

Elaboración de Mapas de Peligrosidad de Inundaciones según su ámbito de aplicación y escala: propuesta metodológica

Flood Hazard mapping regarding end users and scale of interest: methodological proposal

V. Ruiz Villanueva¹, A. Díez Herrero¹, L. Laín Huerta¹ y M. Llorente Isidro¹

Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos (Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica), Instituto Geológico y Minero de España, C/ Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. Correos electrónicos de contacto: v.ruiz@igme.es, andres.diez@igme.es, llain@igme.es, m.llorente@igme.es

Resumen: Entre las diversas iniciativas llevadas a cabo en los últimos años en España para la elaboración de mapas de peligrosidad de inundación (MPIs), se echa en falta una metodología estandarizada y homogénea. El objetivo de este trabajo es proponer un esquema metodológico para la elaboración de los MPIs en función del ámbito de aplicación de la cartografía y de su escala. La propuesta metodológica se estructura en una serie de tablas cruzadas entre sí en las que se relacionan dos a dos los principales condicionantes en la elaboración de los MPIs, como son: el ámbito de aplicación que van a tener, las escalas de trabajo y representación, los métodos de análisis de la peligrosidad susceptibles de utilizarse, y los elementos que debe contener el mapa. Se pretende así facilitar la toma de decisiones de los gestores del riesgo de inundación, a la vez que se simplifica la elaboración de planes y presupuestos de las actuaciones encaminadas a su prevención.

Palabras clave: inundación, peligrosidad, mapa, escala, riesgos geológicos.

Abstract: Within the different initiatives on flood hazard mapping that are being carried out in the last years in Spain, a standardized or homogeneous methodology is missing. The aim of this paper is to propose a methodological scheme for flood hazard mapping taking into account the end users and the scale of interest. The methodological proposal is based on a series of crossed tables in which the main elements in the production of maps are involved, such as: the purpose for which they were meant, the back-end and front-end scales, appropriate hazard analytical criteria, and the elements that the map should show. The target is to support flood hazard mapping by the corresponding organisms and encouraging their use by decision makers, as well as easing the task of flood hazard mapping budget estimations and procedures to be followed when setting up flood mitigation and prevention or flood management plans.

Key words: flood, hazard, map, scale, geological risks.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

En los últimos años se están llevado a cabo en nuestro país diversas iniciativas para la elaboración de mapas de peligrosidad de inundaciones (en adelante MPIs), entre las que destacan (Díez *et al.*, 2006): el Plan de Cartografía de Riesgos Geológicos del IGME (PRIGEO); el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables de la Dirección General del Agua (MMA); el Proyecto LINDE y otras actuaciones para la delimitación del dominio público hidráulico y las zonas inundables (confederaciones hidrográficas y agencias autonómicas del agua); y los Planes de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones elaborados según la directriz básica, para ámbitos estatal, autonómico y local. Planes a los que hay que sumar los mapas que habrá que elaborar antes del año 2013 en cumplimiento de la nueva Directiva europea de evaluación y gestión de los riesgos de inundación (2007/60/CE); los mapas de riesgos naturales que son de obligatoria inclusión en el informe de sostenibilidad ambiental según la Ley del Suelo estatal (Artículo 15 de la Ley 8/2007); y múltiples

iniciativas autonómicas de cartografía de peligrosidad enfocada a la ordenación territorial.

En todos estos planes, proyectos y actuaciones existen unas guías metodológicas, normas y recomendaciones donde se describen los métodos y cálculos necesarios para la elaboración de los MPIs. Sin embargo, no existe ninguna propuesta metodológica estandarizada y homogénea, que evite incoherencias y discordancias en los mapas o su continuidad en los límites administrativos. En definitiva, se echa en falta una iniciativa como la del Círculo Europeo de Intercambio sobre la Cartografía de las Inundaciones (EXCIMAP) cuyo objetivo es el desarrollo de una Guía de Buenas Prácticas en la Cartografía de Inundaciones en Europa.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología de elaboración de los MPIs en función del ámbito de aplicación de la cartografía, y de su escala; facilitando con ello la generación y uso de los mapas por parte de los organismos correspondientes.

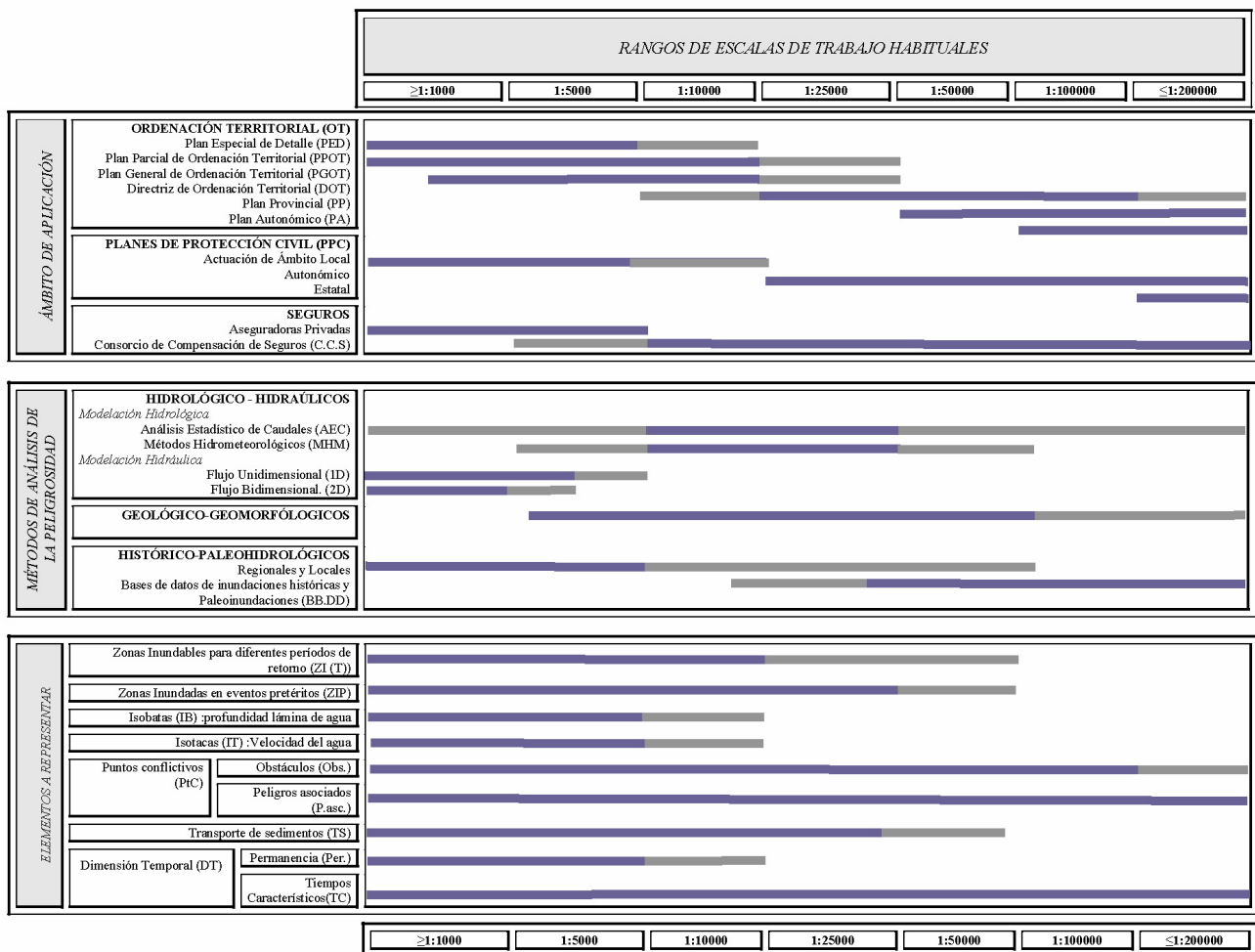
FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de este estudio se ha consultado y realizado un análisis crítico de diversas fuentes bibliográficas y documentales, así como múltiples estudios y trabajos que contienen o aplican los MPIs. Entre las páginas web analizadas en Internet, destacan las correspondientes a: D. G. de Protección Civil y Emergencias, Ministerio de Medio Ambiente, Consorcio Compensación de Seguros y CEDEX; así como diferentes enlaces a distintos planes generales de ordenación urbana. Además de legislación relacionada y múltiples publicaciones científicas sobre la precisión cartográfica en función de la escala, los métodos de elaboración de MPIs, y la conexión entre modelos hidrológico-hidráulicos y modelos digitales de elevaciones (ver selección en el apartado Referencias).

PROPUESTA METODOLÓGICA

La propuesta metodológica se estructura en una serie de tablas cruzadas entre sí en las que se relacionan dos a dos los principales condicionantes en la elaboración de los MPIs, como son: el ámbito de aplicación que van a tener, las escalas de trabajo y representación, los métodos de análisis de la peligrosidad susceptibles de utilizarse, y los elementos que debe contener el mapa.

En primer lugar, la Tabla I superior sintetiza los resultados del cruce entre los diferentes campos de aplicación de los MPI, y los rangos de escala de trabajo y representación más habituales en función de su nivel de actuación de detalle, local, autonómico o estatal.



LEYENDA:

- Intervalo Recomendado
- Intervalo útil en algún caso

TABLA I. Relación de la escala de trabajo y representación de los mapas de peligrosidad de inundaciones con: los ámbitos de aplicación (Superior), los métodos de análisis de la peligrosidad (Central), y los elementos a representar (Inferior).

Las aplicaciones de los MPIs se dirigen a múltiples campos, en general relacionados con las medidas preventivas de tipo no estructural; medidas que reducen el posible impacto de una inundación disminuyendo la peligrosidad o evitando la exposición al riesgo, relacionadas con la planificación de los usos del suelo a

través de la ordenación territorial en diferentes ámbitos espaciales (del plan especial de detalle a los planes nacionales), desarrollo de planes preventivos de protección civil (también del ámbito local al nacional), y adopción de sistemas de aseguramiento, tanto en el mundo de las compañías de seguros privadas, como en

el reaseguro y las competencias del Consorcio de Compensación de Seguros (Ministerio de Economía y Hacienda).

Por otra lado, existen diferentes métodos de análisis de la peligrosidad de inundaciones, englobados en tres grandes grupos (Díez, 2002): hidrológico-hidráulicos, geológico-geomorfológicos, e histórico-paleohidrológicos; a los que cabría sumar los métodos de fundamento botánico, como los dendrogeomorfológicos y los liquenométricos, aún en fase de investigación.

La aplicación de cada uno de ellos también es función de la escala a la que estemos trabajando, y de la precisión de los datos que tengamos de partida (Hardy *et al.*, 1999; Walker y Willgoose, 1999; Casas *et al.*, 2004). En la Tabla I central se puede observar la clasificación de forma esquemática de cada uno de ellos y las escalas para las que son válidos o útiles.

Por su parte, los elementos a representar en un MPI son muy variados (Díez y Pujadas, 2002), desde tan sólo las zonas inundadas en un evento pasado, a detallados mapas batimétricos o de isotacas, pasando por la clásica representación de las áreas anegables para diferentes periodos de retorno. La Tabla I inferior enumera esos elementos y su representatividad en función de la escala.

Cruzando las Tablas I superior y central mediante el factor común del rango de escalas, podemos obtener la Tabla II, que relaciona los métodos de estudio en función de la aplicación de los MPIs.

Además, los elementos representables en los mapas dependerán también de su aplicación. Surge así la Tabla III (cruce de las Tablas I superior e inferior), en la que se recogen los elementos a representar en función de las aplicaciones vistas anteriormente.

ÁMBITO DE APLICACIÓN	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN														
	HIDROLÓGICOS		HIDRAÚLICOS		GEOLOGICO-GEOMORFOLÓGICOS	HISTÓRICOS									
	AEC	MHM	1D	2D			Local	BB.DD							
Ordenación Del Territorio	PED	PPOT	PGOT	DOT	PP	PA									
Protección Civil	Local	Autonómico	Estatal												
Seguros Privados	C.C.S														

TABLA II. Métodos a utilizar en la elaboración de los MPIs en función de su aplicación. . (Ver significado de las abreviaturas y leyenda de las barras en Tabla I).

ÁMBITO DE APLICACIÓN	ELEMENTOS A REPRESENTAR EN LA CARTOGRAFÍA DE INUNDACIONES																			
	ZI(T): zona inundable (T)	ZIP: zona inundable en eventos ant.	IB: Isobatas, prof. lámina de agua	IT: Isotacas, velocidad de la corriente	PTC: Puntos Conflictivos		TS: transporte sedimento	DT: Tiempos												
					Obstáculos	Peligros asc.		Perm.	TC											
Ordenación Del Territorio	PED	PPOT	PGOT	DOT	PP	PA														
Protección Civil	Local	Autonómico	Estatal																	
Seguros Privados	C.C.S																			

TABLA III. Elementos representables en los MPIs en función de su aplicación. (Ver significado de abreviaturas y leyenda de las barras en Tabla I).

DISCUSIÓN

La propuesta metodológica presentada mediante el sistema de tablas cruzadas es tan sólo una primera

aproximación a la problemática de la necesidad de adaptar los métodos y elementos de los MPIs en función de su ámbito de aplicación y la escala de trabajo (Sayyed, 2006). Algunos de los rangos de escalas de

trabajo propuestos son simplificaciones o selecciones de unos intervalos muy amplios, con importante dispersión. Máxime cuando existen otros parámetros difícilmente cuantificables, como la disponibilidad de otra información temática (datos de aforos, precipitaciones, mapas edáficos...) o las nuevas tecnologías que se pueden incorporar (Allen y Birk, 2000). No obstante no cabe duda que consensuando una metodología homogénea de realización de cartografía de peligrosidad de inundaciones en función de su aplicación, se facilita la toma de decisiones de los gestores del riesgo de inundación, a la vez que se simplifica la elaboración de planes y presupuestos de las actuaciones encaminadas a su prevención.

Hay que tener en cuenta que en los MPIs no sólo hay que representar elementos preexistentes y acciones pasadas (Camarasa y Bescós, 2004), sino que deben permitir prever la dinámica futura y los cambios esperables, sin perder de vista el objetivo de tratar de transmitir una información científica a unos usuarios que necesitan transformar los datos en términos logísticos o económicos (Garzón, 2006).

Por estas razones esta propuesta metodológica se va a ensayar en zonas piloto en las que se aplique a los diferentes ámbitos descritos en el texto, para comprobar su viabilidad.

CONCLUSIONES

Además del ámbito de aplicación de los MPIs, el factor a tener en cuenta para definir una metodología para su elaboración es la selección de los elementos representables en función de la escala de trabajo.

En el ámbito de la ordenación del territorio, dentro de los planes parciales y planes especiales de detalle, que suelen realizarse en el intervalo de escalas 1:1.000 a 1:10.000, se recomienda utilizar métodos hidrológico-hidráulicos, geomorfológicos de detalle, e históricos a nivel local; teniendo más relevancia en la representación las zonas inundables para diferentes períodos de retorno, zonas inundadas en eventos pretéritos, isobatas, isotacas, puntos conflictivos, transporte de sedimentos y los tiempos de permanencia. En el ámbito local de la protección civil se representarán además los tiempos característicos.

A menor escala, en los planes de ordenación urbana provinciales y autonómicos (1:50.000 a 1:200.000) primarán los métodos geológico-geomorfológicos y las bases de datos georeferenciadas de inundaciones históricas y paleoinundaciones; representando en la cartografía, las zonas inundadas y otros peligros asociados (movimientos de ladera, sufusión, expansividad de arcillas, erosión de márgenes...). Si el uso final de estos mapas a pequeña escala es la protección civil se añadirán también los tiempos característicos.

Los métodos geológico-geomorfológicos son de aplicación en una amplia gama de escalas y ámbitos de aplicación, lo que les convierte en una herramienta de

enorme potencial que debe ser normalizada y usada con profusión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del ámbito del proyecto "Diseño de una metodología para la realización de Mapas de Peligrosidad de Inundación en función de su aplicación" y utiliza información del proyecto "Trabajos de apoyo en cartografía y estudios de peligrosidad y riesgo ante avenidas e inundaciones enmarcados en el Plan PRIGEO", ambos financiados por el IGME (Ministerio de Educación y Ciencia).

Parte de la información analizada sobre precisión en la escala de trabajo ha sido facilitada por D. Ignacio Gutiérrez Pérez, Ingeniero Topógrafo.

REFERENCIAS

- Allen, J. y Birk, R.J. (2000): Flood mapping specifications: technology-centric versus application-centric. *Earth Observation Magazine* 9 (8): 21.
- Camarasa, A.M. y Bescós A. (2004): Cartografía de áreas inundables: comparación entre mapas de peligros y mapas de inundaciones concretas. En: *Riesgos naturales y antrópicos en Geomorfología*. (Benito G. y Díez A., eds.), SEG y CSIC, Madrid.
- Casas A., Benito G., Thorndycraft V. R. y Rico M. (2004): La importancia del Modelo Digital del Terreno en Modelos Hidráulicos de Crecidas. En: *Riesgos naturales y antrópicos en Geomorfología*. (Benito G. y Díez A., eds.), SEG y CSIC, Madrid.
- Díez, A. (2002): Condicionantes geomorfológicos de las avenidas y cálculo de caudales y calados. En: *Riesgos Naturales*. (Ayala-Carcedo F.J. y Olcina Cantos J., coords.), Editorial Ariel, Barcelona, 921-952.
- Díez Herrero A. y Pujadas Ferrer J. (2002): Mapas de Riesgos de Inundaciones. En: *Riesgos Naturales*. (Ayala-Carcedo F.J. y Olcina Cantos J., coords.), Editorial Ariel, Barcelona, 997-1009.
- Díez Herrero A., Laín Huerta L. y Llorente Isidro, M. (2006): *Mapas de Peligrosidad de Avenidas e Inundaciones: Métodos, experiencias y aplicación*. IGME y CCS, Madrid, 230 p.
- Garzón, G. (2006): La importancia de la escala y los elementos representables en la cartografía geomorfológica fluvial. En: *Mapas de Peligrosidad de Avenidas e Inundaciones: Métodos, experiencias y aplicación* (A. Díez Herrero, L. Laín Huerta y M. Llorente Isidro, eds.), IGME y CCS, Madrid, 159-168.
- Hardy, R.J., Bates, P.D. and Anderson, M.G. (1999): The importance of spatial resolution in hydraulic models for floodplain environments. *Journal of Hydrology*, 216: 124-136.
- Sayed M.R.B. (2006): The effect of base map scale on the accuracy of floodplain zoning using GIS. *Journal of Applied Sciences*, 6 (1): 20-26.
- Walker, P.J. y Willgoose G.R. (1999): On the effect of digital elevation model accuracy on hydrology and geomorphology. *Water Resources Research*, 35 (7): 2259-2268.