sus consecuencias. Para ello, existen tres grupos clásicos de medidas: predictivas, preventivas y correctoras. Las medidas y técnicas predictivas de las inundaciones presentan aún un desarrollo incipiente, y son, entre otras, el seguimiento meteorológico de núcleos convectivos, o los sistemas hidrológicos de información en tiempo real. En lo que se refiere a la adopción de medidas correctoras, esto es, las actuaciones post-catástrofe o a las líneas de ayudas económicas plasmadas en declaraciones de zonas catastróficas, es patente que la simple adopción *per se* y sin ningún otro tipo de medidas, produce una lógica insatisfacción social. Por ello, la mayor parte de las administraciones públicas de los países desarrollados ha optado, desde hace décadas, por concentrar su actuación en lo que denominamos medidas preventivas y, dentro de ellas, en las clásicamente definidas como 'no estructurales': ordenación territorial, sistemas de aseguramiento, protección civil y educación en el riesgo.

Todas las medidas, particularmente las preventivas de tipo no estructural, precisan, como paso previo y fundamento de la gestión, la realización de un análisis del riesgo de inundaciones, lo que supone el estudio pormenorizado de los elementos del riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad), para posteriormente realizar su integración. En este contexto, la cartografía de peligrosidad es un componente básico en los estudios de análisis del riesgo de inundación, ya que permite evaluar eficazmente la distribución espacial de los diferentes elementos de la severidad (tales como la profundidad de la lámina de agua, la velocidad de la corriente, el transporte de carga sólida o los tiempos característicos) y la frecuencia (periodos de retorno o probabilidad de excedencia) del fenómeno de la inundación. Además, presenta la utilidad de poder cruzar los mapas y las bases de datos asociadas a ellos, con las cartografías de exposición y vulnerabilidad, para analizar y prevenir el riesgo de forma integrada, empleando para ello herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG).

Para que la producción y edición de estos mapas cumpla las funciones de corrección cartográfica y utilidad práctica, es conveniente unificar las metodologías utilizadas en su realización, homogeneizar los criterios y llegar a un consenso sobre los elementos a representar y las leyendas. Por ello, la elaboración de guías metodológicas dedicadas a concretar los métodos de reconocimiento, representación, escalas de trabajo, criterios de zonificación, y herramientas informáticas disponibles, constituyen un punto de partida básico en la prevención del riesgo. Es en este contexto donde la publicación del presente libro editado por el IGME "Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones: Guía metodológica para su elaboración" adquiere su más amplio sentido.

José Pedro Calvo Sorando
Director General del Instituto Geológico y Minero de España



PRÓLOGO

Durante las últimas décadas se han puesto en marcha en España y en el resto de los países desarrollados, numerosos planes, programas, proyectos y sistemas para el análisis y la cartografía de la peligrosidad por inundaciones. Sirvan como ejemplo en el ámbito internacional: los mapas del Programa nacional de seguros frente a inundaciones de los EE.UU.; los Planes de prevención de los riesgos de inundación de Francia; o la reciente Directiva Europea sobre evaluación y gestión de los riesgos de inundaciones (Directiva 2007/60/EC), que en su capítulo III establece la necesidad de elaborar mapas de peligrosidad y riesgo en las demarcaciones hidrográficas antes del año 2013.

En España, las distintas administraciones públicas estatales, autonómicas, provinciales y locales, han puesto en marcha diferentes iniciativas, tales como el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, promovido por la Dirección General del Agua (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino); los mapas de planes autonómicos enfocados a la ordenación territorial (PATRICOVA y Región de Murcia) y a la protección civil (Inunecat, RICAM, Inunbal, Inungal); los mapas de riesgos naturales preceptivos en los informes de sostenibilidad ambiental ligados a la Ley del Suelo (8/2007); que se suman a otras experiencias en las que se cartografiaron indirectamente zonas potencialmente inundables para diferentes periodos de retorno (100 y 500 años), como los programas LINDE, PICHRA, los estudios de inundabilidad para la protección del dominio público hidráulico en las confederaciones hidrográficas, etc.

Sin embargo, casi todas estas iniciativas carecen de unas guías metodológicas claras y concisas que permitan homogeneizar los mapas resultantes y evitar incoherencias y discordancias en los límites administrativos para los cuales fueron realizados. Por este motivo, se echa en falta un elemento de normalización, semejante al papel que ha desempeñado el grupo de intercambio EXCIMAP, en el desarrollo de los mapas asociados a la citada Directiva Europea.

Por otra parte, las Ciencias de la Tierra tienen un papel imprescindible en el estudio de la génesis y consecuencias de los eventos de avenida e inundación. En esta línea de pensamiento se sitúa la reciente modificación del Real Decreto del Reglamento del dominio público hidráulico (Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, BOE nº14 de 16 de enero de 2008), que pone todos los métodos en igualdad de condiciones en el orden de prelación de las delimitaciones.

Por todo ello, la edición de esta guía metodológica para la elaboración de mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones por parte del Instituto Geológico y Minero de España, se produce en un momento oportuno, aportando métodos y criterios de interés en todos los citados planes y proyectos, y cuantos puedan surgir a corto y medio plazo.

Vicente Gabaldón López
Director del Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica



RESUMEN

Las catástrofes naturales ocurridas como consecuencia de las inundaciones se encuentran entre las que han generado un mayor número de víctimas mortales y pérdidas económicas en España. Por ello, existe diversa legislación aplicable a la gestión y cartografía de áreas inundables, tanto en el ámbito europeo y estatal, como en el autonómico.

Las inundaciones tienen variados orígenes, lo que determina la existencia de diferentes tipos de inundaciones (naturales-artificiales, terrestres-costeras, avenidas-crecidas, riadas-*in situ*), algunas de las cuales pueden ver sus efectos agravados por determinadas actuaciones humanas (deforestación, movimiento de tierras, urbanización). Las diversas manifestaciones de las inundaciones en España permiten diferenciar cuatro grandes zonas de riesgo en nuestro país, asociadas a las avenidas súbitas en la vertiente mediterránea; a las avenidas torrenciales en los sistemas montañosos; a las crecidas en los tramos medios y bajos de los grandes ríos peninsulares; y al encharcamiento en zonas llanas y endorreicas en los sectores centrales de las grandes cuencas.

Entre los efectos e impactos de las inundaciones están: la profundidad del agua, su permanencia temporal, la velocidad de la corriente, la capacidad erosiva, el arrastre de sólidos y su depósito, y otros fenómenos geológicos asociados (movimientos de ladera, sufusión).

Para la elaboración de mapas de riesgos y de peligrosidad por inundaciones existen diversos antecedentes internacionales y nacionales que pueden usarse como referencia y ejemplo, así como diferentes fuentes de información cartográfica (básica, temática, fotográfica), alfanumérica (hidrometeorológica y socioeconómica) y adquisición en campo. Entre los métodos de reconocimiento destacan tres grandes grupos de técnicas para el análisis de la peligrosidad de inundaciones: históricos y paleohidrológicos; geológicos y geomorfológicos; e hidrológicos e hidráulicos. Lo ideal es utilizar todos ellos de forma integrada, calibrada y complementaria. En cuanto a los elementos a representar en los mapas, pueden ser múltiples y diversos, al igual que los sistemas de representación; su inclusión dependerá de las escalas de trabajo, del método utilizado y de la finalidad o aplicación del mapa. La peligrosidad puede cartografiarse en tres zonas (alta, media y baja) en las que deben establecerse limitaciones y restricciones de uso. Igualmente, para la elaboración de estos mapas pueden utilizarse diversas herramientas, tanto en el análisis de la peligrosidad como para integrar los factores del riesgo.

Finalmente, entre las medidas de mitigación del riesgo existen las estrategias predictivas, preventivas y correctoras, destacando como idóneo el empleo de la ordenación del territorio como medida preventiva de carácter no estructural.

ABSTRACT

Natural catastrophes related to floods are among those causing most casualties and economic loss. Different laws and regulations exist within European and State frameworks as well as for the autonomic one for risk management and mapping flood prone zones.

Flood genesis is varied, hence there are different kinds of floods (natural/artificial, inland/coastal, flash floods/cruces, in-situ floodings), and some of them might show their effects aggravated because of human activities (deforestation, land movements, urbanization). The occurrence of floods in Spain allows differentiating four risk regions associated to sudden floods in the Mediterranean region, to torrential floods in the mountain ranges, to cruces in the middle and lower reaches of big peninsular rivers, and to waterlogging of flat and endorheic areas in the centre of big basins.

Among the effects and impacts of floods it can be found: water depth and its durability, water velocity, erosion capacity, sediment transport and deposition, and other associated geologic process (landslides, pipings).

There are national and international examples and references that can be used as a guide for mapping risk and hazard of floods; there are also different sources of information for flood hazard and risk mapping such as cartographic (topographical, thematic, aerial photographs), alphanumeric (hidrometeorological and socioeconomical) and fieldwork. Regarding the surveying methods, the following groups can be pointed up: historical-palaeohydrological, geological-geomorphological and hydrology-hydraulics. All of them would rather be used in an integrated way, calibrating and complementing one another. Considering the elements to be shown in the maps, these can be diverse as well as the way of graphically representing them; their inclusion would depend upon the scale, the method and the purpose for which the map is meant. Hazard can be mapped into three different zones (high, medium and low) where to establish use limits and restrictions. Further on, to develop these maps, several tools and programmes such as Geographic Information Systems can be used for hazard analysis, as well as for integrating risk factors.

Last but not least, among the measures for mitigating risk, there exist predictive preventive or corrective measures, where the preventive non structural measure of spatial planning would rather be pointed up as the most effective.



ÍNDICE

	Páginas
PRESENTACIÓN	3
PRÓLOGO	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO	13
2. METODOLOGÍAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD POR AVENIDAS E INUNDACIONES	17
2.1. Métodos hidrológico-hidráulicos	32
2.2. Métodos geológico-geomorfológicos	55
2.3. Métodos históricos y paleohidrológicos	84
2.4. Otros métodos, técnicas y fuentes de información	94
2.5. Integración de métodos, calibración y criterios de selección	103
3. MÉTODOS PARA LA REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA PELIGROSIDAD POR AVENIDAS E INUNDACIONES	109
3.1. Tipos de mapas de peligrosidad de inundaciones	111
3.2. Contenidos de los mapas de peligrosidad	112
3.3. Representación de la información	120
3.4. Formato del mapa editado, memoria e información complementaria	124
3.5. Representación digital de la información	135
3.6. Actualización y mantenimiento de los mapas de peligrosidad	143
3.7. De los mapas de peligrosidad a los mapas de riesgo	143
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
5. ANEXOS	163
A. Fuentes de información para el análisis de la peligrosidad	163
B. Legislación aplicable	167
C. Herramientas y programas informáticos	175
D. Directorio - Riesgo de inundación	181
E. Glosario de términos	183
F. Estructura de la Guía	187

