

Estudios Geográficos
Vol. LXXVIII, 282, pp. 283-315
Enero-junio 2017
ISSN: 0014-1496
eISSN: 1988-8546
doi: 10.3989/estgeogr.201710

Cartografía de inundaciones en España *Flood maps in Spain*

Jorge Olcina Cantos¹ y Andrés Díez-Herrero²

RESUMEN

Las inundaciones han merecido análisis y estudio desde época histórica en España. Los informes y memoriales elaborados tras el desarrollo de un gran evento incluyen, a partir del siglo XVIII, mapas de las zonas afectadas. Estas primeras cartografías han ido mejorando en relación con los avances cartográficos y la incorporación de nuevos métodos de análisis. Ello ha permitido avanzar desde las cartografías de peligrosidad a los mapas que incorporan métodos de valoración de la vulnerabilidad. El trabajo hace repaso de los hitos más destacados en la elaboración de cartografía de inundaciones en España y valora la situación actual, donde la Directiva 60/2007 sobre gestión del riesgo de inundación en el territorio europeo supone un importante avance para la confección de mapas realmente de riesgo.

PALABRAS CLAVE: riesgo; cartografía de inundaciones; mapas de desastre; vulnerabilidad; mapas de riesgo.

ABSTRACT

Floods have deserved analysis and study from ancient in Spain. Reports and memorials prepared after the development of an important large event include, from the eighteenth century, maps of affected areas. These early maps have been improving in terms

¹ Instituto Interuniversitario de Geografía Universidad de Alicante. Email: jorge.olcina@ua.es. ORCID iD: <http://www.researcherid.com/rid/H-2447-2015>.

² Área de Riesgos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Email: andres.diez@igme.es. ORCID iD: <http://www.researcherid.com/rid/A-3401-2009>.

of progress mapping and incorporating new methods of analysis. It has advanced from the hazard maps to maps that incorporate methods of vulnerability assessment. This paper analyzes the most important facts in the development of flood mapping in Spain and assesses the current situation, when 60/2007 EU Directive on flood risk management in the European territory has been an important step for mapping risk.

KEY WORDS: risk; cartography of floods; calamity maps; vulnerability; risk maps.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO / CITATION: Olcina Cantos, Jorge y Díez-Herrero, Andrés (2017): "Cartografía de inundaciones en España", *Estudios Geográficos*, LXXVIII/282, pp. 283-315.

1.-INTRODUCCIÓN

La cartografía de riesgos naturales se ha convertido en un requisito legal básico en los procesos de planificación territorial. Su elaboración, como verdadera cartografía de riesgo, requiere el manejo de conceptos, métodos y herramientas de trabajo propias del análisis de riesgo. Se trata de un documento técnico que ha adquirido naturaleza jurídica y ello obliga a una elaboración precisa. En España ha habido, desde el siglo XVIII, tradición de elaborar mapas de zonas afectadas por eventos extremos de gran impacto, básicamente inundaciones; estas primeras cartografías, dieron paso en la segunda mitad del siglo XX a los mapas de peligrosidad basados en el estudio del comportamiento físico, matemático-estadístico, del fenómeno natural. Sólo desde la primera década del siglo actual comienza la elaboración de verdaderos mapas de riesgo, donde se conjugan aspectos de peligrosidad y vulnerabilidad.

El riesgo puede entenderse como una situación potencial de pérdidas o daños personales (sociales) o materiales (económicos); pero también el umbral de peligro probable que aceptamos de modo individual o colectivo, y que puede alterar nuestro diario funcionamiento social y zandar en cualquier momento nuestro siempre débil y efímero bienestar ante los eventos extremos (Olcina Cantos, 2006). Es una condición condigna al ser humano desde el inicio de la historia de la Humanidad. El desconocimiento del funcionamiento de la Naturaleza y el temor ante sus fenómenos extremos en los primeros momentos y la pérdida del respeto hacia lo ambiental en tiempos más recientes, han convertido la espera de la catástrofe en un elemento común de la vida cotidiana. La probabilidad de que acontezca un peligro natural se ha asumido como un aspecto más del devenir de las sociedades en todo momento histórico. El ser humano convive con el riesgo sobre la superficie terrestre. Y el fenómeno no es algo contemporáneo.

Entre los peligros naturales que mayores efectos socio-económicos suponen en España, los episodios de inundación ocupan un lugar principal. Se trata de un fenómeno propio de los rasgos geográficos de nuestro país. En todo momento histórico se han desarrollado crecidas fluviales y desbordamientos que han ocasionado daños económicos y pérdida de vidas humanas.

Los últimos decenios han sido pródigos en la manifestación de episodios naturales de rango extraordinario de consecuencias funestas para la población mundial. Se ha creado la impresión de una mayor ocurrencia —todavía por comprobar— de eventos excepcionales, cuando lo realmente ocurrido es el incremento de la exposición de las poblaciones del mundo a los peligros naturales. Los umbrales de tolerancia ante los riesgos de la naturaleza han disminuido por el propio crecimiento de la población mundial y la ocupación intensiva del territorio. Se invaden espacios con peligrosidad, bajo la premisa del desarrollo colectivo, permitiendo que los grupos sociales tornen vulnerables a la más mínima manifestación de las fuerzas de la naturaleza.

En este nuevo contexto, hay un elemento, eminentemente geográfico, que ha cobrado destacada importancia en los últimos años en el estudio de la peligrosidad y el riesgo natural: el mapa. Se trata de una herramienta esencial en los estudios de riesgo natural, que ha experimentado un avance muy notable en los últimos años en relación con la aplicación de las modernas tecnologías cartográficas. La posibilidad de relacionar, de forma inmediata, usos del suelo con la peligrosidad natural, a fin de establecer grados de exposición y vulnerabilidad ante un episodio de rango extraordinario, ha impulsado la elaboración de cartografías de riesgo; con la ventaja añadida de su posible actualización continua.

2.—PRIMERAS EVIDENCIAS CARTOGRÁFICAS

Los documentos escritos (informes, memoriales) han dejado testimonio de estos episodios extremos y desde la Edad Moderna se han acompañado de mapas de zonas afectadas. Sólo desde los años ochenta del pasado siglo XX, estos cartogramas dibujarán mapas de riesgo en relación con la evolución conceptual y de método del análisis de riesgo, la mejora de los sistemas de representación cartográfica y la aparición de normativas que obligarán a su realización como herramienta básica para la planificación territorial.

Las primeras cartografías relacionadas con la representación de espacios afectados por inundación en España fueron cartogramas con referencias «indirectas», esto es, mapas de actuaciones en espacios fluviales regularmente afectados por estos episodios, con objeto de prevenir futuras inundaciones.

De ahí se pasó a los mapas de zonas afectadas, dibujados tras un episodio importante; son los llamados «mapas de calamidad», donde se localizaban zonas afectadas. Y, finalmente, se han desarrollado los mapas de inundabilidad, peligrosidad y riesgo, que señalan las áreas geográficas expuestas a un peligro en función de la dinámica natural (evento extremo) y de la ocupación humana de un territorio. A partir de ello se establecen niveles o grados de riesgo. En la actualidad, la preparación de estos mapas ha adquirido rango normativo y se ha convertido, afortunadamente, en requisito imprescindible en los procesos de transformación de usos (vid. tabla 1).

Hasta los años ochenta del siglo xx no ha habido un interés explícito por parte de las administraciones competentes por incorporar cartografía de zonas afectadas o potencialmente afectables por inundaciones en informes de daños. A ello ha contribuido la falta de obligación legal —hasta fecha reciente— de tenerlo que hacer. En ese caso, su inclusión ha dependido de la voluntad y de la capacitación profesional del redactor de los mismos. Más frecuente ha sido la incorporación a informes de daños de dibujos y fotografías que muestran los efectos de las crecidas fluviales. Las cartografías de zonas afectadas por inundaciones en España han sido elaboradas, en sus inicios, por ingenieros y desde la segunda mitad del siglo xx por geólogos, geógrafos y especialistas en cuestiones ambientales, en relación con la consolidación de la enseñanza universitaria de esta disciplina en nuestro país.

En la evolución histórica sobre las cartografías de inundación en España, se puede distinguir una primera etapa que se desarrolla a lo largo de la Edad Moderna, incluye aquellas referencias cartográficas que representan espacios fluviales bien por tratarse de áreas objeto de actuación (proyectos de encauzamiento o desviación de cauces) al haber originado problemas en núcleos de población; o bien por tratarse de espacios, en tramos bajos de aparatos fluviales, generalmente con avenamiento precario, sobre los que se ha implantado actividad agraria (regadíos) y asentamientos que resultan afectados por las crecidas fluviales. No son realmente mapas de zonas afectadas sino cartografías «indirectas» de áreas con problemas de inundaciones (vid. tabla 1).

Destacan las cartografías de proyectos de acondicionamiento llevadas a cabo en cauces fluviales para evitar los efectos de desbordamiento de la rambla Fondonera en Daroca para lo cual se proyectó, en el siglo xvi, un túnel por debajo del cerro de San Jorge para que condujese las aguas directamente al río Jiloca, evitando el paso por el centro de la villa. La obra de la Mina de Daroca fue una de las más costosas realizadas en Aragón pero pronto se convertiría en una obra muy celebrada y visitada por el propio monarca Felipe II. En 1742 el ingeniero Sebastián de Rodolphe levantaría un detallado plano de la Mina de Daroca.

EVOLUCIÓN DE LAS CARTOGRAFÍAS DE INUNDACIÓN Y CONSIDERACIÓN SOCIO-POLÍTICA DEL FENÓMENO, EN ETAPAS MARCADAS POR HITOS

TABLA I

CRONOLOGÍA A	CONSIDERACIÓN DE LAS INUNDACIONES		PRODUCTO CARTOGRAFICO CARACTERISTICO	PROYECTOS, PLANIFICACIÓN Y EVENTOS IMPORTANTES	
	SOCIAL	ADMINISTRACIÓN			
		Fenómeno			Visión del mapa
Siglo XVI a finales del siglo XVIII	Fenómeno sobrenatural Diluvio, Castigo divino	Inevitable Excepcional Extraordinario	Documento informativo que ilustra sobre áreas afectadas	<ul style="list-style-type: none"> • CARTOGRAFÍAS INDIRECTAS, que se refieren a espacios con afección frecuente de inundaciones (p.e. mapas para proyectos de encauzamiento). 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos de encauzamiento en Daroca y Almansa • Plan de canalización del Segura en Murcia (1785)
2ª mitad s. XX	Fenómeno extremo Naturaleza indómita	Imprevisible	Documento técnico para la adopción de medidas estructurales	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones del Túrria en Valencia (1957) y del Valles (1962) • Inundaciones del sureste (1973) • "Pantianada de Tous (1982) e inundaciones en País Vasco (1983) • Ley de Aguas y RD-DPH, (1985, 1986) • Riada de Biescas (1996) • Riadas de Alicante y Badajoz (1997) • Ley del Suelo (1998) 	<ul style="list-style-type: none"> • MAPAS DE INUNDABILIDAD Y PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES. Mapas de enfoque probabilístico basados en los periodos de retorno
Siglo XXI	Fenómeno natural Falta de control administrativo	Previsible Consustancial con la dinamica natural	Documento operativo para la planificación territorial	<ul style="list-style-type: none"> • MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN. Análisis de peligrosidad y vulnerabilidad. Establecimiento de niveles de riesgo según el grado de exposición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan ordenación márgenes ríos y arroyos País Vasco (1999 y revisión 2013) • PATRICOVA (2002, rev. 2015) • Directiva europea de inundaciones (2007) • Mod. RD-DPH y SNCZI (2007, 2008 y 2016) • Ley del Suelo (2008, mod. 2015) • RD trasposición Directiva (2010)

Elaboración propia.

Destacados serían también los trabajos de encauzamiento de la rambla de las Hoyuelas en Almansa iniciadas en 1566 pero que tuvieron varias fases debido a la rotura provocada en las obras por la violenta avenida de mayo de 1570 y la destrucción en parte de la fábrica registrada en 1580; de manera que no sería hasta marzo de 1584 cuando finalizarían los trabajos del nuevo cauce realizado, que pondría fin a las inundaciones periódicas que se registraban en la ciudad.

Por la importancia del proyecto merece destacarse, también, el Proyecto de canalización y ornato del río Segura a su paso por Murcia (1785) elaborado por D. Manuel Serrano, Arquitecto Director de Caminos y con planos firmados por el propio autor y por D. José Moñino Redondo, Conde de Florida-Blanca. Se trata del proyecto más ambicioso y documentado de los que se habrían elaborado para solucionar el problema de las avenidas del río Segura en la ciudad de Murcia, a tenor de la documentación exhaustiva y planos elaborados que se incluye. Se acompaña de dos planos que representan, sucesivamente, las zonas generalmente afectadas por las avenidas de estos cursos fluviales y las obras a realizar para evitar sus efectos. Es curioso destacar cómo en estos planos se recoge, por vez primera, en un cartograma oficial el término «riesgo» para hacer mención al peligro existente en los sectores urbanos, próximos al río, afectados por sus crecidas. Debe señalarse que a pesar de la implicación personal del Conde de Florida-Blanca en este proyecto, apenas se llevarían a cabo una serie de obras menores, que no supondrían apenas protección de la ciudad frente a las inundaciones³.

Ya en el s. XIX se elaborarían dos proyectos de canalización fluvial destacados por el área geográfica donde se plantean, por la magnitud de los mismos y porque, a pesar de su detallada factura, nunca se desarrollarían en el momento de su planteamiento. Se trata de los proyectos de modificación de los cauces del Júcar y Segura, elaborados tras los desastres ocurridos en 1864 y 1879, respectivamente.

Por último, otro tipo de referencias cartográficas indirectas de inundaciones constituyen, como se ha señalado, aquellos mapas que representan tramos bajos de sistemas fluviales, generalmente áreas de avenamiento precario, sobre los que se ha implantado asentamientos y actividad agraria (regadíos) que resultan afectados si acontecen crecidas fluviales. La cartografía existente es abundante en este caso, pero merece la pena destacar dos mapas de finalidad

³ El profesor Calvo García-Tornel ha llevado a cabo un brillante y agudo estudio del contenido de este proyecto de canalización del río Segura a su paso por la ciudad de Murcia. Vid. Calvo García-Tornel, F. (2005): "El proyecto de canalización y ornato del río Segura a su paso por Murcia (1785)", Murcia, Academia Alfonso X el Sabio (edición comentada).

agrícola pero que representan sendas llanuras de inundación con ocasión de crecidas fluviales; se trata de los mapas de las llanuras aluviales del Júcar (1797) y Segura (primer tercio s. XIX). Resulta curioso señalar que en ambos casos, la zona cubierta por estas densas redes de riego incluyen el área que la cartografía oficial de riesgo de inundación elaborada a principios del s. XXI en la Comunidad Valenciana dentro de su Plan de Acción Territorial de Riesgo de Inundaciones en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), en sus versiones de 2002 y 2015, representa, en ambas llanuras aluviales, como espacios de riesgo alto ante inundaciones.

3.—MAPAS DE ZONAS AFECTADAS A CONSECUENCIA DE EPISODIOS IMPORTANTES DE INUNDACIÓN

Junto a estas primeras evidencias cartográficas de espacios inundables, a partir del siglo XVIII la elaboración de informes y memoriales en relación con el desarrollo de un evento natural extremo (inundaciones), irá incluyendo mapas de las zonas afectadas por estos episodios. Se trata de lo que podemos denominar «mapas de calamidad», es decir, mapas de zonas afectadas, elaborados con posterioridad a un episodio catastrófico de gran impacto.

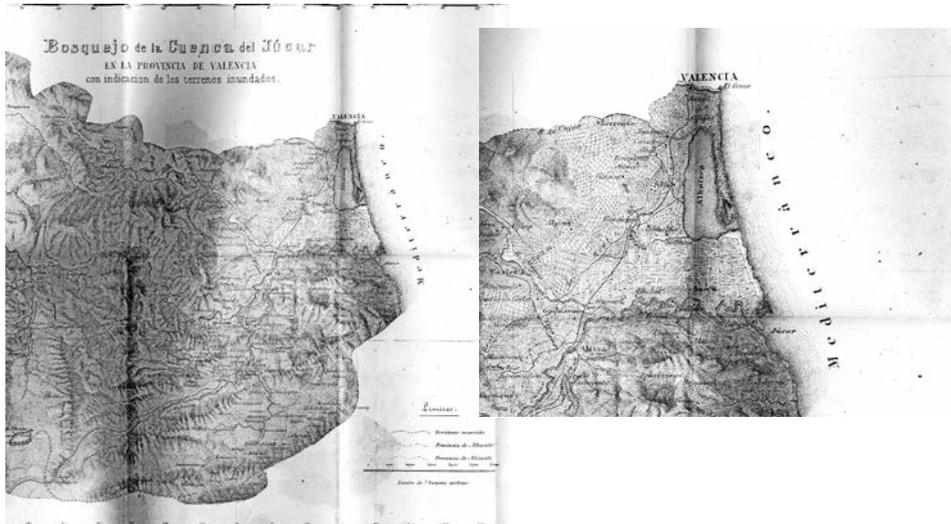
Esta etapa de representación cartográfica de las inundaciones se inicia en el último cuarto del siglo XVIII y se prolonga prácticamente hasta nuestros días, puesto que el desarrollo de episodios de inundación importantes suele ir acompañada de la elaboración de informes oficiales de daños o, a partir de la segunda mitad del siglo XX, de trabajos de investigación donde se incluyen mapas de localización de áreas afectadas por los desbordamientos fluviales. En este prolongado período no hay, sin embargo, obligación legal de incluir mapas de zonas afectadas en los informes oficiales de daños por inundación; son, en este sentido, cartografías voluntarias (vid. tabla 1).

Se incluyen en informes o memorias donde se describen las consecuencias de desbordamientos ocurridos en ríos, arroyos, barrancos y ramblas. Pueden señalarse tres cartogramas como los primeros mapas de inundaciones en España; con la salvedad de que avances futuros en la investigación histórica ofrecerán nuevos documentos que permitirán enriquecer esta relación. Se trata del “Plano de la riera de Cànoves a su paso por Cardedeu y las inundaciones provocadas sobre el casco urbano” (1776-1777), del *Plano Topográfico...* de Josep Tormo (1797) donde se indican los «derrames en las maiores avenidas» en el alto Vinalopó; y, por último, del mapa incluido en la *Memoria sobre la inundación del Júcar en 1864*, del ingeniero Miguel Bosch y Julia (Madrid, 1866).

De ellos, destaca el informe y el mapa elaborado tras la desastrosa avenida del Júcar, el de noviembre de 1864, que ocasionó numerosas víctimas mortales y cuantiosísimas pérdidas económicas en la ribera baja del río. A raíz de este desastre se constituyó una Comisión de Estudio, encabezada por D. Miguel Bosch, ingeniero forestal. Se llevan a cabo actuaciones de socorro de las autoridades civiles y eclesiásticas: el arzobispo de Valencia, S. Mariano Barrio y Fernandez, ordena una rogativa por tres días consecutivos, cantando en cada uno de ellos una misa votiva *proquacumque necessitate* y la oración *ad postulandam serenitatem*. Estamos, en efecto, ante uno de los episodios más importantes ocurridos en la cuenca del Júcar en los últimos doscientos años, con registro de caudales máximos instantáneos calculados en 10.000-12.000 m³/s. A consecuencia de esta avenida, se formaría una nueva desembocadura en el río a 1,4 km al sur de la anterior, en Cullera, que databa del año 1572. Dos años después de esta inundación, en 1866 se promulgaría la primera Ley de Aguas española, que incluyó indicaciones sobre la cuestión de inundaciones. En la Memoria sobre la inundación del Júcar de 1864, se incluyó un mapa —“Bosquejo de la Cuenca del Júcar”— en el que se indicaba, con una trama rayada, los «terrenos inundados» en la parte baja de la ribera del Júcar (vid. figura 1).

FIGURA 1

MAPA DE ZONAS AFECTADAS (Y DETALLE) POR LA INUNDACIÓN EN LA RIBERA BAJA DEL JÚCAR



Fuente: *Memoria sobre la inundación del Júcar en 1864*, del ingeniero Miguel Bosch y Julia (Madrid, 1866).

Como en el caso de la inundación del Júcar de 1864, la famosa «riada de Santa Teresa» en la cuenca del Segura, originó numerosos documentos gráficos sobre sus terribles efectos. De nuevo se trata de uno de los episodios de inundación más destacados ocurridos en la segunda mitad del siglo XIX en España. Las intensas lluvias acumuladas en la cuenca del Segura y, en especial, en su afluente más torrencial, el Guadalentín, ocasionaron una crecida salvaje en la cuenca media y baja. Protagonismo destacado tuvo, como se ha señalado, el río-rambla Guadalentín, que alcanzó un pico máximo de crecida de 1.500 m³/s. La onda de crecida tardó 7 horas en llegar de Lorca a Murcia. El resultado fue devastador: 777 víctimas mortales y cuantiosas pérdidas en agricultura, viviendas y mobiliario urbano. Esta catástrofe motivo la creación de una Junta de Senadores y Diputados (Real Decreto de 18 de octubre de 1879) orientada a gestionar el socorro a las poblaciones afectadas y se designó una Comisión de Ingenieros de Caminos que evaluó sobre el terreno los efectos de la inundación. A finales de 1879, esta Comisión elevó el informe elaborado a la Junta. Un año después se nombra una nueva Comisión para estudiar con más detalle las características de la catástrofe que elaboraría una memoria detallada del suceso. Finalmente la Junta de Senadores y Diputados publicará en 1883 un informe de su labor que permitirá conocer amplios detalles del acontecimiento (Calvo García-Tornel, *et al.*, 2001). Aprovechando la información generada en estos informes oficiales, la *Crónica General de las Inundaciones en Alicante, Murcia y Almería de 14 y 15 de octubre de 1879*, elaborada en 1883 por Benedicto Mollá⁴, incluirá en sus más de un millar de páginas un mapa de las zonas afectadas por este desastre fluvial (vid. figura 2). La riada de Santa Teresa alcanzó, además, gran repercusión nacional e internacional. Se editaron un número de la revista *La Ilustración Española y Americana* (nº XL) y número único de la revista *París-Murcia* que contó con la participación de artistas franceses de la época, entre las que destacaban las ilustraciones de Gustavo Doré. En este se incluían dibujos de gran interés sobre las consecuencias de la grandiosa crecida del río Segura en la ciudad de Murcia y su huerta, así como en la localidad de Orihuela, en su vega baja.

⁴ Benedicto Mollá, *Crónica General de las Inundaciones en Alicante, Murcia y Almería de 14 y 15 de octubre de 1879*, Madrid, Imp. y Lit. N. González Silva, 1.047 pp., Biblioteca Nacional de España.

FIGURA 2

MAPA DE ZONAS AFECTADAS POR LA RIADA DE SANTA TERESA (1879) EN LA CUENCA DEL SEGURA



Fuente: Tomado de la *Crónica General de las Inundaciones en Alicante, Murcia y Almería de 14 y 15 de octubre de 1879*, de Benedicto Mollá (1883, Biblioteca Nacional de España).

A raíz de este episodio y de la riada de la Ascensión de 1884, se celebraría, en marzo 1885, el “Congreso contra las inundaciones de la región de Levante”; se crearía, asimismo, una comisión para el estudio de los desastrosos efectos de las reiteradas riadas y, por último, se elaboraría el citado “Proyecto de obras de defensa contra las inundaciones en el valle del Segura” (1886), de los ingenieros Ramón García y Luis Gaztelu que nunca se llevaría a efecto.

A lo largo del siglo xx, a las ilustraciones y dibujos que atestiguan los efectos de inundaciones, se sumarían las fotografías. Sin duda, el episodio de inundación de mayor repercusión socio-política de la España del franquismo, fue la riada del Turia en Valencia, el 14 de octubre de 1957. Una tormenta intensa de otoño, generada por la instalación de un embolsamiento de aire frío en altitud sobre el Estrecho de Gibraltar, ocasionaría valores de precipitación máximo por encima de 300 mm/24 h sobre Valencia y las poblaciones circundantes de la Horta. El desbordamiento del Turia en la ciudad de Valencia y en las poblaciones próximas fue de gran magnitud, generando unos daños económicos evaluados en 4.000 millones de pts. (pesetas corrientes) por la Comisión Técnica

Especial constituida a tal efecto y la pérdida de 86 vidas humanas. El diario Las Provincias publicó un número especial con motivo de este desastre natural, que incluía numerosas fotografías sobre los efectos de la riada en la ciudad de Valencia y las poblaciones aledañas de la Huerta. El informe de daños que se elaboró desde Gobernación Civil se incluía un cartograma con el área afectada por la inundación.

Otro episodio de gran repercusión en la España franquista fue el ocurrido en septiembre de 1962 en la cuenca baja del río Llobregat. Se trata del evento de inundaciones que más víctimas provoca a lo largo del siglo xx (973 muertes⁵), además de cuantiosos daños materiales (5.000 viviendas destruidas). No hay mapa oficial de áreas inundadas por las crecidas de los ríos del sector central de Cataluña a consecuencia de las tormentas del 25 de septiembre; tan sólo un cartograma que difundieron los diarios catalanes de la época en las siguientes jornadas tras el desastre.

Un mapa algo más preciso de zonas afectadas fue el elaborado por el Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario a consecuencia de las terribles crecidas de aparatos fluviales en el sureste peninsular ocurrido entre el 19 y 21 de octubre de 1973. Una situación típica de «gota fría» ocasionó la descarga de lluvias torrenciales en diversos puntos del sureste peninsular, registrándose uno de los record de lluvia máxima diaria de España (600 mm/24 h en Albuñol y Zurgena). En la cuenca del Segura, la rambla de Nogalte, el río-rambla Guadalentín y el propio Segura fueron los protagonistas de un episodio de inundación que ocasionó cuantiosos daños en la agricultura de esta zona.

La década de los años ochenta conoció múltiples episodios de inundación, de gran repercusión socio-económica, en España. No obstante la inclusión de cartografía de zonas afectadas seguía siendo escasa en ellos al no haber obligación legal. Un dato significativo es que a partir de este momento será abundante la incorporación de fotografías en color de efectos de las inundaciones, que se incorporan, como anexo, a los informes oficiales de daños.

Tres de estos episodios de inundación destacan sobremanera por las graves consecuencias que de ellos derivaron. El primero en octubre de 1982, cuando una «gota fría» muy activa ocasionó la rotura de la presa de Tous y un desbordamiento colosal del Júcar en su tramo bajo que anegó la totalidad de campos

⁵ Llasat Botija ofrece los siguientes datos de víctimas a consecuencia de este episodio de lluvias torrenciales: 441 muertos, 374 desaparecidos y 213 heridos. (Vid. Llasat Botija, M. C. "El episodio del 25 de septiembre de 1962", *Revista del Aficionado a la Meteorología*, disponible en <http://www.meteored.com/ram/352/el-episodio-del-25-de-septiembre-de-1962/>). (Fecha de consulta: 04/05/2015).

y poblaciones situadas en la llanura aluvial de este río hasta la desembocadura. El Informe oficial de este episodio de inundación elaborado por el Ministerio del Interior, apenas incluía un mapa de puntos con los tramos de carretera de la provincia de Murcia afectados por las crecidas fluviales en la cuenca del Segura⁶. De la descripción de zonas afectadas se elaboraron unos cartogramas que fueron recopilados, en 2003, en una publicación editada por una asociación cultural de Alzira⁷. Un trabajo de referencia para el estudio y comprensión de este episodio de inundación es el número monográfico (nº 32/33, 1983) dedicado al mismo en la revista Cuadernos de Geografía de la Universidad de Valencia, donde hay aportaciones cartográficas de gran interés como la que incluyen La Roca y Carmona (1983) en su trabajo.

Pero, sin duda, el suceso que mayores pérdidas económicas ocasionó en este decenio fue la riada ocurrida en el País Vasco en agosto de 1983 que, además, es el episodio que mayores daños valorados ha conocido el territorio español en la segunda mitad del siglo xx. Lluvias torrenciales en el País Vasco, Navarra Atlántica y la mitad oriental de Cantabria, que llegaron a ocasionar registros máximos de 500 mm/24h. en la ría de Bilbao (Larrasquitu) en la jornada de 26 de agosto, causaron la crecida desahogada de ríos y arroyos con desbordamientos en numerosos núcleos de población, incluida la capital vizcaína que soportó los peores efectos.

En el estudio “Las inundaciones en la España Peninsular” (1988) se incluyó un mapa de las zonas afectadas por la inundación de agosto de 1983 en la cuenca Norte, puesto que junto al País Vasco que sufrió los daños más importantes, otras cuencas fluviales del norte de España experimentaron grandes crecidas y desbordamientos. Con posterioridad, la Agencia Vasca del Agua ha elaborado una cartografía oficial de zonas afectadas por este episodio de inundación.

Por último, la crecida del Júcar de comienzos de noviembre de 1987 ocasionó la última gran inundación padecida en la Ribera Baja en los últimos decenios. Lluvias torrenciales que rebasaron los 800 mm/24 h en algún punto del sur de la provincia de Valencia causaron un impetuoso aluvión que anegó campos y ciudades en el tramo bajo del río hasta su desembocadura. En esta ocasión la Confederación Hidrográfica del Júcar elaboró un mapa de zonas afectadas, que se incluyó, posteriormente, en el proyecto de defensa de avenidas del río Júcar que, de momento, no se ha llevado a término.

⁶ Vid. Ministerio del Interior (1982): *Informe Inundaciones provincias de Albacete, Alicante, Murcia y Valencia*, Madrid.

⁷ Vid. Asociación Cultural Falla Plaça de la Malva (2003): *Fins ací arribà l'aigua de la pantanada de 1982*, Alzira.

4.—MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN ESPAÑA

El paso de los mapas de zonas afectadas por inundaciones pasadas, a verdaderas cartografías de riesgo no es un procedimiento científico-técnico sencillo ni exento de incertidumbres, tanto debido a la falta de fuentes de datos adecuadas, como a herramientas capaces de realizar las estimaciones de pérdidas, sin olvidar la necesaria actualización continua de esos mapas de riesgo de inundación (vid. tabla 1). Por ello, salvo experiencias puntuales casi experimentales o piloto, la mayor parte de la producción cartográfica sobre riesgo de inundaciones en España, son en realidad diferentes tipos de mapas de inundabilidad, peligrosidad o riesgo específico (Díez-Herrero y Pujadas, 2002).

4.1. Mapas de inundabilidad y peligrosidad por inundaciones en España

Así como la producción de mapas de eventos pasados o de proyectos de obras de prevención de inundaciones en España se pueden remontar al menos al siglo XVIII, como hemos repasado en los anteriores apartados, para el caso de los mapas de inundabilidad o de peligrosidad en sentido estricto, los primeros antecedentes no se encuentran hasta el último cuarto del siglo XX.

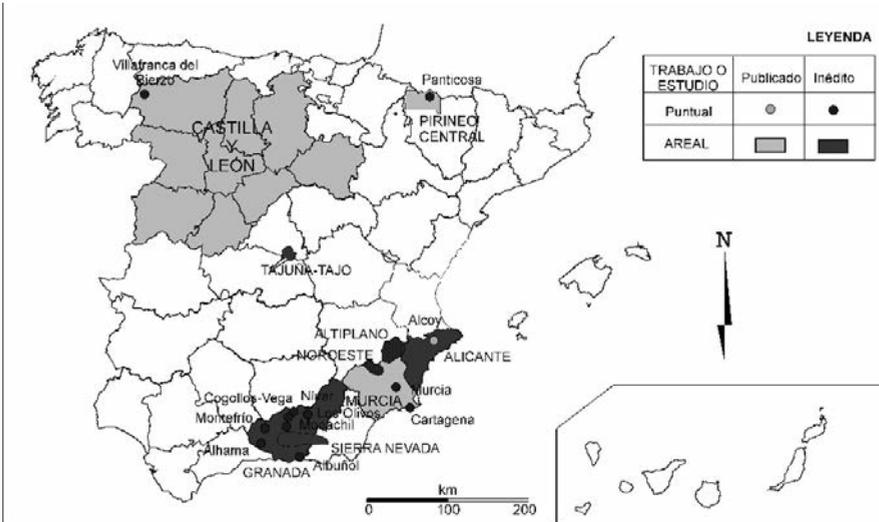
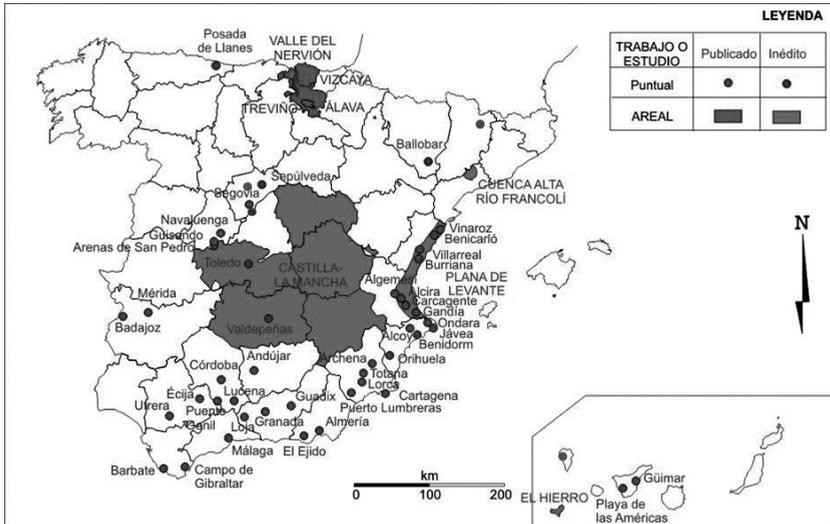
A partir de la década de 1970, y sobre todo tras las inundaciones de inicios de la década de 1980 (País Vasco, Tous...), la administración hidráulica española (DGOH, confederaciones hidrográficas...) toman cartas en el asunto y promueven la realización tanto de estudios generales de ámbito nacional, como la elaboración de mapas de lugares o tramos de ríos conflictivos. Uno de estos estudios paradigmáticos fueron los análisis y mapas elaborados por la Comisión Técnica de Emergencias por Inundaciones (CTEI), constituida por la DGOH y PC. Entre las decenas de documentos generados, existen infinidad de mapas donde se señala los tramos y localidades que han sufrido inundaciones históricas en el pasado, y aquéllas que se consideran «puntos negros» o «puntos conflictivos», dentro de cada demarcación hidrográfica.

Un hito significativo en la producción de estas cartografías viene marcado por la publicación en 1985 de la Ley de Aguas, puesto que el artículo correspondiente a la necesaria delimitación del dominio público hidráulico (desarrollado posteriormente por un reglamento específico y sus modificaciones), supuso un impulso a la elaboración de mapas de áreas inundables, ya que, además de cartografiar el propio DPH, se realizaba la delimitación de las zonas inundables (marcadas por la avenida de $T=500$ años) y el área anegada con la inundación de $T=100$. Todas estas iniciativas se canalizaron a través del

Programa LINDE que, utilizando en sus primeras fases metodologías hidrológico-hidráulicas y en menor medida criterios geomorfológicos e históricos, produjo sistemáticamente mapas de áreas inundables para varias decenas de miles de kilómetros en los ríos españoles. Pero además, la Ley de Aguas supuso que las confederaciones hidrográficas, para la gestión del dominio público hidráulico de sus demarcaciones, exigiera a cualquier proyecto de actividad en las zonas de servidumbre y policía, la elaboración de estudios técnicos de inundabilidad. Y ello conllevó la realización de decenas de miles de informes de tramos de ríos españoles, con sus correspondientes cartografías de zonas inundables por la máxima crecida ordinaria (DPH) y las avenidas con periodos de retorno de 50, 100 y 500 años. Entre los centenares de estudios llevados a cabo por las confederaciones en este periodo, destacar por su carácter pionero el correspondiente al Bajo Júcar, cuyo mapa de peligrosidad (no de riesgo) cruzaba parámetros de frecuencia de inundaciones con calados procedentes de modelos hidráulicos bidimensionales, para definir diferentes niveles de peligro (Jiménez *et al.*, 2006).

En paralelo, otras administraciones del Estado comienzan también su producción cartográfica de mapas de inundabilidad o de peligrosidad de inundaciones. Es el caso del Instituto Geológico y Minero de España (durante unos años denominado Instituto Tecnológico Geo-Minero de España), que entre los años 1984 y la actualidad, producirá más de un centenar de mapas de inundabilidad a muy diferentes escalas (de 1:1.000 a 1:4.000.000) y objetivos (ver recopilación en Díez-Herrero y Laín, 1998; Llorente *et al.*, 2006). Este mismo organismo puso en marcha en el año 2005 un ambicioso y novedoso plan de producción cartográfica sistemática de peligrosidad por diversos riesgos naturales (movimientos de ladera, sismicidad, tsunamis, inundaciones...): el plan PRIGEO (Llorente *et al.*, 2008). Tenía previsto producir en una década varios centenares de mapas de peligrosidad por inundaciones a escalas 1:50.000 (territorio peninsular) y 1:25.000 (islas, Ceuta y Melilla). Aunque fue paralizado por problemas presupuestarios unos años después de su arranque, nos han quedado unas interesantes guías metodológicas para la elaboración de cartografía de peligrosidad de inundaciones (Díez-Herrero, Garrote Revilla *et al.*, 2008; Díez Herrero, Laín Huerta y Llorente Isidro, 2008, 2009) y diferentes experiencias piloto en ámbitos locales (Villafranca del Bierzo, Panticosa, Albuñol...) y comarcales (Tajo-Tajuña), algunas de ellas publicadas (sobre Albuñol, Laín *et al.*, 2011) (vid. figura 3, a y b).

FIGURA 3
 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MAPAS DE INUNDACIONES REALIZADOS POR EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA DESDE 1983 A LA ACTUALIDAD: A) ESTUDIOS EXCLUSIVAMENTE SOBRE PELIGROSIDAD DE INUNDACIONES; B) ESTUDIOS SOBRE VARIOS PELIGROS NATURALES, INCLUYENDO INUNDACIONES



Modificado y completado de Díez-Herrero y Lain (1998) y Llorente *et al.* (2006).

El ámbito académico español tampoco fue ajeno a este inicio de la producción cartográfica de peligrosidad por inundaciones, y desde diferentes universidades, departamentos y cátedras se inició una interesante labor, no sólo de producción de mapas, sino también de propuestas de metodologías de estudio, diseño y contenidos de los mapas, y de su aplicación. A través de artículos en revistas, tesis doctorales, trabajos de investigación DEA, tesis de licenciatura, trabajos fin de carrera o master, manuales y memorias de proyectos, diversos equipos de geógrafos, geólogos, ambientólogos, ingenieros de caminos, obras públicas, hidrólogos, montes, agrónomos, forestales, agrícolas, topógrafos..., han publicado centenares de mapas de inundabilidad. Destacan por la abundancia y calidad de la producción cartográfica, las universidades o centros de investigación (y autores) de: Alcalá de Henares (Bosque, Bescós), Alicante (Olcina), Autónoma de Barcelona (Valls), Barcelona (Arbiol, Calvet, Marqués, Furdada, Mascareñas), Cantabria (Cendrero, Díaz de Terán), Complutense de Madrid (Martínez-Goytre, Garzón, Garrote, Uribebarrea), Coruña (Puertas, Cea), Girona (Ribas, Saurí), IPE-CSIC (García-Ruiz), Málaga (Senciales, Pérez, Perles), Murcia (Pérez-Morales), Oviedo-INDUROT (Marquínez, Fernández, Anadón, Lastra), Politécnica de Cataluña (Dolz, Martín Vide, Bladé, Sánchez-Juní), Politécnica de Madrid (Garrote), Politécnica de Valencia (Marco, Francés, Eguíbar), Sevilla (Guerrero, Baena), Valencia (Calvo, Segura, Camarasa), Zaragoza (Ollero, Domenech, Gutiérrez, Lucha)... Se puede consultar una recopilación parcial en Díez-Herrero y Pujaadas (2002).

Entre los organismos técnicos de la Administración del Estado que han desarrollado manuales y recomendaciones sobre las fuentes de datos y metodologías útiles para la cartografía de peligrosidad de inundaciones en España, destaca el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) del Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). A lo largo de las últimas décadas, han producido por encargo de otras administraciones públicas, desde mapas de precipitaciones máximas (DGC, 1999) hasta mapas de caudales máximos, de enorme utilidad en la producción cartográfica; sin olvidar algunas experiencias de mapas de inundabilidad, como el de la ribera del Júcar (Jiménez *et al.*, 2006).

Otras administraciones públicas estatales también han tomado iniciativas de producción cartográfica de peligrosidad de inundaciones. Es el caso de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias que, a través de la Dirección Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, ha fomentado y homologado a través de la Comisión Nacional de Protección Civil, la realización de diversos planes autonómicos y de ámbito

local. Todos ellos con sus correspondientes mapas de inundabilidad para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años. En este sentido, también suponen una aportación significativa los mapas derivados de los planes de emergencias de presas (Álvarez y Leo, 2006).

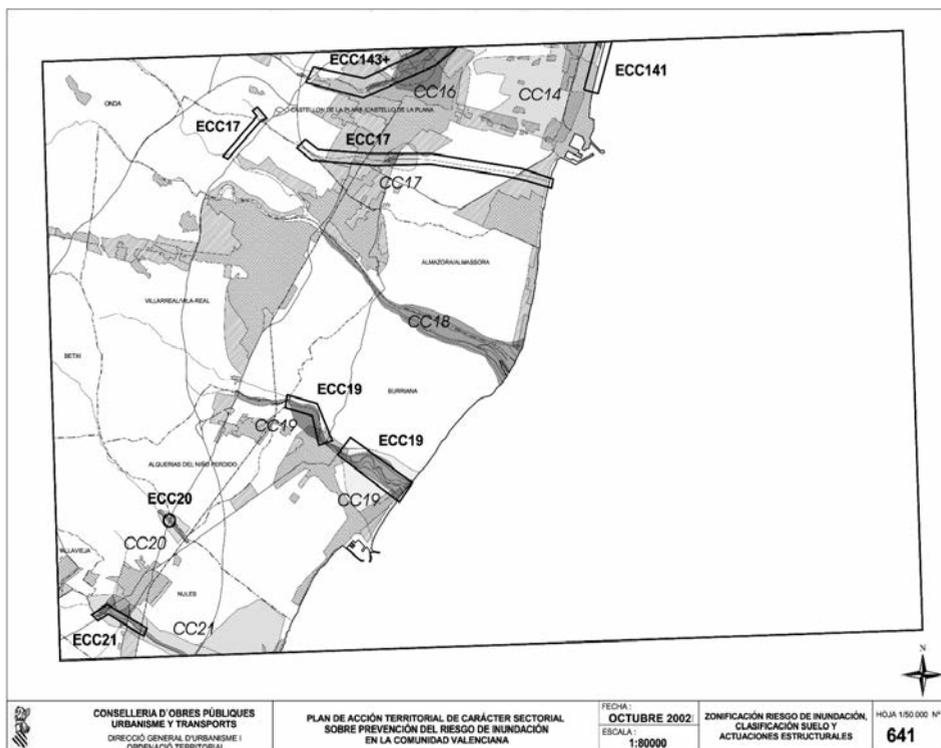
También es muy destacable la labor de las comunidades autónomas que, a través de la administración hidráulica, sus servicios cartográficos, consejerías de medio ambiente y ordenación territorial, o frecuentemente de las agencias autonómicas del agua, llevan décadas produciendo interesantes mapas de inundabilidad y peligrosidad por inundaciones. Destacan entre ellas las experiencias llevadas a cabo por diferentes consejerías de las comunidades autónomas y equipos: la Comunidad Valenciana a través del conocido PATRICOVA (DIHMA, 1996; GV, 2002), Cataluña (Pujadas, Godé, Montalbán, Oller, González-Díaz; Montalbán *et al.*, 2003; Borrás *et al.*, 2006), Andalucía (Rodríguez), País Vasco, Murcia (Mulas), etc.

4.2. Experiencias piloto en la elaboración de mapas de riesgo de inundación en sentido estricto en España

Como ya se ha indicado, son pocas las experiencias de verdadera cartografía de riesgo de inundación que se han llevado a cabo en España; o al menos que hayan sido publicadas y difundidas. Entre ellas, destacan, por su carácter pionero, los mapas que se elaboraron en la Comunidad Valenciana para el Plan de Ordenación Territorial frente al Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA; Generalitat Valenciana, 2002) y que han sido recientemente actualizados y revisados (aprobado definitivamente en 2015). En realidad, la cartografía del PATRICOVA del año 2002 era una cartografía de peligrosidad de inundaciones elaborada a partir de dos criterios: periodos de retorno (25, 100 y 500 años) y altura de la lámina de agua (inferior o superior a 0,8 m); este segundo criterio se establecía en relación con los daños económicos originados por una inundación que, según dicho Plan, se disparan exponencialmente cuando el agua rebasa la altura señalada (vid. figura 4).

FIGURA 4

FRAGMENTO DE LA CARTOGRAFÍA DE 'RIESGOS' DEL PATRICOVA, CORRESPONDIENTE A LA VERSIÓN DE 2002 (ESCALA 1:80.000), QUE REALMENTE ES UN MAPA DE PELIGROSIDAD POR CRUCE DE INUNDABILIDAD PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO Y RANGOS DE CALADOS

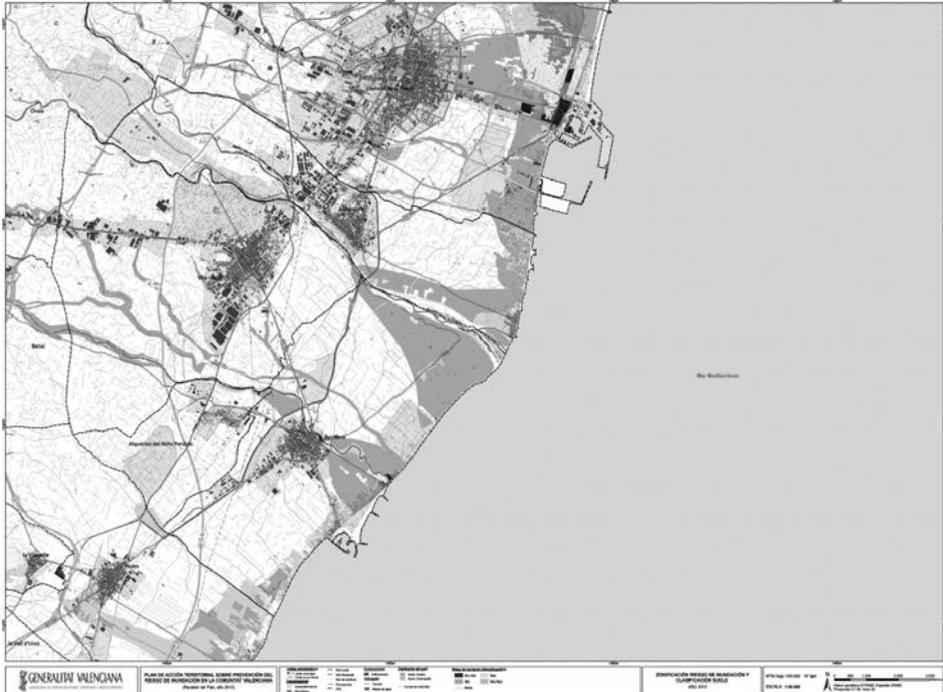


Fuente: PATRICOVA (versión 2002), Generalitat Valenciana.

La revisión del PATRICOVA aprobada en 2015 (DECRETO 201/2015, de 29 de octubre) ha incorporado criterios de vulnerabilidad social y económica a la hora de establecer los niveles de riesgo de inundación, además de mejorar la determinación de la peligrosidad con criterios geomorfológicos (vid. figura 5).

FIGURA 5

FRAGMENTO DE LA CARTOGRAFÍA DE RIESGOS DE INUNDACIÓN DEL PATRICOVA, CORRESPONDIENTE A LA VERSIÓN DE 2015 (ESCALA 1:80.000), DONDE SE HAN INCORPORADO CRITERIOS DE VULNERABILIDAD EN LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO



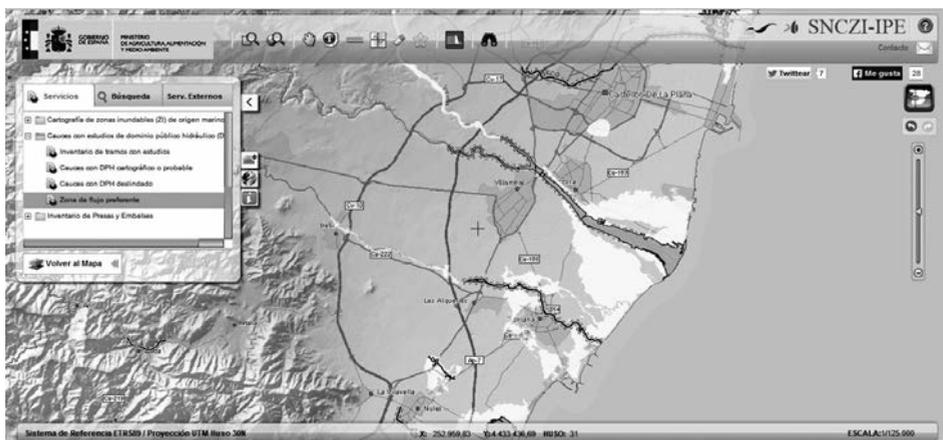
Fuente: PATRICOVA (versión 2015), Generalitat Valenciana.

Un hito en la necesidad de la producción de mapas de riesgo es la publicación en 2007 de la Directiva europea de evaluación y gestión del riesgo de inundaciones (Directiva 2007/60/CE), que obliga a los estados miembros a elaborar mapas de peligrosidad y riesgo de inundaciones. La transposición a la legislación española de esta directiva (R.D. 903/2010), así como el precedente del reglamento de modificación del real decreto del dominio público hidráulico (2007), en el que se crea el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) supusieron un impulso a la producción cartográfica de riesgo. Primero mediante la elaboración de mapas en zonas piloto en España: Nalón-Narcea, Carrión y Palancia; y las guías metodológicas para su

realización (Sánchez y Lastra, 2011). Y posteriormente en la producción de todos los mapas de riesgo tanto en la evaluación preliminar del riesgo (EPRI), como en el resto de los mapas de peligrosidad y riesgo de las diferentes demarcaciones hidrográficas. Tal y como marcaban los plazos de aplicación de la Directiva europea, en diciembre de 2013 se finalizaron la mayor parte de los mapas de peligrosidad y riesgo, aunque con diferencias en los métodos y escalas de representación entre las distintas demarcaciones hidrográficas; y en la actualidad se está avanzando en los planes de gestión del riesgo, en los cuales se incluyen también cartografías de mayor detalle. Todos estos productos cartográficos pueden consultarse en el visor-geoportal cartográfico que al efecto ha elaborado la Dirección General del Agua (MAGRAMA)⁸ (vid. figura 6).

FIGURA 6

ASPECTO DEL VISOR CARTOGRÁFICO DEL GEOPORTAL DEL SNCZI CON LOS MAPAS DE ZONAS INUNDABLES CON PROBABILIDAD BAJA O EXCEPCIONAL (T=500 AÑOS) Y LA ZONA DE FLUJO PREFERENTE Y DPH DESPLEGADAS



Fuente: DGA (MAGRAMA).

Aparte de estos dos estudios emblemáticos, el resto de las cartografías de riesgo en sentido estricto elaboradas en España se asocian a proyectos de investigación o proyectos técnicos realizados por universidades u organismos de la administración pública.

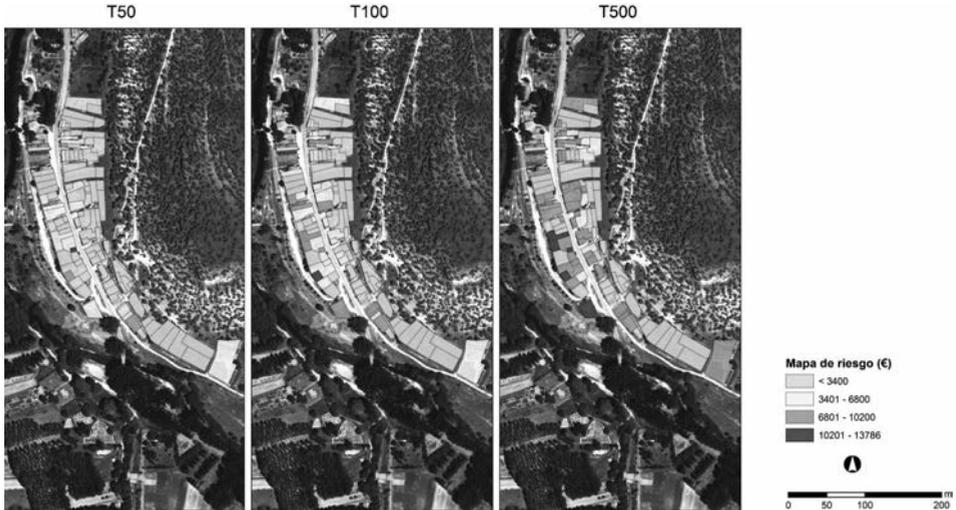
⁸ Vid. <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/>

Entre los mapas de riesgo social, esto es, con reflejo de la pérdida potencial o afección a personas y su integridad física, señalar las múltiples cartografías derivadas del Plan especial de protección civil ante el riesgo de inundaciones de Castilla-La Mancha (Díez-Herrero, Garrote Revilla *et al.*, 2008), en el que se analizaba el riesgo de inundación para los 1495 núcleos de población y 919 municipios de esta comunidad autónoma, reflejándolo en diversos mapas factoriales e integrados. También otros planes autonómicos de protección civil incluyen verdaderos mapas de riesgo, y no simples cruces de la inundabilidad y el número de habitantes; es el caso del INUNCAT de Cataluña, donde además se han hecho ensayos de mapas de evaluación de la afección de las inundaciones al patrimonio histórico-artístico.

Entre los mapas de riesgo económico, además de los mencionados derivados del PATRICOVA, destacar los incluidos en el estudio de la Rambla del Poyo (Francés *et al.*, 2001; Salazar, 2013), las dependencias del edificio Sabatini en Toledo (Mora y Díez, 2008), y los núcleos urbanos de Navaluenga (Ballesteros-Cánovas *et al.*, 2013), Arenas de San Pedro (Ruiz-Villanueva *et al.*, 2014) y Pajares de Pedraza (Alvarenga, 2013; Garrote *et al.*, 2014; Bernal López, 2016) (vid. figura 7). En los casos de Navaluenga (Ávila) y Pajares de Pedraza (Segovia), además de la cartografía detallada de riesgo evaluada en pérdidas económicas para diversos escenarios, se realiza un pormenorizado análisis costo-beneficio de las diferentes medidas de mitigación proyectadas. Todas estas cartografías pueden ser útiles no sólo *per se*, sino como herramientas dinámicas en la gestión del riesgo durante situaciones de emergencia, por ejemplo para el trazado automático de rutas de evacuación en planes de protección civil de ámbito local (Díez-Herrero y Pérez, 2003; Bodoque *et al.* 2016) o en los planes de emergencia de presas (Sánchez, 2012). Al respecto, es interesante el trabajo de Camarasa y Soriano (2008) sobre el riesgo en el área metropolitana de Valencia. En él, los mapas de riesgo se basan en mapas de peligro combinados con mapas de vulnerabilidad. Los mapas de vulnerabilidad y exposición se elaboran en función de los usos del suelo, tomando como referencia el valor económico del mismo y su grado de ocupación humana. Asimismo se contempla el aspecto temporal de la vulnerabilidad, y por tanto del riesgo, según se trate de horarios laborales o festivos. Se realiza, además, una primera aproximación a la diagnosis del riesgo en función de sus componentes de peligro y vulnerabilidad.

FIGURA 7

MAPAS DE RIESGO ECONÓMICO DE INUNDACIONES (INTERVALOS DE PÉRDIDAS PREVISTAS EN EUROS) PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO (50, 100 Y 500 AÑOS), PARA LOS DIFERENTES EDIFICIOS Y FINCAS URBANAS DE LA LOCALIDAD DE PAJARES DE PEDRAZA (ARAHUETES, SEGOVIA)



Tomado de Bernal López, 2016.

5. DISCUSIÓN: PROPUESTAS DE FUTURO

Los mapas de riesgo se han convertido en un instrumento de naturaleza jurídica con efecto en los procesos de planificación territorial. La Ley del Suelo de 2008 (modificada en 2015, R.D. Legislativo 7/2015, art. 22) y la normativa autonómica del suelo y ordenación territorial han incorporado, como exigencia legal, la inclusión de mapas de riesgos naturales como procedimiento para determinar el carácter urbanizable o no de un terreno. De ahí la necesidad ética de elaborar buena cartografía de riesgo en los informes y procedimientos que integran un proceso de ordenación territorial.

En las últimas dos décadas se han producido significativos avances e innovaciones en diversos aspectos útiles para el análisis y evaluación cuantitativa de la peligrosidad y riesgo por inundaciones: En primer lugar, en las «fuentes de datos», tanto meteorológicas (radar meteorológico, estaciones automáticas...), hidrológicas (sistemas automáticos de información hidrológica), históricas (bases de datos georreferenciadas de eventos pasados, archivos y

hemerotecas digitalizadas) paleohidrológicas (nuevos depósitos, evidencias botánicas...), como topográficas (GPS diferencial, laser escáner terrestre, LIDAR, batimetrías con sónar...); igualmente socioeconómicas (censo, padrón, IDEs...). Asimismo, ha mejorado los «métodos de análisis», tanto modelos numéricos hidrológicos (distribuidos espacialmente) como hidráulicos (2D y 3D), que incorporan aspectos del transporte de sedimentos, incluso el transporte de carga sólida en flotación; como avances metodológicos en la sedimentología de paleoinundaciones, la dendrogeomorfología, la liquenometría y las técnicas de datación de eventos pretéritos; sin olvidar las mejoras en las funciones magnitud-daño, cuantitativas y cualitativas. Por último, han avanzado enormemente las «herramientas de análisis y representación», tanto los propios equipos informáticos con soporte físico avanzado (estaciones de trabajo, múltiples núcleos, tarjetas gráficas...) como soporte lógico y aplicaciones informáticas (sistemas gestores de bases de datos, SIG...).

Sin embargo, estas innovaciones y mejoras no se han transferido y trasladado, al menos en igual medida, a las cartografías temáticas asociadas (mapas de inundabilidad, mapas de peligrosidad, mapas de exposición, mapas de vulnerabilidad, mapas de riesgo y de riesgo específico), que siguen empleando las mismas fuentes, métodos y herramientas que hace al menos medio siglo, y en algunos aspectos (como el uso exclusivo del parámetro del periodo de retorno), desde hace un siglo. Eso hace que estos mapas sigan siendo productos cartográficos estáticos, monolíticos, difíciles de actualizar y mejorar, en muchas ocasiones inútiles para su objetivo y el uso de los gestores del riesgo (planificación territorial y urbana, sistemas de seguros y reaseguros, protección civil, educación en el riesgo, análisis costo-beneficio de medidas estructurales, etc.). Los mapas se hacen igual desde hace décadas, independientemente de cuál es su destinatario final, el uso que se va a hacer, e incluso la escala de trabajo y de representación; lo que es a todas luces, científica y técnicamente inadmisibles en pleno siglo XXI.

Por otra parte, las incertidumbres (epistémicas y metodológicas), las precisiones y errores inherentes a las propias fuentes de datos, los métodos y las herramientas, no son casi nunca (salvo raras excepciones) tenidos en cuenta ni en el análisis, y mucho menos en la representación cartográfica del mismo. Ni tan siquiera aquéllas asociadas a los escenarios planteados por el IPCC para los impactos del cambio global (climático, usos del suelo, etc.) en la frecuencia y magnitud de las inundaciones, que tienen también influencia en la exposición y vulnerabilidad, y por lo tanto efectos significativos en el riesgo integrado.

Finalmente, los análisis y cartografías de peligrosidad y riesgo rara vez son calibrados y validados, pasando escasos o nulos controles de calidad. Algunos

aspectos del análisis de la peligrosidad suelen venir acompañados de test de bondad de ajuste, análisis de sensibilidad o incluso ejercicios de calibración y validación (sobre todo en los modelos numéricos); pero las cartografías resultantes no son evaluadas en su calidad, lo que impide que en un futuro puedan ser mejoradas y actualizadas con rigor. En el riesgo, al ser una situación potencial (no ser un suceso tangible y físicamente evaluable), estos mecanismos de control de calidad resultan aún más complejos, y las experiencias son casi inexistentes, salvo raras excepciones (Díez-Herrero *et al.*, 2012; Gutiérrez, 2014).

En este contexto, y a pesar de la necesidad de seguir avanzando en los métodos de confección de los mapas de riesgo, es cierto que la cartografía de riesgo está ejerciendo un papel determinante en los procesos de clasificación del suelo, bien como herramienta básica para la delineación precisa de los suelos no urbanizables con riesgo acreditado o bien como obstáculo, de base legal, en procesos de reclasificación de suelos que se pretenden urbanizar. En la C. Valenciana, entre 2003 y 2012 la superficie inundable informada por el procedimiento establecido en el Patricova en relación con planes generales, planes urbanísticos parciales y actuaciones puntuales ha sido 14.294 ha, equivalente al 12,1% de la superficie inundable total de esta región. Sólo en la provincia de Alicante, la de mayor desarrollo urbanístico registrado en las tres provincias de la C. Valenciana en el denominado «boom urbanístico», entre 2000 y 2007, 7.300 ha de suelo potencialmente ocupable en zona inundable, clasificado previamente como urbano, ha sido reclasificado a «no urbanizable» en cumplimiento de lo establecido en la normativa urbanística de este Plan, tras haberse evaluado los informes de inundabilidad elaborados y su cartografía de detalle correspondiente. Esto supone evitar el riesgo para un conjunto de población estimada en 25.000 hab. en ese suelo desclasificado, mayoritariamente en municipios litorales de finalidad turística.

Gran impacto social han tenido la paralización por parte del Tribunal Superior de Justicia de Cataluña del proyecto urbanístico de Muntanyans II, en el litoral del municipio de Torredembarra (Tarragona)⁹. En la sentencia judicial de paralización de construcción de 500 viviendas en la playa de Muntanyans resultó determinante la cartografía de riesgo de inundación de este área afectada por el trazado del tramo final de un barranco que desemboca en un espacio marjalenco junto a la costa.

⁹ Vid. diario *El País*, 30 de abril de 2014, “500 viviendas paralizadas en Torredembarra”.

Otro ejemplo de éxito en el empleo de la cartografía de inundaciones en procesos judiciales que han limitado el desarrollo urbanístico en zonas inundables, lo constituye la sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Castilla y León (Burgos), desestimando la decisión de la Audiencia Provincial de Segovia sobre el desarrollo de la finca de Lobones (Valverde del Majano, Segovia); gracias al uso de los mapas a escala 1:5000 de zonas inundables contenidos en las Directrices de Ordenación Territorial de Segovia y su Entorno (DOTSE), aprobadas por el Decreto 74/2005, de 20 de octubre (B.O.C. y L., N.º 207), que declaran todas las zonas inundables como suelo rústico con protección natural o especial.

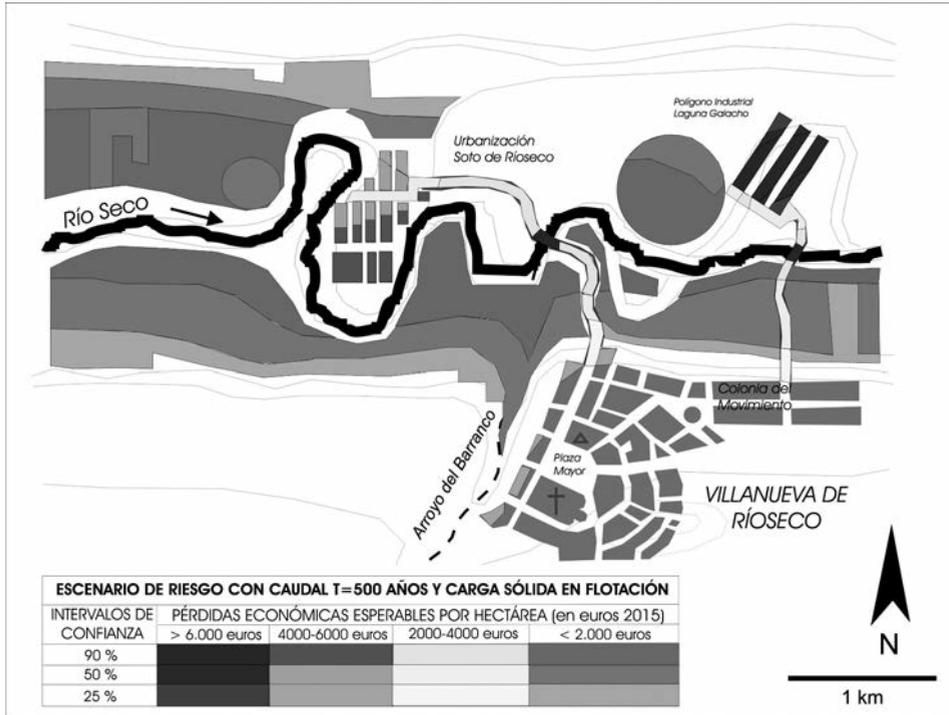
Se trata de algunos ejemplos que manifiestan la utilidad de la cartografía para la reducción del riesgo natural y que va a tener un protagonismo mayor en los próximos años, en virtud del R.D. 638/2016 en relación con la gestión del riesgo de inundación. Todo esto obliga a mejorar constantemente los procedimientos cartográficos de peligrosidad y vulnerabilidad (Olcina *et al.*, 2016).

En el futuro, la cartografía de inundaciones debería suplir este salto conceptual entre las mejoras en las fuentes de datos, métodos y herramientas, y su representación cartográfica, realizando propuestas y ensayos metodológicos para la incorporación de todo ello a los mapas finales; incluyendo las incertidumbres, errores y precisiones, e incluso las asociadas a los escenarios de cambio global; de forma que los productos cartográficos derivados no serán los clásicos mapas de peligrosidad y riesgo, sino dos tipos de cartografías (vid. figura 8):

- **Mapas probabilísticos**, entendiéndose por tales aquéllos cuyos límites y elementos están establecidos con unas probabilidades que llevarán asociadas unos intervalos de confianza y que serán auténticas series de límites con su propia distribución estadística de frecuencias sobre el mapa.
- **Mapas determinísticos**, entendiéndose por tales aquéllos cuyos límites se establecen en función de la estimación determinística del denominado evento máximo pretérito registrado (EMPR); este EMPR será la envolvente del máximo entre los eventos máximos pasados que se han podido detectar en el registro histórico-documental, geomorfológico (dinámica holocena) o paleohidrológico (sedimentológico, dendrogeomorfológico o liquenométrico), y la estimación de la avenida máxima probable (PMF) a partir de la precipitación máxima probable (PMP).

FIGURA 8

EJEMPLO IDEALIZADO DE UN MAPA DE RIESGO ECONÓMICO POR INUNDACIONES, PARA LA LOCALIDAD INEXISTENTE DE VILLANUEVA DE RIOSECO, REALIZADO CON CRITERIOS PROBABILÍSTICOS, CON LOS LÍMITES Y CLASES ASOCIADOS A INTERVALOS DE CONFIANZA, PARA UN ESCENARIO DE CAUDAL CORRESPONDIENTE A 500 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO Y CONSIDERANDO EL PAPEL DE LA CARGA SÓLIDA EN FLOTACIÓN



Tomado de Díez-Herrero y Pujadas (2002) o Díez-Herrero, Garrote Revilla *et al.* (2008). Ver los mapas topográfico, de peligrosidad y de riesgo simple por inundaciones, en estos dos trabajos.

Todos estos mapas deberían estar almacenados y ser gestionados mediante un sistema de información geográfica (SIG), que permita su relación y cruce para obtener diferentes productos cartográficos (mapas de peligrosidad, mapas de riesgo específico, mapas de riesgo real...), según cuál sea el objetivo del estudio (planificación, seguros, protección civil...), según sea la escala de trabajo, y según el tipo de riesgo o incertidumbre que quiera asumir o adoptar el gestor del riesgo (Ruiz *et al.*, 2008); que será diferente por ejemplo para hacer

un plan general de ordenación urbana (donde puede que interesen mapas probabilísticos asumiendo valores medios de la incertidumbre), que para la ubicación de una nueva central nuclear (donde puede que interesen mapas determinísticos para quedarse siempre por el lado de la seguridad absoluta).

Finalmente, los proyectos de producción cartográfica de inundaciones deberían plantear cómo se puede llevar a cabo el control de calidad y la calibración y validación de estos mapas, con protocolos distintos, utilizando métodos cuantitativos numéricos y métodos cualitativos. Para ello será fundamental que toda la producción cartográfica, de inicio a fin, se encuentre adaptada a las especificaciones de datos de la Directiva INSPIRE (EXCIMAP, 2007).

AGRADECIMIENTOS

Este artículo se enmarca en las tareas previstas en el proyecto de investigación del Plan Nacional de I+D+i titulado "Integración de metodologías avanzadas para la mejora de la resiliencia en zonas urbanas ante avenidas e inundaciones" (MARCoNI; CGL2013-42728-R), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Surge hace cinco años a partir de un trabajo previo exhaustivo del primer autor, al que se sumaron las aportaciones básicas del segundo autor. Se trata de una contribución madurada en el tiempo y fruto de una meditada labor de síntesis, selección de contenidos y reflexión sobre el futuro de la cartografía de inundaciones. El germen inicial de esta colaboración entre los autores se debe a la inconmensurable labor de Francisco Javier Ayala-Carcedo, amigo y maestro común que nos puso en contacto, nos transmitió sus ideas y nos ilumina aún con su ejemplo de honestidad científico-técnica. Este agradecimiento queremos hacerlo extensivo a Juan Vázquez, quien con su incansable búsqueda documental y generosidad en compartirla, nos impulsa a no dejar de actualizar y completar el fondo de cartografías históricas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberola, A. y Olcina, J. (eds.) (2009): *Desastre natural, vida cotidiana y religiosidad popular en la España moderna y contemporánea*, Alicante, Universidad de Alicante, 470 pp.
- Álvarez, A. y Leo, E. (2006): "Utilización de la cartografía de peligrosidad de inundaciones en los planes de Protección Civil", en A. Díez, L. Lain, y M. Llorente, (eds.), *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*,

- Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, pp. 203-218. Serie Medio Ambiente, Riesgos Geológicos, 7.
- Arranz Lozano, M. (2004): "Percepción de la población en la convivencia con los Riesgos Catastróficos", en *Seminario Euro Mediterráneo sobre Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Gestión de Desastres. Foro Euro Mediterráneo sobre Prevención de Catástrofes*, Madrid, 6 al 8 de octubre de 2003, Dirección General de Protección Civil (Ministerio del Interior), pp. 1-12.
- Arranz Lozano, M., (2008): "El riesgo de inundaciones y la vulnerabilidad en áreas urbanas. Análisis de casos en España", *Revista de Estudios Geográficos*, LXIX/265, pp. 385-416.
- Ayala-Carcedo, F. J. (coord.) (1986): *Mapa predictor de riesgos por inundaciones en núcleos urbanos de Andalucía y Extremadura*, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, 205 pp.
- Ayala-Carcedo, F. J. (2000): "La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30 (monográfico sobre "Riesgos Naturales"), pp. 37-49.
- Ayala-Carcedo, F. J. (2002): "El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones y la responsabilidad social de los expertos. Un análisis del caso español y sus alternativas", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 33, pp. 79-92.
- Ayala-Carcedo, F. J. y Olcina Cantos, J. (coords.) (2002): *Riesgos Naturales*, Barcelona, Editorial Ariel, 1512 pp. Col. Ciencia.
- Ballesteros-Cánovas, J. A., Sanchez-Silva, M., Bodoque, J. M. y Díez-Herrero, A. (2013): "An example of integrated approach to flood risk management: the case of Navalunga (Central Spain)", *Water Resources Management*, 27/8, pp. 3051-3069.
- Beck, U. (2002): *La sociedad del riego global*, Madrid, Edit. Siglo XXI, 290 pp.
- Bernal López, N. (2016): *Análisis coste-beneficio de la aplicación de medidas de mitigación del riesgo de inundaciones en Pajares de Pedraza (Segovia)*, trabajo Fin de Máster universitario en Geología Ambiental, Especialidad de Riesgos Geológicos, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 62 pp. + anexos (32 pp.).
- Bodoque, J. M., Amérigo, M., Díez-Herrero, A., García, J. A., Cortés, B., Ballesteros-Cánovas, J. A. y Olcina, J. (2016): "Improvement of resilience of urban areas by integrating social perception in flash-flood risk management", *Journal of Hydrology*, 541, pp. 665-676.
- Boix, V. (1865): *Memoria histórica de la inundación de la Ribera de Valencia en los días 4 y 5 de noviembre de 1864*, (ed. facsimil), Alzira, Imprenta Graficuatre, 1986, 264 pp.
- Borras, G., Godé, L. X., Gomà, J. L., Gracia, A. y Martínez, J. (2006): "Delimitación de zonas inundables en el ámbito autonómico: Cataluña", en A. Díez, L. Lain, y M. Llorente (eds.), *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Medio Ambiente, pp. 73-88. Riesgos Geológicos, 7.

- Bosch Julia, M. (1866): *Memoria sobre la inundación del Júcar en 1864*, Madrid, Imprenta Nacional, (ed. facsimil, Valencia, librería Paris-Valencia), 425 pp.
- Bosque Sendra, J. et al. (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, CD-ROM de actas.
- Calvo García-Tornel, F. (2001): *Sociedades y territorios en riesgo*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 86 pp.
- Calvo García-Tornel, F., Conesa García, C. y Álvarez Rogel, Y. (2001): "La inundación de octubre de 1879 en el Bajo Segura. Magnitud y efectos inducidos", *Revista de Estudios Geográficos*, LXII/242, pp. 7-27.
- Camarasa, A. M. y Soriano, J. (2008): "Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en ramblas mediterráneas: los llanos de Carraixet y Poyo", *Cuadernos de Geografía*, 83, pp 1-26.
- Clark, G. et al. (1998): "Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA., USA", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3/1, pp 59-82.
- Conesa García, C. (1996): "Áreas de aplicación medioambiental de los "SIG". Modelización y avances recientes", *Papeles de Geografía*, 23-24, pp. 101-115.
- DGC (1999): *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*, Madrid, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, 28 pp. + CD-ROM. Serie monografías.
- DHIMA (1996): *Delimitación de Riesgos de Inundabilidad a Escala Regional en la Comunitat Valenciana*, Informe para la Generalitat Valenciana, Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, UPV, 401 pp.
- Díez Herrero, A., Baillo Calvo, R., Garrote Revilla, J., Gutiérrez -Pérez, I., Laín Huerta, L., Mancebo Mancebo, M. J., Martín Duque, J. F. y Pérez Cerdán, F. L. (2012): "Propuesta para la calibración y validación de los análisis y cartografías de peligrosidad y riesgos naturales mediante el estudio de eventos recientes", en A. González Díez, (coord.), *Avances de la Geomorfología de España*, Actas de la XII Reunión Nacional de Geomorfología, Santander, PubliCan Ediciones, Universidad de Cantabria, pp. 155-158.
- Díez-Herrero, A., Garrote Revilla, J., Baillo Calvo, R., Laín Huerta, L., Mancebo Mancebo, M. J. y Pérez Cerdán, F. (2008): "Análisis del riesgo de inundación para planes autonómicos de protección civil: RICAM", en I. Galindo Jiménez, L. Laín Huerta y M. Llorente Isidro (eds.), *El estudio y la gestión de los riesgos geológicos*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, y Consorcio de Compensación de Seguros, pp. 53-70. Serie: Medio Ambiente, Riesgos Geológicos, 12/4.
- Díez-Herrero, A. y Laín, L. (1998): "Aportaciones de los estudios del ITGE a la prevención del riesgo de inundaciones en España", en: A. Gómez, y F. Salvador, (eds.), *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*, Barcelona, Universitat de Barcelona y S.E.G., pp. 603-612.

- Díez-Herrero, A., Laín, L. y Llorente, M. (2006): *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Medio Ambiente, 230 pp. Riesgos Geológicos, 7.
- Díez-Herrero, A., Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (2008): *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, 190 pp. Serie Riesgos Geológicos/Geotécnica, 1.
- Díez-Herrero, A., Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (2009): *A Handbook on Flood Hazard Mapping Methodologies*, Madrid, Publicacions of the Geological Survey of Spain (IGME), 190 pp. Series Geological Hazards /Geotechnics, 2.
- Díez-Herrero, A. y Pérez, J. A. (2003): “Los SIGs en el Plan de Protección Civil de Ámbito Local ante el riesgo de inundaciones de Navalunga (Ávila, España)”, *Seminario Euromediterráneo sobre Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Gestión de Desastres. Foro Euromediterráneo sobre Prevención de Catástrofes*, Madrid, 6 al 8 de octubre de 2003, Dirección Gral. de Protección Civil (Ministerio del Interior), 11 pp.
- Díez-Herrero, A. y Pujadas Ferrer, J. (2002): “Los mapas de riesgos de inundaciones”, en: F. J. Ayala-Carcedo y J. Olcina Cantos (coords.), *Riesgos naturales*, Barcelona, Ariel Ciencia, pp. 997-1012.
- Dirección General de Carreteras (1999): *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*, Madrid, Ministerio de Fomento, 55 pp. Serie Monografías.
- Estrela Monreal, T. (1999): “Modelo Gisplana: aplicación de un SIG al análisis de inundaciones en planas costeras”, en L. Laín Huerta, L. (ed.), *Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente*, Madrid, Instituto Geológico GeoMinero de España, Ministerio de Medio Ambiente, pp. 35-46.
- Excimap (2007): *Handbook on good Practices for flood mapping in Europe*, European Commission, 57 pp. http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/flood_atlas/pdf/handbook_goodpractice.pdf, (fecha de consulta: 3/08/2015).
- Francés, F., Marco, J. B. y Cayuela, A. (2001): “Regional flood-risk mapping and its use in land use planning: the Region of Valencia case study”, en M. Mariño y S. Simonovic, (eds.), *Integrated Water Resources Management*, Delhi, IAHS Publication, pp. 311-318.
- Freixes, A. (1998): “Cartografies hidrològiques i Sistemes d'Informació Geogràfica en la gestió dels recursos hídrics”, *Espais. Monogràfic*, 44, pp. 78-84.
- García Ruiz, J. M^a. (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 (proporcionada por el autor).
- Garrote, J., Díez-Herrero, A., Alvarenga, F. M., Reverte, C. y Rodríguez, C. (2014): “Estimación cuantitativa del riesgo por inundaciones fluviales en Pajares de Pedraza (Arahuetes, Segovia)”, en S. Schnabel y Á. Gómez Gutiérrez (eds.), *Avances de la Geomorfología en España 2012-2014*, Cáceres, XIII Reunión Nacional de Geomorfología, Universidad de Extremadura y Sociedad Española de Geomorfología, pp. 83-86.

- Generalitat Valenciana (2002): *Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA): Memoria*, Valencia, Generalitat Valenciana, 79 pp.
- González Tascon, I. (coord.) (1998): *Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la época de Felipe II*, Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 490 pp.
- Greiving, S., Fleischhauer, M. y Wanczura, S. (2007): “Planificación territorial para la gestión de riesgos en Europa”, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 45, pp. 49-78.
- Gutiérrez Pérez, I. (2014): *Control de la calidad en mapas de riesgo por inundaciones*, Jaén, trabajo fin de máster en Evaluación y Gestión de la Calidad de la Información Geográfica, Universidad de Jaén, 92 pp.
- GV (2002): *Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA): Memoria*, Valencia, Generalitat Valenciana, 79 pp.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014. Impacts, adaptation and vulnerability*. (Working Group II Report), United Nations Environment Programme, <http://ipcc-wg2.gov/AR5/> (Fecha de consulta: 07/07/2015).
- Jiménez, A., Estrela, T., Ferrer, J., García, C. y Villaverde, J. (2006): “Escalas de trabajo y elementos en la cartografía de inundación en la ribera del Júcar”, en A. Díez, L. Laín y M. Llorente, M. (eds.), *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, pp. 105-122.
- La Roca, N. y Carmona, P. (1983): “Fotointerpretación de la ribera del Xúquer después de la inundación de octubre de 1982”, *Cuadernos de Geografía*, 32-33, pp. 121-134.
- Laín Huerta, L. (dir.), Llorente Isidro, M., Díez Herrero, A., Rubio Navas, J., Maldonado Zamora, A., Galera Fernández, J. M., Arribas Pérez De Óbanos, J. (2011): *Mapas de peligrosidad geológica en el término municipal de Albuñol (Granada)*, Madrid, Informes Técnicos IGME, 3, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Edición en CD-ROM.
- Llorente Isidro, M., Díez Herrero, A., Laín Huerta, L. y Ballesteros Cánovas, J. A. (2008): “La peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones en PRIGEO”, en I. Galindo Jiménez, L. Laín Huerta y M. Llorente Isidro (eds.), *El estudio y la gestión de los riesgos geológicos*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, IGME y Consorcio de Compensación de Seguros, pp. 13-20.
- Llorente, M., Díez, A. y Laín, L. (2006): “La experiencia del IGME en cartografía de peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones: de Casiano de Prado a PRIGEO”, en A. Díez Herrero, L. Laín Huerta y M. Llorente Isidro (eds.), *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*, Madrid, IGME, pp. 41-63.
- Monmonier, M. (1997): *Cartographies of danger. Mapping Hazards in America*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 1-14, 105-126, 216-238 y 286-295.

- Montalbán, F., Manzano, A., Correa, L., Cabot, J. y Godé, L. X. (2003): *Recomanacions tècniques per al estudi d'inundabilitat d'àmbit local*, Barcelona, Agència Catalana de l'Aigua, 89 pp.
- Nuhfer, E. B. et al. (1997): "Inundaciones", en L. Suárez y M. Regueiro, (eds.), *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*, Madrid, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.
- Olcina Cantos, J. (2006): *¿Riesgos Naturales? I. Inundaciones y sequías*, Barcelona, Ed. DaVinci Continental, 219 pp.
- Olcina Cantos, J. (2007): *Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en España*, Murcia, Instituto Euromediterráneo del Agua, 381 pp.
- Olcina Cantos, J., Hernández Hernández, M., Rico Amorós, A. M. y Martínez Ibarra, E. (2010): "Increased risk of flooding on the coast of Alicante (Region of Valencia, Spain)", *Natural Hazards*, 10/11, pp. 2229-2234.
- Olcina, J., Sauri, D., Hernández, M. y Ribas, A. (2016): "Flood policy in Spain: a review for the period 1983-2013", *Disaster Prevention and Management: an International Journal*, 25/1, pp. 41-58.
- Ollero, A. y Urena, J. M. (2000): "Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales", Madrid, *Ciudad y territorio. Estudios territoriales*, 126, pp. 689-710
- ONU (2004): *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*, Nairobi, ISDR.
- Pérez Morales, A. (2012): "Estado actual de la cartografía de los riesgos de inundación y su aplicación en la ordenación del territorio. El caso de la Región de Murcia", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, pp. 57 -82
- Perles Roselló, M. J. y Mérida M. (2010): "Patrón territorial y conformación del riesgo en espacios periurbanos. El caso de la periferia este de la ciudad de Málaga", *Revista Scripta Nova*, XIV, <http://revistes.ub.edu/index.php/scriptanova> (fecha de consulta: 03/06/2015).
- Ribas, A. y Sauri, D. (2006): "De la geografía de los riesgos a las geografías de la vulnerabilidad", en J. Nogué y J. Romero (eds.), *Las otras Geografías*, Valencia, Ed. Tirant Lo Blanch. Col. Crónica, pp. 285-299.
- Ruiz, V., Díez, A., Laín, L. y Llorente, M. (2008): "Elaboración de Mapas de Peligrosidad de Inundaciones según su ámbito de aplicación y escala: propuesta metodológica", *Geo-Temas*, 10, pp. 1409-1412.
- Ruiz-Villanueva, V., Bodoque, J. M., Díez-Herrero, A. y Bladé-Castellet, E. (2014): "Large wood transport as significant influence on flood risk in a mountain village", *Natural Hazards*, 74, pp. 967-987.
- Salazar Galán, S. A. (2013): *Metodología para el análisis y la reducción del riesgo de inundaciones: aplicación en la rambla del Poyo (Valencia) usando medidas de "retención de agua en el territorio"*, tesis doctoral, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, 362 pp.
- Sánchez, F. J. y Lastra, J. (coords.) (2011): *Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 349 pp.

- Sánchez, H. (2012): *Proyecto de Mejora de la Implantación de un Plan de Emergencias de Presas*, disponible en <http://www.sanmolhec.com/proyecto1.html> (fecha de consulta: 02/02/2015).
- Sanchís Ibor, C., Ruiz Pérez, J. M., Palencia Jiménez, J. S. y Francés, F. (2016): “La cartografía regional de peligrosidad de inundación por criterios geomorfológicos en el Plan de Acción Territorial frente al Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA)”, en J. J. Durán, M. Montes, A. Robador y A. Salazar (eds.), *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro*, Madrid, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Geología y Geofísica, 5/51-59.
- Saurí, D. (2003): “Tendencias recientes en el análisis geográfico de los riesgos ambientales”, *Areas. Revista de Ciencias Sociales*, 23, pp. 8-30.
- Schmidt-Thomé, P. (ed.) (2006): *Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions*, Espoo, Geological Survey of Finland, 167 pp. Special Paper, 42
- Suarez, L. y Regueiro, M. (eds). (1997): *Guía Ciudadana de los Riesgos Geológicos*, Madrid, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 196 pp.

Fecha de recepción: 25 de febrero de 2015.

Fecha de aceptación: 12 de agosto de 2015.