

# MAPAS DE RIESGOS NATURALES EN LA ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA

Editado por:  
José Luis González García



Madrid

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización

© de esta edición: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

ISBN: 978-84-692-2395-6

Depósito Legal:

Producción Editorial: Fueyo Editores, S.L.

Diseño de Portada: Patricia Romero

Maquetación y Arte Final: César Martín Palma

Imprime: Apyce - Grafisur

## PRESENTACIÓN

La presente publicación ha sido elaborada por una serie de expertos que forman el grupo de trabajo del noveno Congreso Nacional del Medio Ambiente sobre mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial y urbanística. El grupo ha sido coordinado por el Colegio Oficial de Geólogos, al que debo agradecer su participación en el CONAMA y felicitarles por los resultados obtenidos en el grupo y por la edición de este libro.

En cada CONAMA, la importancia de los grupos de trabajos se fundamenta en la creación de un documento final que fomenta el intercambio de experiencias y conocimientos que, de alguna manera, han de calar en las instituciones públicas para la realización de acciones en pro del desarrollo sostenible.

El grupo de riesgos naturales, en su síntesis, subraya en este trabajo el hecho de que la vulnerabilidad ante los desastres es uno de los temas menos evaluados en el proceso de desarrollo urbano, reivindicando la necesidad de una mayor comunicación entre geólogos y geógrafos, urbanistas y planificadores locales.

Los mapas de riesgo, como expresión espacial de las amenazas a que está sometido el territorio, se configuran como una de las mejores soluciones para armonizar los conceptos de urbanismo y de sostenibilidad, facilitando así la proyección de las ciudades hacia zonas seguras.

Esperamos por lo tanto que este documento resulte de utilidad para mejorar la prevención de los riesgos naturales y facilite la labor de comunicación entre los diferentes profesionales que participan en el proceso de planificación.

En nombre de la Fundación CONAMA queremos agradecer a todos esos técnicos, procedentes de diversas instituciones, su esfuerzo, dedicación y profesionalidad, y que a través de distintas actividades confeccionan una red de expertos, que sin duda, es el mejor patrimonio de CONAMA.

*Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo*  
Presidente de la Fundación CONAMA  
Presidente del Colegio Oficial de Físicos

## PRÓLOGO

Las Cortes Generales aprobaron en el año 2007 la Ley de Suelo (hoy refundida en el texto aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio), en donde se establece que los desarrollos urbanísticos deben someterse a una evaluación ambiental previa y a un informe de sostenibilidad, en el que se deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de la ordenación.

Este mandato supone una novedad importante en el derecho español, ya que revaloriza la conexión entre la ordenación del medio físico y la prevención de riesgos, introduciendo en el proceso de planificación una herramienta objetiva, como es la cartografía de riesgos, que puede facilitar la toma de decisiones a los responsables públicos, en beneficio de la seguridad de los ciudadanos y de sus bienes.

Por ello, en el marco del Congreso Nacional de Medio Ambiente, se ha considerado conveniente establecer un grupo de trabajo, con el objetivo de analizar iniciativas actuales sobre cartografía de riesgos naturales y promover una reflexión multidisciplinar acerca de las perspectivas que ofrece esta modalidad de prevención de riesgos.

En este documento, el grupo de trabajo sobre mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial y urbanística del CONAMA 9, analiza en primer lugar los antecedentes técnicos y normativos de la cartografía de riesgos en España, valorando la importancia de la conexión entre urbanismo y sostenibilidad, y señalando las implicaciones que la falta de un equilibrio adecuado entre estos conceptos puede suponer para la seguridad de los ciudadanos.

Posteriormente, se examinan algunas iniciativas relevantes sobre cartografía de riesgos naturales en España:

- Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Riesgos Naturales, del Ministerio de Vivienda con la colaboración del Colegio Oficial de Geólogos.

- Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Experiencias desarrolladas en Cataluña sobre zonificación del riesgo y regulación urbanística de los usos de los espacios fluviales, de la Agencia Catalana del Agua.
- Iniciativas de investigación adoptadas en el seno de la Unión Europea sobre mapas de inundación por tsunamis, en las que participa el Instituto Geográfico Nacional.

Por último, se analizan las perspectivas de la cartografía de riesgos naturales desde dos ámbitos específicos. En primer lugar, desde el ámbito asegurador, valorando las repercusiones que este tipo de cartografía puede tener en el campo de la prevención. Y en segundo lugar, examinando las implicaciones que tienen las actividades antrópicas en la agravación del riesgo de inundación, analizándose las consecuencias para la cartografía de riesgos.

*Luis E. Suárez*  
Presidente del  
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

## PARTICIPANTES EN EL GRUPO DE TRABAJO

Rodolfo Segura Sanz  
Ministerio de Vivienda

Manuel Regueiro y González Barros  
Universidad Complutense de Madrid

Jesús Yagüe Córdova  
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Rosa Navarro Santa Mónica  
Junta de Extremadura

Lluís Gode Lanoo  
Agència Catalana de l'Aigua

José Antonio Álvarez Gómez  
Instituto Geográfico Nacional

Alfonso Nájera Ibáñez  
Consorcio de Compensación de Seguros

Pablo López Vilares  
Consorcio de Compensación de Seguros

José Antonio Ortega Becerril  
Universidad Complutense de Madrid

Andrés Díez Herrero  
Instituto Geológico y Minero de España

Fernando Prats  
Arquitectos Urbanistas e Ingenieros Asociados

Francisco Javier Sánchez  
Ministerio de Medio Ambiente

José Luis Barrera Morate  
Colegio Oficial de Geólogos

José María Sánchez Sánchez  
Escuela Militar de Estudios Jurídicos

Máximo Hernández Ruiz  
Asamblea de Madrid

María Jesús Sales Llavía  
Laboratorio Sanidad Ambiental S. Llavía

**Coordinador**

José Luis González García  
Colegio Oficial de Geólogos

## AGRADECIMIENTOS

Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid

Instituto Geológico y Minero de España





# ÍNDICE

- SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RIESGOS NATURALES  
EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO*     **13**  
José Luis González García
- URBANISMO, SOSTENIBILIDAD Y RIESGOS NATURALES*     **25**  
Rosa Navarro Santa Mónica
- GUÍA METODOLÓGICA DEL MINISTERIO DE VIVIENDA  
PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGOS  
NATURALES EN LA ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA*     **31**  
Manuel Regueiro y González Barros
- EL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS  
INUNDABLES DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO*     **35**  
Jesús Yagüe Córdova
- ZONIFICACIÓN DEL RIESGO Y REGULACIÓN URBANÍSTICA  
DE LOS USOS DE LOS ESPACIOS FLUVIALES.  
EXPERIENCIAS EN CATALUÑA*     **59**  
Lluís Godé Lanao
- INICIATIVAS DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE MAPAS  
DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR TSUNAMIS*     **71**  
José Antonio Álvarez Gómez
- CATÁSTROFES NATURALES, PREVENCIÓN Y  
SOLUCIONES ASEGURADORAS*     **79**  
Pablo López Vilares y Alfonso Nájera Ibáñez

*IMPLICACIONES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS  
EN EL RIESGO DE INUNDACIONES. CONSECUENCIAS  
PARA LA CARTOGRAFÍA DE RIESGOS* **85**

José Antonio Ortega Becerril

*CONCLUSIONES DEL GRUPO DE TRABAJO* **93**

*BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA* **99**

# SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RIESGOS NATURALES EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

*José Luis González García*  
Colegio Oficial de Geólogos

Las Naciones Unidas declararon 2008 como el Año Internacional del Planeta Tierra para sensibilizar a la sociedad acerca de la relación entre humanidad y planeta, y para impulsar el aprovechamiento óptimo del conocimiento científico por parte de los ciudadanos y de los responsables políticos.

Entre los objetivos de este evento se subrayó la necesidad de promover el desarrollo sostenible de los procesos y recursos de la Tierra, e impulsar la prevención, reducción y mitigación de los desastres naturales.

Desgraciadamente, 2008 no ha sido un buen año para la prevención de los desastres. Un total de 235.816 personas perdieron la vida, frente a un promedio de 66.812 de los últimos ocho años. Las causas principales fueron debidas a la alta mortalidad del ciclón Nargis en Birmania (138.366 muertos) y al terremoto de Sichuán (87.476 muertos).

A las pérdidas humanas hay que añadir los daños económicos, que se situaron en 181.000 millones de dólares, debido especialmente al impacto severo del terremoto en China (85.000 millones de dólares) y al huracán Ike en Estados Unidos (30.000 millones de dólares).

Coincidiendo con la celebración del Año Internacional del Planeta Tierra, se ha producido un hecho histórico en el planeta. Según el Informe Estado de la población mundial 2007, del Fondo de Población de Naciones Unidas, se prevé que a partir de 2008 más de 3.300 millones de personas habiten en ambientes urbanos (fig.1, pág. 44). En muchos casos, los desarrollos urbanísticos se concentran en zonas sensibles a los peligros naturales.

En España, aunque el impacto de estas situaciones no tiene efectos tan catastróficos como en otras partes del mundo, se vienen registrando en los últimos años intensidades pluviométricas extremas en algunos períodos, con inundaciones y crecidas repentinas (fig. 2, pág. 44), así como olas de calor y de frío, sequías graves y grandes temporales marítimos. Además, la creciente ocupación

del suelo para nuevos usos y la realización de grandes infraestructuras, hacen que cada vez exista más territorio y población expuesta. En consecuencia, la evaluación de pérdidas económicas para algunos de estos eventos, como inundaciones y terremotos, es significativa (tabla 1).

Tabla 1. Pérdidas estimadas por comunidades autónomas para terremotos e inundaciones (principal riesgo natural en España). Fuente: Consorcio de Compensación de Seguros.

Terremotos (1987-2001)		Inundaciones (1987-2001)	
Andalucía	68.408.586	C. Valenciana	3.353.227.646
Murcia	61.510.683	Andalucía	3.310.785.402
Galicia	35.772.962	Cataluña	1.325.720.511
C. Valenciana	11.301.715	País Vasco	1.100.086.293
Cataluña	9.059.768	Galicia	385.422.214
Castilla - La Mancha	8.124.573	Madrid	369.605.719
Castilla y León	2.498.926	Murcia	341.674.308
País Vasco	1.943.932	Castilla y León	333.573.020
Navarra	1.802.229	Baleares	311.290.712
Asturias	1.088.472	Extremadura	275.509.377
Canarias	1.081.575	Aragón	236.865.298
Madrid	595.617	Castilla - La Mancha	184.891.414
Baleares	237.380	Canarias	183.625.773
Aragón	43.970	Navarra	99.169.581
Cantabria	7.688	Cantabria	54.134.569
Extremadura	2.404	Asturias	39.400.584
La Rioja	-	La Rioja	11.055.190
Ceuta	-	Melilla	3.483.047
Melilla	-	Ceuta	1.514.690
<b>Total*</b>	<b>203.480.480</b>	<b>Total*</b>	<b>11.921.035.348</b>

\* Euros de 2002

\* Euros de 2002

Entre las actuaciones preventivas más importantes que pueden aplicarse para reducir los daños de los riesgos naturales, debemos destacar las relativas a la identificación y evaluación de los diferentes riesgos que pueden afectar a un territorio. Tales acciones se materializan en la elaboración, actualización periódica y difusión de una cartografía relativa al riesgo, que permita identificar las áreas geográficas susceptibles de sufrir daños.

La cartografía de riesgos supone la delimitación de determinadas zonas, en función de la frecuencia o intensidad de fenómenos naturales extremos, pudiendo integrarse los resultados en otro tipo de cartografía, en donde se expresa la mayor o menor vulnerabilidad de diferentes fragmentos del territorio. La información derivada de la cartografía de riesgos puede ser utilizada como un instrumento para determinados planeamientos: ordenación del territorio, planeamiento urbano, planificación de infraestructuras públicas, gestión de emergencias, etc.

La importancia de este tipo de cartografía, como técnica de prevención vinculada a la planificación territorial, viene siendo utilizada desde hace tiempo en algunos países de nuestro entorno. En el ordenamiento francés, por ejemplo, se ha desarrollado a partir de los años ochenta una cartografía de riesgos enmarcada en los denominados Planes de Exposición al Riesgo (*plans d'exposition aux risques*), que posteriormente ha sido reemplazada por la cartografía de los Planes de Prevención de Riesgos Previsibles (*plans de prévention des risques naturels previsibles*), establecidos en virtud de una ley sobre riesgos naturales<sup>1</sup>, en donde se delimitan tres zonas de uso del suelo: zona roja (prohibición para construir), zona azul (construcción con obligaciones o recomendaciones) y zona blanca (ningún tipo de riesgo previsible según los conocimientos actuales). En zonas urbanas, la escala de esta cartografía es de 1/5.000 (fig. 3, pág. 44).

También en España se ha ido desarrollando una abundante cartografía de riesgos naturales, especialmente a escala de reconocimiento o de semidetalle, pero de forma fragmentada y sin una cobertura legal apropiada que, a semejanza del sistema francés, estableciera criterios y obligaciones en la regulación del uso del suelo. La ausencia de una ley marco sobre riesgos naturales ha forzado a la necesidad de acudir a veces a la normativa sectorial (especialmente normativa de aguas y de protección civil) y autonómica (normas de régimen de suelo y ordenación del territorio), para justificar la elaboración de los mapas de riesgos naturales.

En 1996 se produjo un hecho catastrófico de gran impacto en la sociedad española: una avenida súbita en el barranco de Arás (Huesca), devastó el camping de Biescas, ocasionando la muerte de 87 personas (fig. 4, pág. 44). Después de un intenso debate sobre si el citado evento podría o no calificarse de imprevisible y excepcional, quedó claro que la previsibilidad de este tipo de catástrofes puede detectarse con estudios que tengan en cuenta los antecedentes existentes y la vulnerabilidad de actividades humanas en zonas identificadas como peligrosas. Como ha señalado Olcina (2006), la catástrofe de Biescas marcó un antes y un después en el tratamiento de los riesgos naturales en España. Hubo una reacción contundente de denuncia por parte de muchos colectivos y de la propia comunidad científica, y se consiguieron varios logros que han avalado la importancia de los mapas de riesgos naturales en la prevención de situaciones catastróficas.

El primer logro se ha producido en la esfera política e institucional. Se inicia con la creación de la Comisión Especial sobre la Prevención y Asistencia en Situaciones de Catástrofe, del Senado. La Comisión elaboró en 1998 un informe<sup>2</sup> en el que, entre otros resultados, concluyó que deberían establecerse diferentes cartografías temáticas de riesgo (inundaciones, riesgo sísmico y riesgo volcánico), para fundamentar los planes de ordenación del territorio y de los usos del suelo.

Concretamente, en el ámbito de las inundaciones, el informe de la Comisión del Senado señalaba que esta cartografía debería ser el instrumento capital que orientara e informara todas las

---

<sup>1</sup> Ley 95-101 de 2 de febrero de 1995 relativa a la mejora de la protección del medio ambiente. (ley BARNIER). Disponible en: <http://admi.net/jo/index.phtml>

<sup>2</sup> Boletín Oficial de las Cortes Generales de 9 de diciembre de 1998, n° 596.

políticas, estrategias y medidas que debieran acometerse para prevenir las inundaciones y reducir sus consecuencias; y que los Parlamentos autonómicos, una vez disponible esta cartografía temática de riesgos, deberían adoptar las iniciativas legislativas necesarias para que la planificación territorial y urbana contemplara necesariamente las restricciones imprescindibles a los usos del suelo en función del nivel potencial de riesgo de inundaciones y para que, asimismo, tales restricciones y sus motivos fueran de general conocimiento y cumplimiento.

Aunque la cartografía temática de riesgos, a la que se refiere la Comisión del Senado en sus conclusiones, nunca llegó a emprenderse, al menos en los términos descritos en el informe, debe señalarse que en el campo de la protección civil se han ido promulgando una serie de directrices básicas de planificación para determinados riesgos naturales (sísmico, volcánico e inundaciones), que han sido desarrolladas por muchas comunidades autónomas. Estas directrices incluyen la necesidad de llevar a cabo una zonificación territorial de la peligrosidad y un análisis de riesgos. Es interesante destacar el hecho de que estas previsiones también se vinculan con la ordenación territorial y urbana, estableciendo que los análisis de riesgos y la zonificación territorial que queden especificados en los planes elaborados, serán tenidos en cuenta por los órganos competentes en el proceso de planificación del territorio y de los usos del suelo.

En el ámbito de las inundaciones, se han elaborado planes especiales de protección civil en el País Vasco, Comunidad Valenciana, Navarra, Cataluña, Galicia, Andalucía, Baleares, Aragón, Murcia y Extremadura. En cuanto al riesgo sísmico, los planes elaborados cubren Cataluña, Baleares, Murcia, Galicia, Andalucía y el País Vasco. En materia de riesgo volcánico, se ha aprobado por el gobierno canario el plan especial ante riesgo volcánico, que entrará en vigor una vez homologado.

El segundo logro para la reducción de riesgos naturales está relacionado con el ámbito judicial. Concretamente, se deriva de la sentencia dictada por la Audiencia Nacional en diciembre de 2005, por la que se declara la responsabilidad patrimonial del Estado y de la Diputación General de Aragón en la riada que el 7 de agosto de 1996 arrasó el camping de Biescas. La sentencia rechazó los argumentos esgrimidos por las Administraciones públicas que alegaban imprevisibilidad e inevitabilidad, y trataban de escudarse en un supuesto de "fuerza mayor". Sin embargo, la Audiencia Nacional reprochó a las Administraciones que no estudiaran ni valorarán el entorno natural en el que se construyó el camping ni previeran los fenómenos naturales que podían repercutir en la integridad de las personas y en sus bienes, estableciendo que la previsibilidad se podía detectar con estudios que tuvieran en cuenta, tanto los antecedentes de hechos similares, como los elementos externos que se apreciaban en la tipología y en el espacio de ese lugar escogido, poniéndolas en relación con la vulnerabilidad que caracteriza a esa actividad humana.

Si bien ha sido tras la aprobación de la Ley 8/2007, de Suelo, de 28 de mayo, cuya entrada en vigor se produjo el día 1 de julio de 2007, cuando más se ha hablado de los aspectos preventivos y de la obligatoriedad de ciertos instrumentos enfocados a esa labor de prevención de los riesgos naturales, lo cierto es que ya la citada sentencia, se refería a la no solicitud de determina-

dos estudios técnicos por parte de «quienes estaban obligados a ello», y que hubieran permitido concluir que determinada ubicación era «un sitio de riesgo».

El tercer logro sobre el reforzamiento de la relación entre los mapas de riesgos naturales y la ordenación territorial y urbana, se ha producido en el campo legislativo. Se inicia con la modificación de la legislación de Suelo en 1998. En dicho año se aprobó una Ley de Régimen de Suelo y Valoraciones, que incluyó como suelo no urbanizable, incompatible con su transformación en suelo urbano, los suelos sometidos a un régimen especial de protección, de acuerdo con los planes de ordenación territorial o legislación sectorial, en razón de los riesgos naturales acreditados en el planeamiento sectorial, o en función a su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.

La inclusión del concepto de prevención de riesgos naturales en la planificación del territorio, fue recogida en diversas normas de las Comunidades Autónomas (tabla 2), que son las que ostentan la mayor parte de la responsabilidad en materia de normativa urbanística y de ordenación territorial. Se debe señalar que, a partir de estas normas, muchas Comunidades Autónomas han desarrollado cartografías temáticas, especialmente en el ámbito de riesgo de inundaciones

Destacan, por ejemplo, los trabajos desarrollados por la Agència Catalana de l'Aigua, destinados a definir las líneas de inundación correspondientes a 500, 100 y 50 años de período de retorno en los ríos más importantes de las cuencas internas de Cataluña y las cuencas catalanas del Ebro, así como las áreas potencialmente inundables desde un punto de vista geomorfológico de prácticamente todo el territorio de las cuencas internas de Cataluña y las cuencas catalanas del Ebro. En estos estudios se incluyen, además, los puntos críticos en los que la experiencia histórica de gestión de los espacios fluviales indica que hay problemas recurrentes. Asimismo, se llevan a cabo trabajos denominados de Planificación de Espacios Fluviales de mucho más detalle y precisión y de carácter integral, que tratan aspectos hidrológicos, hidráulicos, morfodinámicos y ambientales, y donde se delimitan las zonas inundables de la máxima crecida ordinaria, 10, 50, 100 y 500 años.

Otra interesante aportación a los estudios de cartografía de riesgos han sido elaborados por la Comunidad Valenciana, a través del denominado Plan de Acción Territorial para la prevención del riesgo de inundaciones (PATRICOVA), cuya metodología consiste en delimitar la peligrosidad y obtener el impacto actual y futuro producido por las inundaciones, desarrollando un programa de actuaciones para reducir el riesgo a niveles aceptables. Los mapas de riesgo elaborados contemplan seis niveles por la combinación de dos variables: la frecuencia de la inundación y el calado o altura alcanzada por las aguas (fig. 5, pág. 44). Cruzando el riesgo con los usos actuales se obtiene el impacto actual de las inundaciones y haciendo lo propio con los usos planificados se calcula el impacto futuro.

Tabla 2. Algunas referencias a los riesgos naturales en la legislación autonómica sobre ordenación territorial y urbanística.

<b>Los riesgos naturales en la legislación autonómica</b>	
Decreto Legislativo 1/2004 de Asturias	Constituirán suelo o urbanizable los terrenos que estén o deban estar sometidos a algún régimen especial de protección, fijado en planes o normas sectoriales, o en el planeamiento sectorial, que sea incompatible con su transformación urbanística. Esta protección podrá derivarse, entre otras posibilidades, de los valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales de los citados terrenos, de los riesgos naturales que en ellos concurren, de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.
Ley 7/2002, de 17 diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía	Las determinaciones de los Planes de Ordenación del Territorio, los Planes Generales de Ordenación Urbanística deben optar por el modelo y soluciones de ordenación que mejor aseguren, entre otras cosas, la preservación del proceso de urbanización para el desarrollo urbano de los terrenos en los que se hagan presentes riesgos naturales.
Decreto Legislativo 1/2000 de Canarias	Integrarán el suelo rústico los terrenos que el planeamiento adscriba a esta clase de suelo, mediante su clasificación por: ... resultar inadecuado, conforme a los criterios establecidos por las correspondientes Normas Técnicas de Planeamiento Urbanístico, para servir de soporte a aprovechamientos urbanos, por los costes desproporcionados que requeriría su transformación o por los riesgos ciertos de erosión, desprendimientos, corrimientos o fenómenos análogos que comporten sus características geotécnicas o morfológicas.
Ley 2/2001 de Cantabria	Tendrán la condición de suelo rústico de especial protección los terrenos en los que concurra algunas de las circunstancias siguientes: ... que estén sometidos a un régimen especial de protección incompatible con su transformación urbana, conforme a los planes y normas de ordenación territorial o a la legislación sectorial pertinente en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales, culturales, agrícolas, de riesgos naturales acreditados, o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.
Ley 5/1999, Urbanística de Aragón	Tendrán la consideración de suelo no urbanizable los terrenos del suelo no urbanizable a los que el Plan General reconozca tal carácter y en todo caso los enumerados en la letra a) del artículo anterior y los terrenos que, en razón de sus características, puedan presentar graves y justificados problemas de índole geotécnica, geomorfológica, morfológica o hidrológica o cualquier otro riesgo natural que desaconseje su destino a un aprovechamiento urbanístico por los riesgos para la seguridad de las personas o bienes.



<p>Ley 4/2004 de la Comunidad Valenciana, Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje</p> <p>Ley 16/2005, de 30 de diciembre, de la Generalitat, Urbanística Valenciana</p>	<p>El planeamiento urbanístico deberá orientar los futuros desarrollos urbanísticos hacia las zonas no inundables o, en el supuesto de que toda la superficie del municipio así lo fuera, hacia las áreas de menor riesgo, siempre que permita el asentamiento. Cualquier decisión de planeamiento que se aparte de este criterio deberá justificar su idoneidad en un estudio de inundabilidad más específico, realizado con motivo de la actuación que se pretende.</p> <p>La Estrategia Territorial de la Comunidad Valenciana incorporará líneas de acción, iniciativas y orientaciones definidas de forma coherente para el desarrollo territorial de ámbito comunitario incluyendo, al menos, los criterios, directrices y acciones de carácter territorial a considerar en la prevención de los riesgos naturales.</p> <p>Las directrices definitorias de la estrategia de evolución urbana y ocupación del territorio fijarán criterios y objetivos que tengan por finalidad la consecución de la sostenibilidad del municipio y, en concreto y como mínimo, respecto de la prevención de riesgos naturales o inducidos, para lo cual se establecerán criterios de compatibilidad del territorio para el desarrollo urbano con los riesgos naturales o inducidos constatables en el término municipal.</p> <p>Documento de justificación de la integración territorial. Su documentación, entre otras, será la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio del impacto medioambiental de la nueva urbanización respecto a los suelos protegidos, a la aptitud del terreno y sus riesgos naturales.</li> </ul>
<p>Ley 2/2002, de Urbanismo de Cataluña</p>	<p>Las Administraciones con competencias en materia urbanística han de velar para que las determinaciones y la ejecución del planeamiento urbanístico permitan alcanzar, e beneficio de la seguridad y el bienestar de las personas, unos adecuados niveles de calidad de vida, de sostenibilidad ambiental y de preservación ate los riesgos naturales y tecnológicos. Se prohíbe urbanizar y edificar en zonas inundables y en zonas de riesgo para la seguridad y el bienestar de las personas, exceptuando las obras vinculadas a la protección prevención de riesgos.</p>

## Ley 8/2007 y Real Decreto Legislativo 2/2008 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo

Pero el hito fundamental en la incorporación de los mapas de riesgos naturales e la ordenación territorial y urbanística es, sin duda, la aprobación por el Parlamento español de la Ley 8/2007, de Suelo, que considera al suelo como recurso natural escaso y no renovable y apuesta por un desarrollo territorial y urbano más sostenible.

Entre otras previsiones, la ley de Suelo estatal establece que todo suelo se encuentra en una de las situaciones básicas de suelo rural o de suelo urbanizado. Se proclama que, en todo caso, estará en la situación de suelo rural el suelo preservado por la ordenación territorial y urbanística de su transformación mediante la urbanización, que deberá incluir, como mínimo, los terrenos excluidos de dicha transformación por la legislación de protección o policía del dominio público, de la naturaleza o del patrimonio cultural, los que deban quedar sujetos a tal protección conforme a la ordenación territorial y urbanística por los valores en ellos concurrentes, incluso los ecológicos, agrícolas, ganaderos, forestales y paisajísticos, así como aquéllos con riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística.

Más adelante, la ley prevé que en el suelo que sea rural o esté vacante de edificación, el deber de conservarlo supone mantener los terrenos y su masa vegetal en condiciones de evitar riesgos de erosión, incendio, inundación, para la seguridad o salud públicas, daño o perjuicio a terceros o al interés general; incluido el ambiental; prevenir la contaminación del suelo, el agua o el aire y las inmisiones contaminantes indebidas en otros bienes.

En materia de cartografía de riesgos la ley de Suelo establece que los desarrollos urbanísticos deben someterse a una evaluación ambiental previa y a un informe de sostenibilidad en el que deberá incluirse un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de la ordenación.

Tabla 3. Referencias a la cartografía de riesgos naturales en la legislación de Suelo.

Texto Refundido de la Ley de Suelo	
Artículo 15 Evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano	1. Los instrumentos de ordenación territorial y urbanística están sometidos a evaluación ambiental de conformidad con lo previsto en la legislación de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente y en este artículo, sin perjuicio de la evaluación de impacto ambiental de los proyectos que se requieran para su ejecución, en su caso.
	2. El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.

La obligatoriedad de incluir estos mapas en los instrumentos de ordenación de las actuaciones de urbanización, es una novedad importante en nuestro ordenamiento, ya que profundiza en el nexo de unión previsto en normas anteriores, entre la prevención de riesgos naturales y la planificación urbanística. Para ello adopta el mecanismo de elaboración de una cartográfica de riesgos que permita conseguir una visión espacial de las zonas más vulnerables y aquellas más seguras del territorio a ordenar.

Cabe señalar en este punto el amplio consenso que existió acerca del contenido del artículo 15.2 de la ley de Suelo, pues durante el proceso de tramitación parlamentaria no fue puesto en entredicho por ninguno de los grupos parlamentarios. Tan sólo se planteó por el Grupo Parlamentario de Esquerra Republicana la supresión del apartado segundo del artículo 15 por entender que el Estado no tiene competencias para regular dicha materia<sup>3</sup>.

Todas estas previsiones se mantienen en el Texto Refundido de la Ley de Suelo, aprobado por el Gobierno el 20 de junio de 2008, que recoge las aportaciones de las Comunidades Autónomas, la Federación Española de Municipios y Provincias y de los agentes del sector inmobiliario, convirtiéndose esta ley en un código unificado para actuar como herramienta a fin de conseguir un ordenamiento del territorio sostenible.

Así, el artículo 15.2 del Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo (TRLRHL), dispone:

*«El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.»*

Uno de los principios a los que deben atender las Administraciones Públicas a la hora de ordenar los usos del suelo es el de la prevención de riesgos naturales y de accidentes graves [artículo 10.1.c)].

Y, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 12.2.a) del citado Real Decreto Legislativo, los terrenos con riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, se encuentran en la situación legal de suelo rural, esto es, suelo preservado por la ordenación territorial y urbanística de su transformación mediante la urbanización.

Aprobada la ley de Suelo, el Ministerio de la Vivienda emprendió (en colaboración con el Colegio Oficial de Geólogos) la redacción de una guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgos naturales, que actualmente está pendiente de publicación.

Por otra parte, determinadas administraciones vienen desarrollando diversas cartografías de peligrosidad y de riesgos naturales (fig. 6, pág. 45) y, en algunos casos, han promovido iniciativas sobre zonificación del riesgo y regulación urbanística de los usos del suelo.

---

<sup>3</sup> Boletín Oficial de las Cortes Generales. Congreso de los Diputados, serie A, número 96-9, de 1-dic-2006, página 75.

Se destacan en este sentido los trabajos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en materia de riesgos geológicos, que abarcan actividades en diversos procesos, como los movimientos del terreno, inundaciones, sismicidad, volcanismo, erosión y otros. Los resultados se han plasmado en una abundante y exhaustiva cartografía de riesgos geológicos (tabla 4), incluida la cartografía multirisgo o integrada, que constituye un elemento fundamental para que las autoridades y planificadores puedan fundamentar sus decisiones en los campos de la planificación territorial o de la protección civil.

Entre los trabajos de cartografía elaborados por el IGME (figs. 7 y 8, pág. 45) se encuentran multitud de mapas de peligrosidad natural y de riesgo en ciudades y demarcaciones municipales, así como estudios de riesgos y peligros naturales a nivel de comunidad autónoma. Se destacan los trabajos de cartografía de peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones, que pueden agruparse en tres tipos de estudios (Llorente et al., 2006), no solo por su escala de trabajo o ámbito espacial, sino también por tener diferentes métodos y técnicas de estudio:

- Mapas previsores de riesgos de inundación en núcleos urbanos.
- Establecimiento de criterios geológicos para la previsión de inundaciones en ámbitos comarcales, provinciales o autonómicos.
- Manuales e inventarios de carácter general (a nivel nacional).

Tabla 4. Algunas de las cartografías temáticas de peligrosidad y riesgos geológicos desarrolladas por el IGME.

Cartografía		Escala/s	
Mapas previsores de riesgos de inundación en núcleos urbanos, y mapas de informes de riesgos puntuales (diversas localidades; ver figuras 7 y 8)		1:1.000 a 1:5.000	
Mapas urbanos de microzonación sísmica	Murcia	1:5.000	
	Lorca	1:5.000	
Mapa geotécnico y de riesgos geológicos/peligrosidad natural (para la ordenación urbana) de ciudades	Alcoy Sagunto	1:25.000	
	Almería Gijón	1:25.000/1:5.000	
	Granada Cádiz	1:25.000/1:5.000	
	Sevilla Valladolid	1:25.000/1:5.000	
	Huelva Vigo	1:25.000/1:5.000	
	Málaga Zaragoza	1:25.000/1:5.000	
	Palma e Inca Cartagena	1:15.000	
	Pamplona Ponferrada	1:25.000/1:4.000	
	Murcia León	1:25.000/1:5.000	
	Ciudad de Alcoy	1:5.000/1:2.500	
Mapas de peligros geológicos de términos municipales	Panticosa	1:25.000	
	Albuñol	1:25.000	
	Villafranca del Bierzo	1:25.000	
	Movimientos de ladera. Jaca	1:25.000	
	Inundaciones. Plana de Levante	1:100.000	
Mapas de peligros geológicos de comarcas, regiones o islas	Inundaciones. Valle del Nervión	1:200.000/1:5.000	
	Pirineo Central de Huesca	1:25.000	
	Inundaciones. Cuenca alta Francofi	1:1.000/1:5.000	
	Tajo-Tajuña (Comunidad de Madrid)	1:50.000	
	Peligrosidad volcánica. Isla Tenerife	1:25.000	
	Comarcas-Zonas de Murcia	1:50.000	
	Parque Nacional de Sierra Nevada	1:100.000	
	Parque Natural Posets-Maladeta	1:25.000	
	Plan PRIGEO (Plan de cartografía de peligrosidad geológica): volcanismo, sismicidad y tsunamis, avenidas e inundaciones, movimientos del terreno, y dinámica litoral; por hojas del MTN50 y MTN25 y núcleos urbanos		1:50.000
			1:25.000
		1:10.000	
Mapas provinciales de peligros geológicos	Riesgos Naturales. Granada	1:200.000	
	Sismotectónico. Granada	1:100.000	
	Ávila	1:450.000	
	Alicante	1:200.000	
Mapas/Atlas (inventario) autonómicos de peligros y riesgos geológicos	Inundaciones. Álava Vizcaya Treviño	1:100.000	
	Inundaciones. Castilla-La Mancha	1:200.000	
	Riesgos Naturales. Castilla y León	1:400.000	
	Riesgos Naturales. Murcia	1:500.000	
Mapas nacionales/estatales de España de peligrosidad y riesgos geológicos	Riesgos por expansividad de arcillas	1:1.000.000	
	Karst en España	1:1.000.000	
	Movimientos de ladera	1:1.000.000	
	Pérdidas económicas 1987-2002		
	Previsión pérdidas 2004-2033	1:4.000.000	

Además, es importante señalar la entrada en vigor de la Directiva Europea de Evaluación y Gestión de Inundaciones, que obliga a los veintisiete estados miembros a elaborar mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación, así como a la preparación de planes de gestión para proteger a la población.

Europa ha tenido que hacer frente a un total de 47 sucesos catastróficos (fig. 9, pág. 46) por inundación entre 1950 y 2005. Algunas de estas situaciones han tenido graves consecuencias, como la inundación en los Países Bajos en 1953, en la que murieron más de 1.800 personas, o las inundaciones provocadas por el desbordamiento de los ríos Danubio y Elba, en el verano de 2002, en la que murieron 700 personas y se produjeron daños por valor de 25.000 millones de euros.

Para adecuarse a la Directiva de Evaluación y Gestión de Inundaciones, en España se ha impulsado la puesta en marcha de un Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, con el objetivo de disminuir los daños ante las inundaciones y preservar el estado ecológico óptimo del espacio fluvial.

También se debe subrayar el Real Decreto 1545/2007, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional, que da categoría de cartografía temática oficial a la denominada "cartografía de riesgos y emergencias", definida como aquella que tiene por objeto identificar las áreas geográficas susceptibles de sufrir daños catastróficos en caso de que se materialicen riesgos naturales, tecnológicos o de otra naturaleza sobre las personas o sus bienes.

Por último, es relevante destacar que la legislación autonómica más novedosa en el campo de la protección civil (Ley 1/2007) de Cantabria ya ha introducido una estrecha vinculación entre el mapa de riesgos de protección civil y el planteamiento territorial y urbanístico.

# URBANISMO, SOSTENIBILIDAD Y RIESGOS NATURALES

*Rosa Navarro Santa Mónica*  
FONAMA S.A.U. - Junta de Extremadura

Aunque el concepto de urbanismo es anterior a las técnicas puramente ambientales, los modelos actuales de uso del suelo nos conducen necesariamente a conectar el urbanismo con el concepto de desarrollo sostenible.

El urbanismo está intentando incorporar nuevos valores sociales, algunos de origen reciente, como el derecho a la información o la cohesión social, y otros más lejanos, como la protección del patrimonio cultural o del medio ambiente. No es fácil traducir esas intenciones cuando en la práctica aún se identifica el crecimiento económico con el desarrollo urbanístico. Sin embargo, una definición del urbanismo ha de reflejar el objetivo de mejorar la calidad de vida y la cohesión social de la población, de forma compatible con la protección del medio ambiente y del patrimonio cultural.

La historia del urbanismo contemporáneo se forjó en la segunda mitad del siglo XIX, en un contexto socio-económico de industrialización y urbanización, en torno a dos grandes tipos de operaciones urbanísticas: el ensanche y la reforma interior, la creación de nueva ciudad y el saneamiento y la reforma de la existente. Dicha historia cristalizó a mediados del siglo XX con la primera ley completa en la materia, de la que sigue siendo tributaria nuestra tradición posterior.

En efecto, las grandes instituciones urbanísticas actuales conservan una fuerte inercia respecto de las concebidas entonces: la clasificación del suelo como técnica por excelencia de la que se valen tanto la ordenación como la ejecución urbanísticas, donde la clase de urbanizable es la verdadera protagonista y la del suelo rústico o no urbanizable no merece apenas atención por jugar un papel exclusivamente negativo o residual.

En la actualidad, se ha producido una evolución capital sobre la que debe fundamentarse el urbanismo. En primer lugar, la Constitución de 1978 establece un nuevo marco de referencia en la materia, al ocuparse de la regulación de los usos del suelo en su artículo 47, a propósito de la efectividad del derecho a la vivienda y dentro del bloque normativo ambiental formado por sus artículos 45 a 47, de donde cabe inferir que las diversas competencias concurrentes en la materia

deben contribuir de manera leal a la política de utilización racional de los recursos naturales y culturales, en particular el territorio, el suelo y el patrimonio urbano y arquitectónico, que son el soporte de la calidad de vida.

Pero además, del nuevo orden competencial instaurado por el bloque de la constitucionalidad, según ha sido interpretado por la doctrina del Tribunal Constitucional, resulta que a las Comunidades Autónomas les corresponde diseñar y desarrollar sus propias políticas en materia urbanística. Al Estado le corresponde a su vez ejercer ciertas competencias que inciden sobre la materia, pero debiendo evitar condicionarla en lo posible.

La ordenación territorial y la urbanística son funciones públicas no susceptibles de transacción que organizan y definen el uso del territorio y del suelo de acuerdo con el interés general, determinando las facultades y deberes del derecho de propiedad del suelo conforme al destino de éste. Entre otras necesidades, la legislación sobre la ordenación territorial y urbanística debe garantizar:

La dirección y control por las Administraciones Públicas competentes del proceso urbanístico en sus fases de ocupación, urbanización, construcción o edificación y utilización del suelo por cualesquiera sujetos, públicos o privados.

El derecho a la información de los ciudadanos y de las entidades representativas de los intereses afectados por los procesos urbanísticos, así como la participación ciudadana en la ordenación y gestión urbanísticas.

El planeamiento urbanístico regula la dirección de crecimiento del territorio y su ordenación interna, restringiendo los usos del suelo mediante su clasificación, actuando en un marco jurídico y administrativo. Los instrumentos de ordenación urbanística y territorial tienen unas implicaciones ambientales y territoriales, por lo tanto, las políticas urbanas y territoriales se tienen que asentar sobre un modelo territorial sostenible.

El enfoque integrador es consustancial a la propia idea de sostenibilidad urbana, esta sólo puede plantearse desde una perspectiva global. Los planteamientos desde una sola disciplina o desde un único campo de conocimiento son los que definen las intervenciones demasiado sectoriales, que están en el origen de la insostenibilidad.

El reto se sitúa en analizar en profundidad y en relación con cada territorio concreto el modo en que puedan utilizarse instrumentos de intervención física como la planificación territorial y el planeamiento urbanístico.

La inclusión de la información ambiental en el proceso de planificación es esencial para ordenar el territorio ambientalmente. Esta información no podemos entenderla únicamente como un inventario ambiental sino como una parte dinámica del funcionamiento del sistema urbano.

Al dotar a los planes de ordenación territorial y urbanística del instrumento de evaluación ambiental estratégica, se asientan las políticas urbanas sobre las bases de un desarrollo urbano sos-



tenible, integrando criterios de sostenibilidad desde las primeras fases de la toma de decisiones, y ordenándose las posibles actuaciones urbanísticas a desarrollar. Esta evaluación es una exigencia europea (Directiva 42/2001), transpuesta al derecho español mediante la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, que establece la obligatoriedad de someter a evaluación medio ambiental los planes y programas, que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente. La implantación de este procedimiento en los instrumentos de planeamiento, favorece la incorporación de criterios ambientales en las políticas territoriales y urbanísticas, reinterpretando el urbanismo no sólo como un instrumento urbanizador sino de protección medio ambiental.

En el procedimiento administrativo aplicable a la elaboración y aprobación del planeamiento territorial y urbanístico sometido a evaluación ambiental estratégica (Ley 9/2006), entre otras actuaciones, se elaborará un informe de sostenibilidad ambiental, que es el documento integrado en los planes objeto de evaluación ambiental constituyendo un documento indispensable para la aprobación de los instrumentos de planeamiento, en el que se reflejarán todos los aspectos medioambientales tenidos en cuenta durante la elaboración de los mismos, así como la identificación de los efectos significativos en el medio ambiente que pueden derivarse de su aplicación. En todo caso se busca estudiar y analizar toda la información necesaria y con el adecuado nivel de detalle para permitir una óptima toma de decisiones con principios de sostenibilidad territorial.

Esquemáticamente, la estructura del informe de sostenibilidad ambiental es la siguiente (contenido mínimo del informe de sostenibilidad ambiental):

- Análisis del plan, esbozo del contenido del plan y su relación con otros planes y programas conexos.
- Identificación, determinación de los elementos ambientales y territoriales significativos afectados por el plan, así como su posible evolución en ausencia del plan.
- Análisis de los objetivos de protección ambiental fijados en los ámbitos internacional, comunitario o nacional que guarden relación con el plan o programa, y la manera en que se han tenido en cuenta durante su elaboración.
- Análisis y evaluación de las alternativas.
- Identificación y evaluación de los probables efectos significativos en el medio ambiente.
- Medidas correctoras.
- Sistema de seguimiento.
- Informe de viabilidad económica de las alternativas y de las medidas correctoras.
- Resumen no técnico.

En el informe de sostenibilidad ambiental se deben considerar todos aquellos vectores o ámbitos ambientales sobre los que el planeamiento puede incidir, y también la incidencia ambiental

global del modelo territorial. Los requerimientos ambientales que deberá atender la redacción del plan se deben concretar en unos objetivos específicos referidos en los aspectos señalados.

La ley de Suelo ha recogido la prevención de riesgos como uno de los criterios para clasificar terrenos como suelo rural (no urbanizable). Establece que los terrenos con riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística, quedarán preservados de su transformación mediante la urbanización.

Hasta aquí, la regulación se mantiene en similitud con el ordenamiento anterior. Sin embargo, la nueva ley de Suelo incorpora como novedad, en el artículo 15, la obligación de incluir un mapa de riesgos naturales en el informe de sostenibilidad de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización. De esta forma, se añade un instrumento para poder acreditar las situaciones de riesgo, apoyar las decisiones de ordenación del territorio, mitigar el riesgo primando la sostenibilidad del territorio y tener una visión integral en los estudios de riesgo.

La ley de Suelo, también propone articular esta evaluación de forma eficaz, evitando duplicaciones de trámites y dilaciones no deseadas, para lo cual se integran en su procedimiento, todos los informes relevantes que ya son preceptivos según nuestra legislación en vigor, informes que serán determinantes para el contenido de la memoria ambiental.

El contenido y la amplitud del mapa deberán ser acordes a la dinámica natural de los procesos involucrados y al grado de incidencia sobre la población y sus bienes. La clasificación del suelo (suelo rústico con protección especial) y las determinaciones de uso y edificación deberán ser coherentes con las conclusiones de los estudios citados.

Por lo tanto, contemplar los riesgos naturales en la planificación urbanística y territorial supone un paso adelante en la zonificación del territorio, delimitando los usos del suelo, impregnando de forma transversal a una parte muy importante de las políticas públicas con claras implicaciones en la gestión de los riesgos naturales como es la ordenación del territorio o la planificación física del mismo.

Los propietarios de terrenos deben respetar las limitaciones impuestas en áreas amenazadas por riesgos naturales acreditados en la correspondiente cartografía de riesgos. Las áreas amenazadas por riesgos naturales y las limitaciones impuestas en las mismas serán las establecidas por las Administraciones públicas competentes para la prevención de cada riesgo, a las que también corresponderá evaluar en cada caso el cumplimiento del deber de prevención de riesgos. En dichas áreas no debe permitirse ninguna construcción, instalación o uso de suelo incompatible con tales riesgos.

Cuando no exista un pronunciamiento expreso de la Administración competente en relación con un determinado riesgo, la delimitación del área amenazada será establecida por el Ayuntamiento o la Administración de la Comunidad Autónoma, en forma de determinaciones justificadas incluidas en los instrumentos de ordenación territorial y urbanística.

En los últimos años, desde distintos ámbitos de las administraciones públicas, se está planteando la necesidad de reconducir las políticas urbanísticas con la finalidad de conseguir un nuevo enfoque de gestión del territorio. En esta nueva cultura del territorio se manifiestan los principales problemas vinculados a la planificación territorial y urbanística, poniéndose un énfasis especial en las consecuencias ambientales y paisajísticas, a estas hay que añadirles las de naturaleza de riesgos naturales, como queda de manifiesto en el artículo 15 de la nueva ley de Suelo.

Con la inclusión de un mapa de riesgos naturales en el informe de sostenibilidad ambiental se plantea la incorporación de la prevención de los riesgos naturales en los instrumentos de ordenación territorial y urbanística, de esta manera la evaluación ambiental de los instrumentos de planeamiento no queda limitada solamente a integrar los aspectos ambientales en su elaboración y aprobación, sino que también se tendrán que tener en cuenta los riesgos naturales, quedando plasmado cartográficamente en un mapa, siendo la base para la ordenación del planeamiento referente a la prevención de riesgos naturales.

Para entender mejor la importancia del análisis de riesgos para la planificación territorial y urbanística se pone de ejemplo el Plan Especial de Protección Civil de Riesgos de Inundaciones para la Comunidad Autónoma de Extremadura (INUNCAEX).

Este Plan Especial de Protección Civil tiene como finalidad constituirse en un instrumento eficaz para hacer frente a los accidentes que puedan producirse como consecuencia del Riesgo de Inundaciones en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Del análisis del riesgo por inundación se llega al siguiente mapa en la Comunidad Autónoma de Extremadura (fig. 10, pág. 46).

Con este mapa se pone de manifiesto la importancia de la cartografía de riesgos en la planificación del territorio, y la inclusión de un mapa de riesgos naturales en el informe de sostenibilidad ambiental.



# GUÍA METODOLÓGICA DEL MINISTERIO DE VIVIENDA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGOS NATURALES EN LA ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA

*Manuel Regueiro y González Barros*  
Universidad Complutense de Madrid

La nueva ley de Suelo, aprobada el pasado 28 de mayo de 2007, plantea por primera vez en la historia de nuestro país, la exigencia de realizar estudios de riesgos naturales previos a la planificación del territorio y es, sin duda, un primer paso para mitigar o incluso evitar que estas incidencias naturales causen problemas económicos y sociales tan gravosos para la sociedad, como los indicados anteriormente.

La inclusión de esos estudios de riesgos en los planes de urbanismo, implica el conocimiento de la técnica de ejecución de los correspondientes mapas. Precisamente por ese motivo, el Ministerio de la Vivienda, a través de su Secretaría General de Vivienda, ha impulsado la elaboración de una Guía Metodológica para la elaboración de Cartografía de Riesgos Naturales realizada en colaboración con el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, para poner a disposición de todos los ciudadanos las técnicas más novedosas de elaboración de mapas de riesgos. De este modo, una vez conocidas las zonas vulnerables a un tipo de riesgo, los responsables de la planificación territorial a todos los niveles, pueden diseñar, con conocimiento de causa, una distribución más racional y segura para los ciudadanos de los usos del suelo.

La Guía se centra fundamentalmente en encuadrar la cartografía de riesgos dentro del marco legislativo nacional de la planificación territorial.

Actualmente coexisten en la planificación territorial local multitud de planes urbanísticos, creados bajo distinto marco legal. El contenido general de la guía se centra en un amplio repaso a todos los instrumentos normativos existentes y se aportan ideas para la adecuación de los mismos a la actual ley de Suelo, con especial énfasis en la incorporación de los nuevos mapas de riesgos a la planificación urbana.

La determinación de zonas de riesgo para planificar la localización de usos del territorio constituye un instrumento que sirve, sobre todo, para evitar los daños que la dinámica del medio pueda causar a las actividades humanas, planificadas en la ordenación del territorio.

La evaluación del territorio para el establecimiento de índices de capacidad y el impacto para diferentes actividades se lleva a cabo por medio de procedimientos muy diversos, pero que en esencia se adaptan a dos aproximaciones metodológicas bien definidas: la delimitación de unidades cartográficas homogéneas y la representación desglosada en mapas temáticos para cada uno de los elementos constituyentes considerados (mapas de suelos, litológicos, geomorfológicos, pendientes, vegetación, etc.).

En esta guía se describe la metodología de elaboración de ciertos mapas de riesgos mediante la delimitación de unidades cartográficas homogéneas, que representan de manera integrada el conjunto de las características de la superficie terrestre (rocas constituyentes, rasgos morfológicos, procesos activos, suelos, vegetación, fauna, clima, etc.). Estas unidades son posteriormente evaluadas ante su capacidad de impacto ante los posibles usos, con ellos se puede obtener un producto final que son los mapas de capacidad, impacto, o actitud (combinación de capacidad e impacto), los cuales incluyen el resultado de la evaluación y, por tanto, dependen no sólo de la realidad objetiva del territorio, sino también de los criterios de evaluación utilizados.

Aunque tal y como se ve en la guía son muchos los tipos de riesgos naturales, esta guía de referencia cubre las técnicas y métodos cartográficos sólo de aquellos riesgos que se han considerado de mayor relevancia a escala nacional (inundaciones, movimientos de ladera, arcillas expansivas, subsidencia inducida y contaminación de suelos) y los que representan ejemplos más didácticos para el lector, aunque es de sobra conocido que son muchos los tipos de riesgos naturales que amenazan a nuestro país. Por ese motivo también se abordan las directrices de planeamiento frente a otros riesgos como el radón, los terremotos o los volcanes.

La guía, en su primera parte, describe y clasifica los tipos de peligros naturales que existen en la Naturaleza y afectan o pueden afectar al hombre, explicando sus técnicas de estudio y mitigación. Incluye además un amplio resumen sobre los tipos de mapas de riesgos que existen ilustrando tal descripción con ejemplos gráficos representativos.

La segunda parte se centra en encuadrar la cartografía de riesgos naturales, dentro del marco legislativo nacional de la planificación territorial. Para ello se pasa revista, en primer lugar, al marco normativo, para después abordar los diferentes instrumentos del planeamiento vigentes actualmente en nuestro país.

Se describe también los procedimientos de evaluación ambiental estratégica y su incardinación en los planes y programas de planificación del territorio, con especial énfasis en el informe de sostenibilidad ambiental, que es donde los mapas de peligros encuentran su espacio en la nueva legislación de Suelo.

Se ha pretendido en esta obra que sea de fácil lectura, obviando, en la medida de lo posible, una redacción muy técnica. No obstante, se ha incluido un glosario de términos para que el lector pueda rápidamente comprender aquellos términos más específicos que se emplean en la guía.

Adicionalmente se incluye una lista seleccionada de referencias bibliográficas tanto generales como referidas a la elaboración de mapas o a los diferentes tipos de riesgos que aquí se describen.

La guía se completa con un amplio número de anexos técnicos y legislativos de gran utilidad para cualquier tipo de lector.





# EL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

*Jesús Yagüe Córdova*

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

La entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua y de su transposición al derecho español a través del Texto Refundido de la Ley de Aguas y de la nueva Directiva europea de evaluación y gestión del riego de inundación introducen nuevos criterios a tener en cuenta para la protección del dominio público hidráulico y para la gestión del riesgo de inundaciones para la protección de personas y bienes.

La aplicación de estos criterios obligó a modificar algunos aspectos del Reglamento del dominio público hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, tales como la definición de cauce, la regulación de las zonas de servidumbre y policía que lo protegen y la regulación de las zonas inundables.

El objetivo básico de estas modificaciones es introducir criterios para la protección ambiental, garantizando, asimismo, la protección de las personas y bienes.

A estos efectos, las herramientas que suministraba el antiguo Reglamento del dominio público hidráulico se demostraron poco ágiles e insuficientes frente a la fuerte presión, especialmente por razones urbanísticas, que sufren las zonas inundables y las zonas de protección de los cauces e, incluso, los propios cauces.

Esta insuficiencia está dificultando una respuesta frente a la progresiva invasión de estas zonas por diversos usos, invasión que obvia los riesgos ciertos de que se produzcan avenidas que periódicamente generan desbordamientos de los cauces con inundaciones de las que se derivan importantes daños para bienes y personas.

Las modificaciones que se introdujeron en el Reglamento del dominio público hidráulico se espera que proporcionen herramientas de gestión más ágiles para responder a la presión de usos de las zonas citadas, facilitando al mismo tiempo la protección ambiental y la protección de bienes y personas frente a los riesgos de las inundaciones por avenida. Entre estas nuevas herramientas

cabe resaltar la configuración del Sistema Nacional de Cartografía de las Zonas inundables por parte del Ministerio de Medio Ambiente y sus Organismos de cuenca, en colaboración con las Comunidades Autónomas y, en su caso, con las Administraciones Locales afectadas.

## **Antecedentes: la Directiva europea de evaluación y gestión de inundaciones**

La Directiva europea de evaluación y gestión de inundaciones, que entró en vigor el 26 de noviembre de 2007, y cuya transposición al derecho español deberá realizarse antes del 26 de noviembre de 2009, establece principalmente tres actuaciones: evaluación preliminar del riesgo de inundación, elaboración de mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundación, y la puesta en marcha de planes de gestión del riesgo de inundación.

La Directiva indica que para disponer de una herramienta de información eficaz y de una base adecuada para el establecimiento de prioridades y la toma de decisiones adicionales relativas a la gestión del riesgo de inundación, es necesario estipular la elaboración de mapas de peligrosidad por inundaciones y de mapas de riesgo de inundación que muestren las consecuencias adversas potenciales asociadas con diversos escenarios de inundación. Para evitar y reducir los impactos adversos de las inundaciones en la zona afectada conviene estipular el establecimiento de planes de gestión del riesgo de inundación. Por lo tanto, la Directiva establece tres actuaciones principales:

### **1. Evaluación preliminar del riesgo de inundación**

Antes del 22 de diciembre de 2011, los Estados miembros deberán contar con una evaluación del riesgo potencial de inundación, elaborada a partir de los registros históricos y los estudios a largo plazo, en especial sobre el posible impacto del cambio climático en la frecuencia de las inundaciones.

La evaluación preliminar contendrá mapas de las Demarcaciones Hidrográficas y las zonas costeras. Dichos mapas recogerán la topografía y los usos del suelo, junto con una relación de las inundaciones ocurridas anteriormente que hayan tenido un impacto negativo y que se estime que puedan volver a tener lugar.

Otro de los aspectos que contemplará dicha evaluación es el de las posibles consecuencias negativas que puedan tener futuras inundaciones en la población, el medio ambiente, el patrimonio cultural y el económico. Para ello, será necesario tener en cuenta factores naturales como la topografía y la localización de los cursos de agua, con sus características hidrológicas y geomorfológicas.

El estudio también tendrá en cuenta la función de las llanuras aluviales como zonas naturales de retención, la eficacia de las infraestructuras artificiales de protección existentes contra las inundaciones, la localización de las zonas pobladas, de las zonas de actividad económica y el panorama de la evolución a largo plazo, incluyendo las repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones.

## **2. Mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundación**

Los tramos de río cuya evaluación preliminar identifique como expuestos al riesgo de inundaciones quedarán recogidos en los mapas de peligrosidad por inundaciones. Dichos mapas indicarán el tipo de riesgo que existe en dicho tramo, pudiendo ser:

- Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos.
- Probabilidad media de inundación (periodo de retorno  $\geq 100$  años).
- Alta probabilidad de inundación, cuando proceda.

Los mapas de riesgo de inundación contemplarán las consecuencias adversas potenciales en casos de inundación, según estos escenarios. Los parámetros de riesgo serán:

- Número indicativo de habitantes que pueden verse afectados.
- Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada.
- Industrias o actividades susceptibles de producir contaminación que pueden verse afectadas.

Los mapas de peligrosidad por inundaciones y los mapas de riesgo deberán estar finalizados antes del 22 de diciembre de 2013.

## **3. Planes de gestión del riesgo de inundación**

Sobre la base de los mapas anteriores, se establecerán planes de gestión del riesgo de inundación centrando la atención en la reducción de las consecuencias adversas. En los casos en que sea necesario, también se centrarán en iniciativas no estructurales o en la reducción de la probabilidad de las inundaciones. Se analizarán costes y beneficios, la extensión de las inundaciones y las vías de evacuación, los objetivos medioambientales establecidos en la Directiva Marco del Agua, la ordenación del territorio o el uso del suelo.

## **La reforma del reglamento del dominio público hidráulico**

Con la base de la Directiva Marco del Agua y la Directiva de inundaciones, se procedió a modificar algunos aspectos del Reglamento del Dominio Público Hidráulico tales como la definición de cauce, la regulación de las zonas que lo protegen, zona de servidumbre y zona de policía, y la regulación de las zonas inundables. En todos estos elementos deben introducirse, además de otros específicos, criterios generales para su protección ambiental.

La definición de cauce natural establecida en el vigente Reglamento basada en el concepto de la máxima crecida ordinaria se ha mostrado claramente insuficiente en numerosas situaciones por lo que resulta imprescindible que los cauces naturales se definan no solo a partir de criterios hidrológicos sino atendiendo también a otras características como las geomorfológicas, las ecológicas y con referencias históricas disponibles.

La protección del dominio público hidráulico, a través de las zonas de servidumbre y de policía, debe prevenir su deterioro y el de los ecosistemas acuáticos y proteger el régimen de las corrientes en avenidas. En consecuencia, la zona de servidumbre adquiere nuevas funciones como la protección del ecosistema fluvial y paso público peatonal, además de las tradicionales de vigilancia, salvamento y amarre de embarcaciones. La zona de policía, adquiere su auténtica relevancia en la protección del régimen de corrientes fijándose criterios técnicos, para que esa protección del régimen de corrientes sea eficaz y se pone un énfasis especial en la posibilidad de ampliar los 100 metros de anchura de dicha zona, cuando sea necesario para la seguridad de las personas y bienes, estableciéndose, asimismo, criterios técnicos precisos para evaluar tal posibilidad. Las zonas que cumplen los dos requisitos anteriores, proteger el régimen de corrientes en avenidas y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes, se denomina zonas de flujo preferente y en ellas el organismo de cuenca solo podrá autorizar actividades no vulnerables frente a las avenidas. De esta manera, se da cumplimiento a las exigencias de la nueva Directiva de evaluación y gestión del riesgo de inundación en el sentido de que los países europeos deben incorporar políticas sobre gestión del riesgo de inundaciones que garanticen al máximo la seguridad de los ciudadanos, adoptando criterios adecuados de usos del suelo, y que permitan la laminación de caudales y de carga sólida transportada ampliando, en la medida de lo posible, el espacio fluvial disponible.

Las zonas inundables son también de gran trascendencia, dadas las consecuencias dramáticas, en pérdida de vidas humanas y en repercusiones económicas, que las inundaciones han supuesto en nuestro país sin que las herramientas disponibles, en nuestra legislación de aguas, para la gestión de inundaciones hayan resultado totalmente eficaces. Aunque las consecuencias de las avenidas están, en muchos casos, directamente relacionadas con la ordenación del territorio, competencia de las Comunidades Autónomas, la Administración General del Estado debe impulsar la colaboración entre administraciones y desarrollar mecanismos de gestión del riesgo, en línea con lo establecido en la Directiva de evaluación y gestión del riesgo de inundación, para incrementar la eficacia en la protección de la población.

Por ello, se plantea la elaboración de un Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, a desarrollar en colaboración con las Comunidades Autónomas, que aportará una información muy valiosa para que se tenga en cuenta por las restantes administraciones en el ejercicio de sus competencias sobre ordenación del territorio y planificación urbanística y que será imprescindible para incrementar la seguridad de los ciudadanos.

## **El Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables**

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino está llevando a cabo el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, como elemento básico en la planificación territorial para la identificación y gestión adecuada de las zonas inundables, con el objetivo de disminuir los daños frente a inundaciones a la vez que se preserva el espacio fluvial para lograr un estado ecológico.

Con la elaboración del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables se pondrán a disposición del ciudadano todos mapas de peligrosidad de inundaciones realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y aquellos que aporten las Comunidades Autónomas dentro de sus competencias a través de internet.

Este Sistema generará y facilitará la consulta de toda la cartografía de zonas inundables disponible en el territorio nacional, de forma que:

- Sea una herramienta básica en la protección del Dominio Público Hidráulico por los Organismos de cuenca y la defensa de las zonas con peligrosidad de inundaciones, sirviéndoles de una herramienta básica para la emisión de informes sobre autorizaciones en el Dominio Público Hidráulico y sus zonas asociadas y la gestión de avenidas en conexión con los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica.
- Permita una planificación adecuada de las actuaciones de defensa frente a inundaciones, identificando puntos vulnerables sobre los que se deba actuar prioritariamente.
- Permita a las autoridades de Protección Civil la planificación y gestión de las áreas inundables en el ámbito de sus competencias.
- Permita proporcionar esta información a otras administraciones (especialmente las autoridades urbanísticas y de planificación territorial) y promotores sobre las zonas inundables existentes y el riesgo que se sufre al construir en ellas.
- Permita conocer a los ciudadanos la peligrosidad de cada zona existente, de forma que se le dote de información suficiente para mejorar la transparencia de la gestión de todas las administraciones.

El Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables contendrá en un visor cartográfico en Internet todos los estudios de determinación de zonas inundables existentes y los que se desarrollen en los próximos años. Su implantación del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables se está realizando en dos fases:

La primera ha consistido en la identificación y recopilación de todos los estudios de zonas inundables ya realizados, bien sean elaborados por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino o por las Comunidades Autónomas, y su puesta en valor mediante la elaboración de la página web donde podrá consultarse toda esta información (fig. 11, pág. 47).

La segunda fase consistirá en realizar la primera evaluación del riesgo que marca la Directiva y la generación de nueva cartografía de zonas inundables a partir de los tramos en riesgo identificados en esta primera evaluación que no estén ya estudiados. Se estima que en un plazo inferior a cuatro años podría estar concluido este Sistema, con lo que España se adelantaría a las disposiciones de la nueva Directiva europea, que exige la cartografía de inundaciones y riesgos para el año 2013.

De esta forma, el Sistema se convierte en una pieza clave para que los planes de ordenación del territorio y urbanismo que aprueban las Comunidades Autónomas y Entidades Locales tengan

en consideración los datos de deslinde, zonas de servidumbre y policía y zonas inundables, evitando mediante la planificación los daños por inundaciones en los futuros desarrollos territoriales.

## El mapa de caudales máximos de la red fluvial

Dentro del ámbito del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, ha encargado al CEDEX, mediante un Convenio de colaboración, la realización de un mapa de los caudales máximos asociados a distintas probabilidades de recurrencia en la red de ríos que gestiona a través de las distintas Confederaciones Hidrográficas, trabajo que, además de poner a disposición de los organismo de cuenca y de todos los interesados siendo una herramienta muy útil para la gestión del dominio público hidráulico, dará cumplimiento al mandato legal establecido en el artículo 28.2 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, al ser puestos sus resultados a disposición de las distintas administraciones y del público en general.

De común acuerdo entre la DGA y el CEDEX se tomó la cuenca del Tajo como cuenca piloto, a través de cuyo estudio determinar las metodologías más idóneas para abordar el conjunto del trabajo a escala nacional.

El fenómeno natural de la llegada de avenidas a un determinado punto de un río es enormemente variable en frecuencia y magnitud, estando en esencia determinado por el azar y siendo, por tanto, imposible de predecir de forma determinística. De esta forma, el objeto fundamental del mapa de caudales máximos, como el de la mayoría de los estudios hidrológicos de crecidas, consiste en caracterizar estadísticamente dicho fenómeno mediante el conocimiento de su ley de frecuencia, la cual relaciona la magnitud del caudal punta de avenida con su frecuencia de presentación (expresada mediante el periodo de retorno) o, lo que es lo mismo, con su probabilidad anual de ocurrencia.

Es fundamental disponer de mediciones directas del fenómeno aleatorio en estudio, siendo crítica la calidad y extensión de los datos disponibles en la fiabilidad de los resultados obtenidos. El estudio debe, por tanto, partir del análisis detallado de la información foronómica sobre caudales máximos de que se disponga en la cuenca.

La metodología aplicada en el estudio ha partido, por tanto, de la selección de estaciones de aforos y embalses con suficiente información sobre caudales máximos como para realizar una estimación suficientemente fiable de sus cuantiles. A las series de datos seleccionadas se les han aplicado diversas técnicas estadísticas para verificar la calidad de la información, así como la coherencia en la información de las distintas estaciones entre sí. A las series de datos seleccionadas se les ha realizado un ajuste de una función de distribución con la finalidad de determinar sus cuantiles, es decir, su ley de frecuencia, habiéndose seleccionado los siguientes periodos de retorno para el trabajo: 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años. En el análisis de las leyes de frecuencia se han incorporado las siguientes técnicas estadísticas con objeto de mejorar la precisión de la estimación

de los cuantiles, fundamentalmente de los correspondientes a los más altos periodos de retorno (100 y 500 años) para cuya estimación es necesario extrapolar la ley de frecuencia fuera del rango de probabilidad cubierto por los datos presentes en la serie:

- Estudio de la combinación función de distribución – procedimiento de ajuste con un mejor comportamiento para el tipo de datos de la cuenca.
- Empleo de información regional en la determinación del valor del coeficiente de sesgo. Este estadístico tiene una gran influencia en la extrapolación de la función de distribución a altos periodos de retorno y, sin embargo, su estimación a partir de muestras de pequeña longitud presenta una gran imprecisión.
- Incorporación de información histórica al análisis de las leyes de frecuencia en aquellos lugares donde ese tipo de información está disponible. La información histórica correspondiente a las mayores avenidas ocurridas en la zona, es decir, a eventos de pequeña probabilidad de ocurrencia, proporciona información directa sobre el valor de los caudales en el rango de probabilidad no cubierto por los datos de aforo sistemático, mejorando de forma muy importante la estimación de los cuantiles de alto periodo de retorno.

El análisis estadístico de los datos foronómicos permite conocer los cuantiles en aquellos puntos en los que existen medidas de caudal, pero no puede aplicarse en aquellos puntos donde no están disponibles dichas medidas. Puesto que el objetivo del trabajo es elaborar un mapa que de información sobre los caudales máximos de forma casi continua a lo largo de la red fluvial, es necesario estimar también los cuantiles en aquellos puntos no aforados. Dicha estimación debe realizarse forzosamente mediante extrapolación de los resultados obtenidos previamente para los puntos aforados.

La extrapolación de resultados se ha realizado básicamente mediante dos procedimientos. Por una parte, se ha empleado un modelo hidrometeorológico, el método racional modificado, calibrado de tal forma que reproduzca adecuadamente los resultados, desde un punto de vista estadístico, en los puntos aforados, es decir, que para las hipótesis de cálculo adoptadas den como resultado los cuantiles previamente calculados mediante el análisis estadístico, asumiendo que el modelo así calibrado da resultados correctos en los puntos no aforados. Para esto se ha realizado una calibración a escala nacional del parámetro del umbral de escorrentía, uno de los parámetros empleado por dicho modelo. Este método se ha aplicado en cuencas de hasta unos 500 km<sup>2</sup> de superficie.

En aquellos puntos con mayor superficie de cuenca vertiente se han utilizado modelos estadísticos basados en relacionar mediante ecuaciones de regresión múltiple los cuantiles calculados a partir de las series temporales de las estaciones de aforo con determinadas características fisiográficas y climáticas de las cuencas, lo que permite realizar estimaciones de los cuantiles en aquellos puntos no aforados, simplemente conociendo el valor en sus cuencas de las características fisiográficas y climáticas empleadas en la regresión.

Como etapa final del trabajo se aplica, mediante un sistema de información geográfica, tanto el modelo hidrometeorológico como el modelo estadístico para obtener como resultado, en cada una de las cuencas hidrográficas intercomunitarias, un conjunto de seis capas (una para cada uno de los periodos de retorno considerados en el trabajo: 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años) en formato raster con resolución de 500x500 m. La red fluvial abarcada por los mapas es aquella en la que la cuenca vertiente es igual o superior a 50 km<sup>2</sup>, con objeto de limitar la extensión del trabajo a realizar, teniendo en cuenta que la estimación de los caudales máximos en cuencas de reducido tamaño es fácilmente abordable mediante la aplicación de métodos hidrometeorológicos sencillos.



# Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

## El mayor centro nacional de información y documentación en Ciencias de la Tierra

El IGME es un Organismo Público de Investigación, adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación. También es el Servicio Geológico del Estado.

Desde su creación en 1849, es productor de infraestructura de conocimiento básico del territorio. Ofrece apoyo y asesoramiento científico-técnico para la gestión sostenible del territorio y de sus recursos, y da acceso al público, desde su web, a las bases de datos y sistemas de información geocientífica que desarrolla.

Tiene centros territoriales en todo el Estado con un total de 12 oficinas de proyectos. Sus modernos laboratorios en Tres Cantos (Madrid), con equipos de vanguardia, son capaces de realizar un amplio rango de ensayos y análisis certificados. Su litoteca en Córdoba, es una instalación espectacular y única en España donde se gestiona y custodia el archivo de muestras de testigos de sondeo y de exploraciones geoquímicas, también accesibles desde su web.

El Instituto cuenta, además, con diversos medios de difusión del conocimiento científico-técnico que genera: Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), Centro de Documentación, Servicio de Publicaciones, Museo Geominero y la mejor biblioteca especializada del país.

La información sobre las líneas de investigación o servicios está disponible en la página web, así como en la Sede Central, laboratorios y oficinas de proyectos.

Sistemas de Información Geocientífica

Hidrogeología y Calidad Ambiental

Recursos Minerales e Impacto Ambiental de la Minería

Riesgos Geológicos, Procesos Activos y Cambio Global



Cartografía Geocientífica

Geología del Subsuelo y Almacenamiento Geológico de CO2

Geodiversidad, Patrimonio Geológico y Minero y Cultura Científica

**Sede Central del IGME - C/ Ríos Rosas 23, 28003 Madrid - Tel. 91 349 57 00**

OTRI 91 349 57 63 • Documentación 91 349 57 74 • Publicaciones 91 349 57 50 • Laboratorios 91 728 61 66  
Litoteca 95 756 25 11 • Museo Geominero 91 349 59 59 • Biblioteca 91 349 58 43 • C. N. de Datos Polares 91 349 57 31

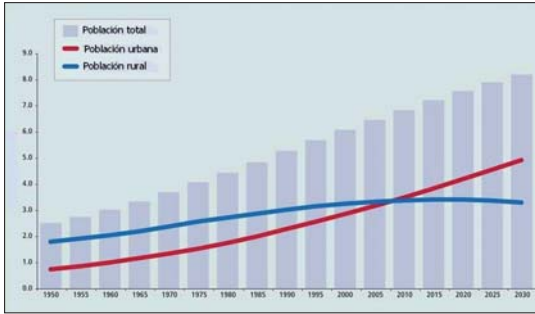


Fig. 1. Crecimiento de la población mundial urbana y rural, 1950-2030.

Fig. 2. Efectos de la inundación de 1973 en la rambla Nogalte, que arrasó infraestructuras urbanísticas que ocupaban el lecho de la rambla. Provocó más de 100 muertos en Puerto Lumbreras y Lorca.

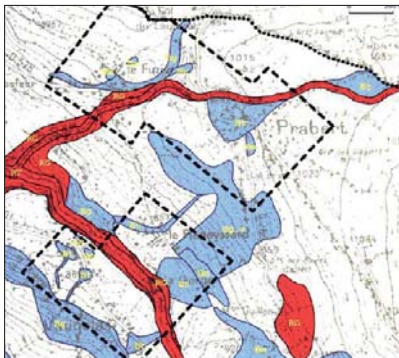


Fig. 3. Ejemplo de mapa de zonificación de riesgos naturales en el municipio de Prabert (Francia), desarrollado por la prefectura del departamento de l'Isère, según directrices del ministerio francés de medio ambiente y desarrollo sostenible. Fuente: prim.net, portal de la prevención de riesgos mayores.



Fig. 4. Efectos de la avenida torrencial de 1996 en el río Arás (Biescas), cuyas consecuencias políticas, institucionales y sociales, marcaron un hito en el tratamiento de los riesgos naturales en España. Foto: EFE.

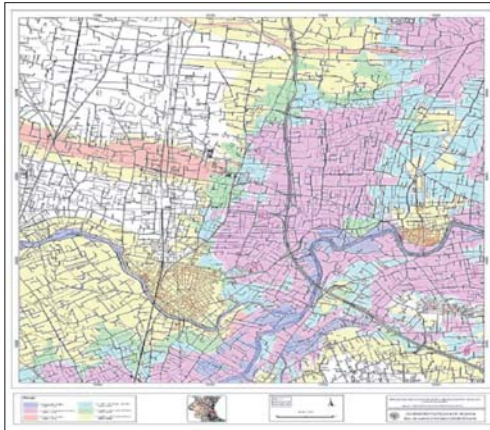


Fig. 5. Mapa de riesgo de inundación de Algesí (Valencia), basado en las directrices del PATRICOVA. Fuente: Plan General de Ordenación Urbana. Disponible en: [www.algesí.net](http://www.algesí.net).

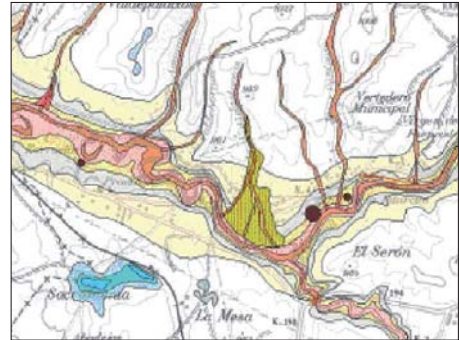


Fig.6. Mapa idealizado como ejemplo de la representación cartográfica de la peligrosidad por inundaciones propuesta en el Plan PRIGEO del IGME. Tomado de Llorente et al. (2006).

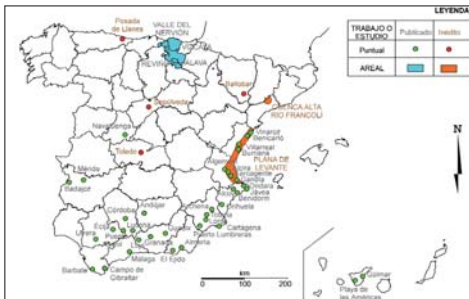


Fig. 7. Mapa índice de los trabajos realizados por el IGME específicamente sobre riesgos de inundaciones en España que contienen cartografía de peligrosidad, con indicación de si su ámbito espacial es puntual o areal. Tomado de: Llorente et al. (2006).

Fig. 8. Mapa índice de los trabajos realizados por el IGME sobre diversos riesgos geológicos o naturales en España y que contienen cartografía de peligrosidad de inundaciones, con indicación de si su ámbito espacial es puntual o areal. Tomado de: Llorente et al. (2006).





Fig. 9. Mapa de localización de catástrofes por inundación en Europa entre 1950 y 2005. Inundaciones súbitas: 1-23. Crecidas fluviales: 24-44. Olas de tormenta: 45-47. Fuente: Barredo (2007).

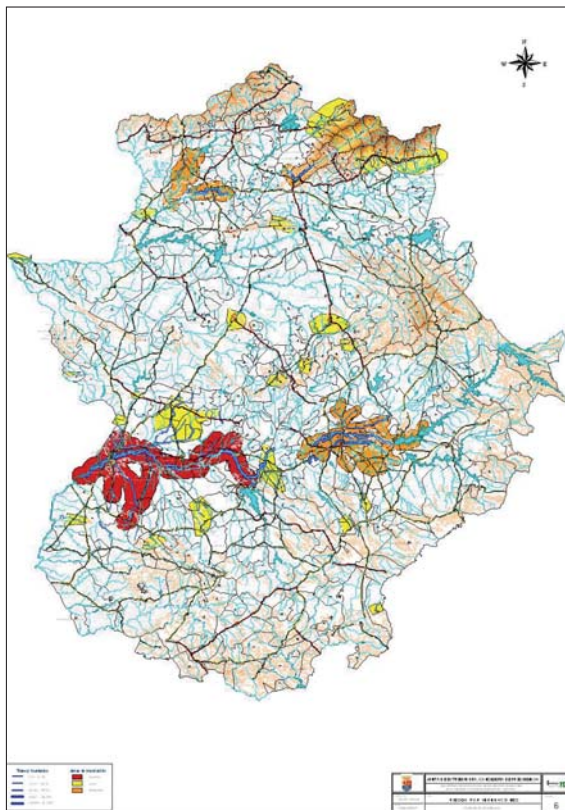


Fig. 10. Mapa de riesgo por inundaciones en la Comunidad Autónoma de Extremadura, en donde se muestran las áreas de inundación en color rojo (extremo), naranja (moderado) y amarillo (leve), así como los tramos inundados. Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (PLATERCAEX). Junta de Extremadura (2007).

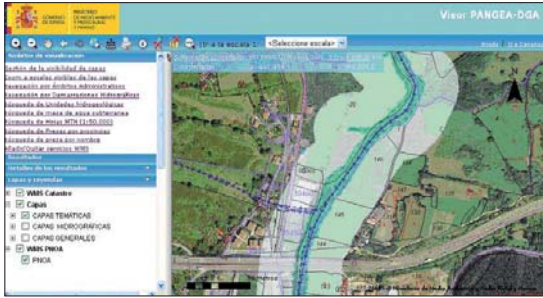


Fig. 11: Delimitación del DPH, Zona de Servidumbre y Zona de Policía en el Río Miera en las proximidades de Solares (TM de Medio Cudeyo. Marina de Cudeyo y Entrambasaguas, Cantabria) combinado con la información catastral.

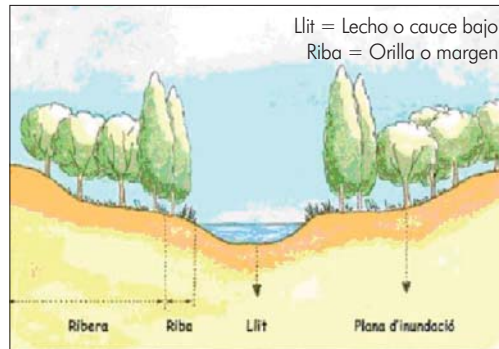


Fig. 12. Zonificación funcional del espacio fluvial.

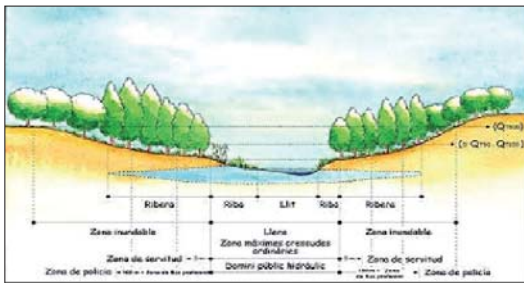


Fig. 13. Zonificación del espacio fluvial según la normativa hidráulica.

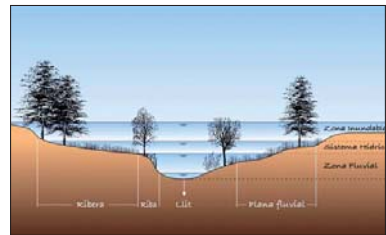


Fig. 14. Zonificación del espacio fluvial según normativa urbanística.

LÍNEAS DE TRABAJO			
REGIONAL	<b>INUNCAT</b> E1:50.000 y E1:5.000	Para la elaboración del Plan de Emergencias frente Inundación en Cataluña	
MUNICIPAL	<b>GEOMORFOLOGÍA DETALLE</b> E1:5.000	Donde no está previsto disponer de información hidráulica en el a corto plazo	
LOCAL	<b>PEF</b> E1:1.000	Planificación de espacios fluviales <b>PLANIFICACIÓN PARTICIPATIVA</b>	

Fig. 15. Líneas de trabajo en estudios de inundabilidad fluvial.

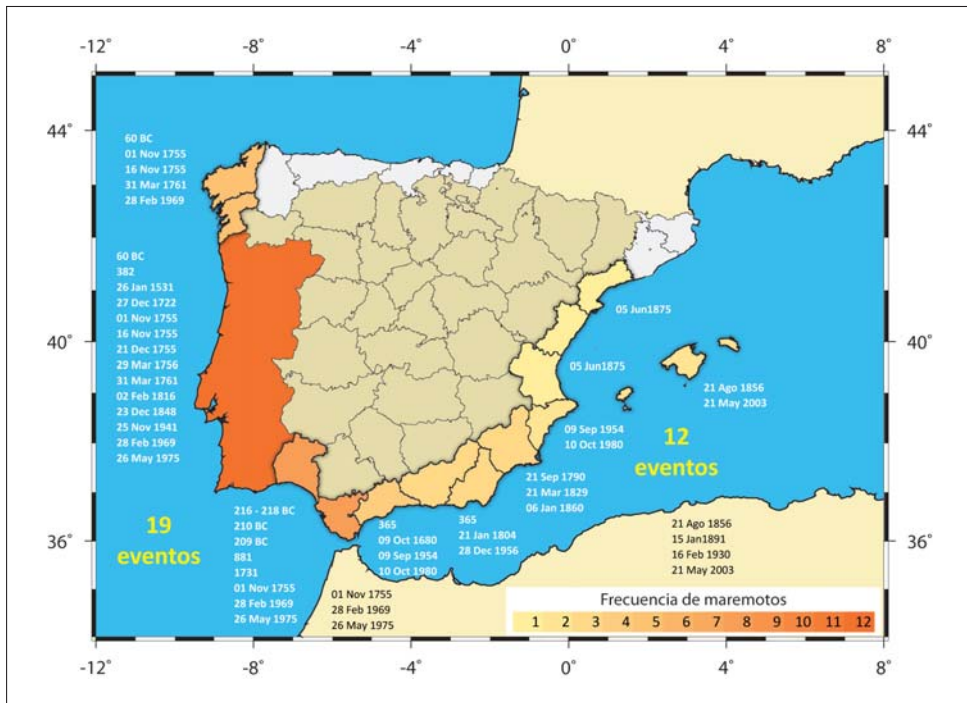


Fig.16. Mapa mostrando el número de tsunamis que han afectado a las costas españolas de los que se tienen noticia. El color de la provincia muestra el número de tsunamis que la han afectado.

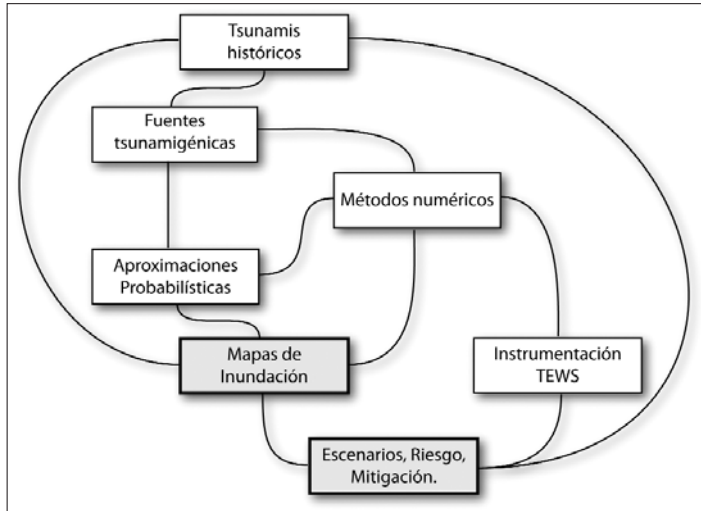


Fig 17. Diagrama de interrelaciones en las fases de generación de mapas de inundación y estimación de riesgo por tsunamis.



Fig. 18. Mapa de líneas de máxima inundación para la Bahía de Cádiz para una de las posibles fallas generadoras de tsunami del golfo de Cádiz. Las líneas representan inundaciones: Azul = mínima bajamar; Verde = bajamar más probable; Amarillo = pleamar más probable; Rojo = máxima pleamar.

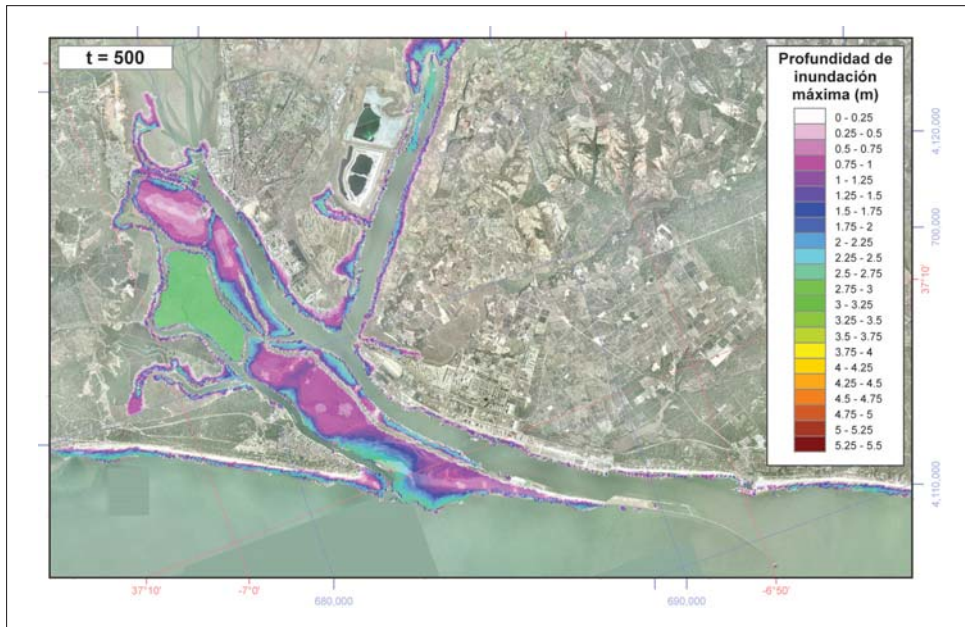


Figura 19. Mapa probabilístico de profundidad máxima de inundación para el área de Huelva con un periodo de retorno de 500 años.

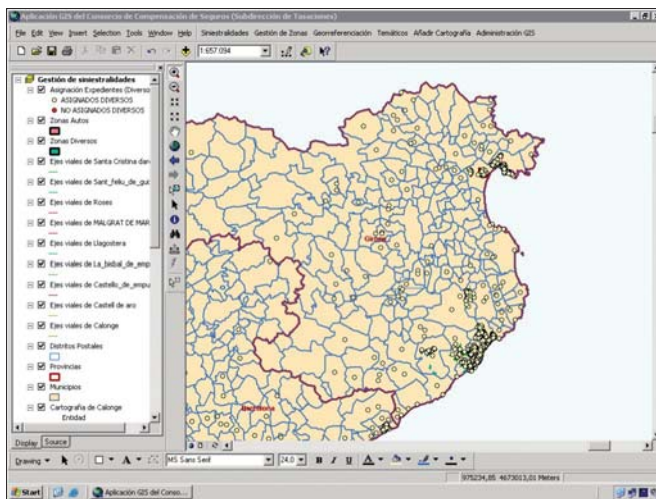


Fig. 20. Mapa de la provincia de Girona en donde se representa la capa de distritos postales y la concentración de siniestros, según la aplicación GIS del Consorcio de Compensación de Seguros, que permite gestionar las sinistralidades. Fuente: Consorcio de Compensación de Seguros.



Fig. 21. Mapa de siniestralidad a mayor escala, en donde se puede observar que los siniestros se concentran en las zonas urbanizadas y a lo largo de líneas, que pueden ser asociadas a zonas de cauces o de riesgos costeros.

Fuente: Consorcio de Compensación de Seguros.

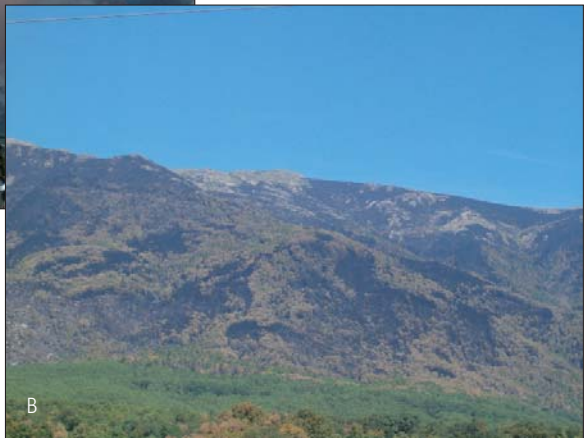
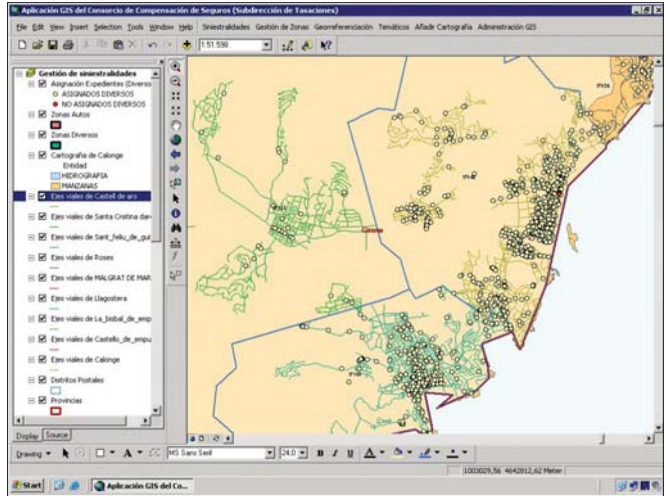


Fig. 22. Incendio que dejó al descubierto 800 ha de laderas de montaña y que acabó con un extenso bosque de pinar. A. Durante el incendio. B. Imagen post-incendio (Fotografía: Jose A. Ortega).



Fig. 23. Erosión en el suelo tras las lluvias que produce una removilización muy alta de material (Fotografía: Jose A. Ortega).



Fig. 24. Sedimentación del material erosionado que se acumuló en parte en la piscina natural. A. Imagen de la piscina vacía. B. Imagen de la piscina completamente colmatada (Fotografía: Jose A. Ortega).

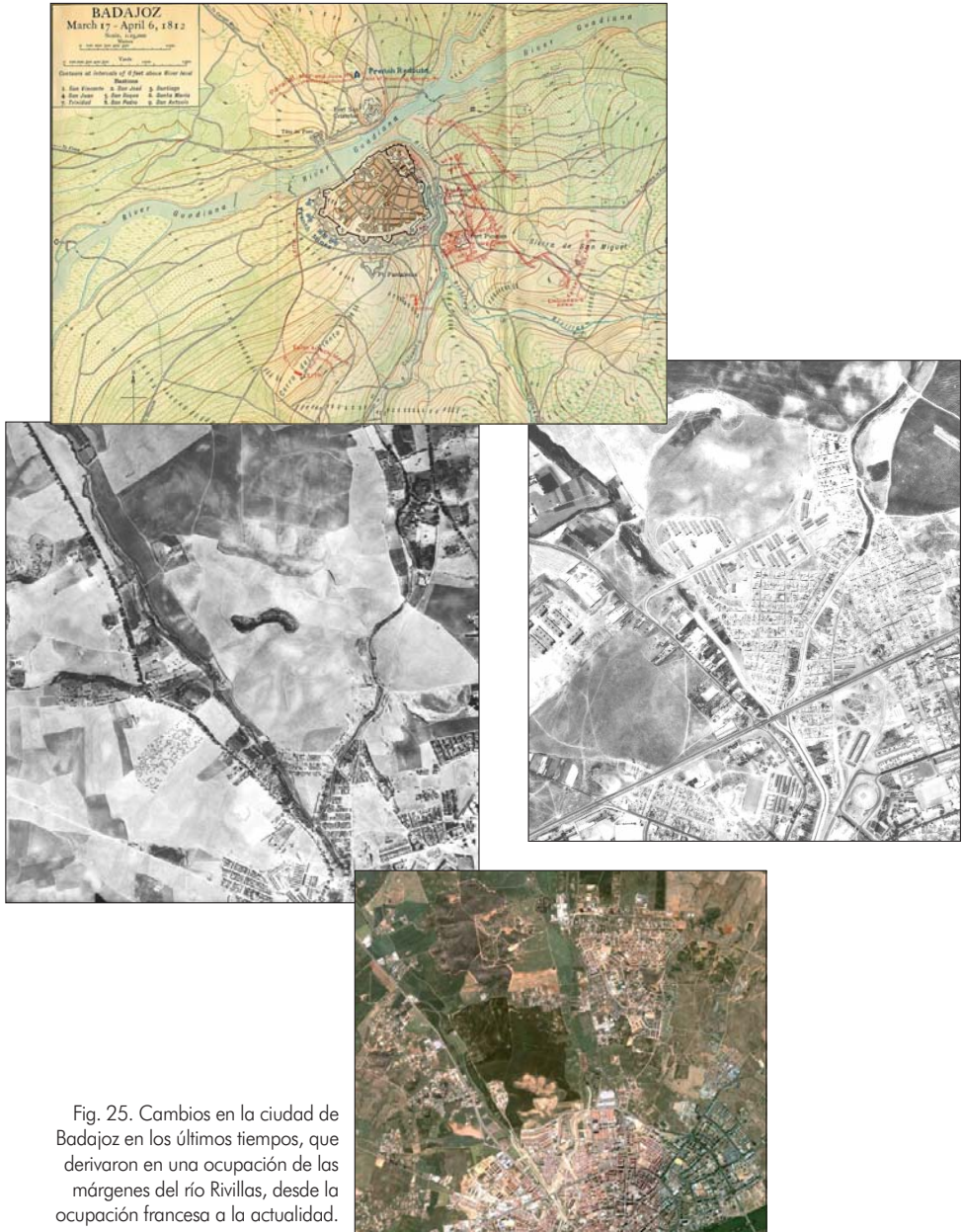


Fig. 25. Cambios en la ciudad de Badajoz en los últimos tiempos, que derivaron en una ocupación de los márgenes del río Rivillas, desde la ocupación francesa a la actualidad.



Fig. 26. Efectos de la ocupación del dominio inundable en el barrio de Cerro de Reyes (Badajoz) con el resultado de la sobreelevación de los calados por constricción de las viviendas (Fotografía: Jose A. Ortega).



Fig. 27. Erosión intensa en las laderas con la formación de fenómenos de piping y abanicos por arrastre de material del suelo como resultado de una transformación en los usos (dehesa a viñedo) y prácticas agrícolas (Fotografía: José A. Ortega).



Fig. 28. A. Situación de la antigua laguna del Almarjal (Cartagena) con las sucesivas etapas de desecación desde el siglo XVI en adelante. B. Imagen actual del barrio, habitualmente afectado por inundaciones tras lluvias torrenciales, hecho para el que ya están preparados sus habitantes (Fotografía: Jose A. Ortega) .



Fig. 29. Efectos de las graveras en el río Guadarrama. Intensa erosión en las márgenes y encajamiento remontante del río que afectó a una estación de aforo y socavación de varios puentes (Fotografía: G. Garzón).



Fig. 30. Canalización artificial del río Jarama por ampliación del aeropuerto de Madrid-Barajas (Fotografía: Jose A. Ortega).

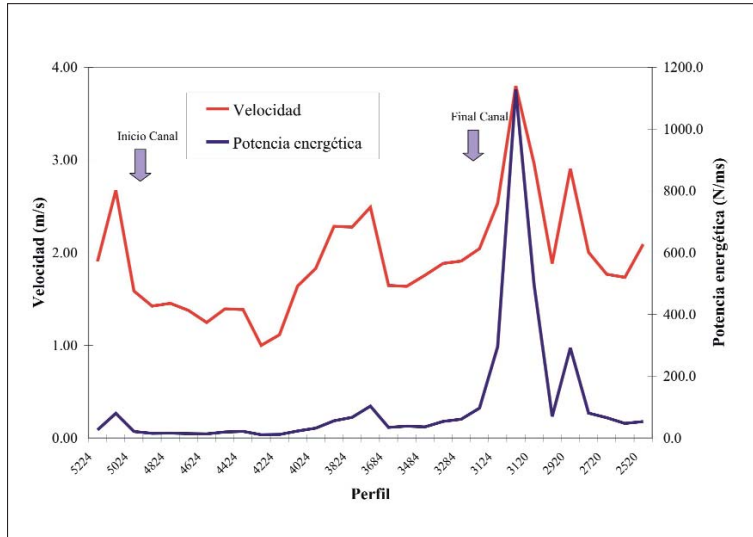


Fig. 31. Resultados de la modelización hidráulica de la canalización artificial mediante HEC-ras, que muestra un elevado valor de la velocidad y potencia fluvial al final de la canalización (Ortega et al., 2004).



Fig. 32. Erosión en el suelo con arrancamiento del horizonte superficial favorecido por el arado paralelo a la dirección del flujo, cuyas marcas se aprecian en la superficie arcillosa erosionada (Fotografía: Jose A. Ortega).



Fig. 33. Obras para la retirada de las viviendas siniestradas en la inundación del río Rivillas (Badajoz), que taponaban varios ojos de un importante puente (Fotografía: Jose A. Ortega).

Fig. 34. Aparcamiento en el cauce de la rambla de Nogalte en el municipio de Puerto Lumbreras (Murcia), que ya en 1978 provocó una de las mayores tragedias por una catastrófica avenida. También puede observarse el paso a nivel en la rambla (Fotografía: Jose A. Ortega).



Fig. 35. Estado en que quedó la rambla de Benipila (Cartagena) tras la avenida de octubre de 2000. Puede verse la situación de un paso a nivel y vehículos arrastrados por las aguas (Fotografía: Jose A. Ortega).



# ZONIFICACIÓN DEL RIESGO Y REGULACIÓN URBANÍSTICA DE LOS USOS DE LOS ESPACIOS FLUVIALES. EXPERIENCIAS EN CATALUÑA

*Lluís Gode Lanao*  
Agencia Catalana de l'Aigua

## **La regulación de los usos del suelo**

Una de las herramientas destacadas con el fin de evitar o reducir en el futuro los daños por inundaciones es la de la regulación de los usos del suelo en los espacios potencialmente inundables.

En este sentido, el primer paso consiste en identificar los espacios fluviales con sus diferentes grados de riesgo y funcionalidades a efectos de admitir usos del suelo compatibles, a tener en cuenta en los diferentes elementos de la planificación territorial y urbanística.

## **Los espacios fluviales. Conceptos administrativos y funcionales**

Los espacios fluviales, es decir, aquellos que en episodios de sequía o de inundaciones están vinculados a los cursos fluviales se pueden definir y clasificar desde diversas aproximaciones diferentes.

### **La visión funcional**

Desde el punto de vista funcional, los espacios fluviales incluyen desde el cauce de aguas bajas hasta las planas de inundación, en algunos casos ya bastante alejadas en las zonas de los tramos bajos de los ríos próximos a su desembocadura, pasando por el cauce natural definido por el caudal dominante o formador, seguido por el margen u orilla como interfase entre la parte más frecuentemente mojada y la ribera, más o menos frondosa y ancha según la tipología de curso fluvial concreta (fig. 12, pág. 47).

### **Lecho o cauce bajo**

El lecho o cauce bajo es la zona ocupada por el caudal habitual que circula por el curso fluvial (el caudal que circula unos 300 días al año), y constituye el de la habitabilidad física de las co-

comunidades estrictamente acuáticas que forman parte del ecosistema fluvial. Todos estos organismos son buenos indicadores de la salud de este ecosistema.

En los ríos de carácter más mediterráneo, de tipo discontinuo o temporales, si bien es evidente que gran parte de los organismos propios de cursos de agua continuos no están presentes, también es cierto que pueden ser el hábitat de otras comunidades propias de estos sistemas y que han resultado de gran interés por su rareza y singularidad, cómo pueden ser las comunidades de sauzgatillos, los adelfales (en el sur) o las comunidades residuales de bosques de laureles en los suelos silíceos del litoral más húmedo.

## **Margen u orilla**

El margen u orilla podría definirse como la interfase entre la superficie mojada habitual o cauce bajo y las planas o terrazas laterales dónde se ubican las riberas. La riba forma parte de lo que denominamos cauce del río y su anchura dependerá de la variabilidad en el régimen hidrológico y el tipo de sección morfométrica. Definimos como cauce, formada por el cauce bajo y el margen u orilla, la superficie susceptible de ser ocupada por las aguas en las crecidas ordinarias, es decir, con periodos de retorno de baja frecuencia (de orden de 1 a 7 años según tipología).

El margen u orilla es el de una interesante vegetación hidrófila adaptada a las recurrentes crecidas, la inmersión temporal o el soterramiento con limos. Las orillas constituyen un magnífico refugio para numerosas especies, forma parte importante de los corredores biológicos y da estabilidad a los taludes laterales que dibujan el cauce o canal fluvial.

Las orillas suelen poseer una franja estrecha, si bien, dependiendo de la movilidad del río y su régimen de caudales, puede mostrar una elevada variabilidad en la superficie ocupada. La vegetación que sustenta suele ser de porte arbustivo y herbáceo, flexible.

## **Ribera**

Se define como ribera, desde el punto de vista ecosistémico, las zonas laterales al cauce, por fuera de la orilla, donde el nivel freático del curso fluvial permite sustentar la presencia de una vegetación higrófila propia de las zonas húmedas. Se caracteriza, en estado natural, por una estructura boscosa con especies arbóreas de mayor envergadura y rigidez, menor disponibilidad hídrica en medida que nos alejamos del curso principal, y que se extiende por la terraza baja y las planas aluviales inmediatas. Algunos autores han fijado su anchura en torno a las zonas inundadas con caudales de periodo de retorno de 50 años, aunque este valor es muy variable dependiendo del contexto morfométrico y el tipo de régimen hidrológico.

Las riberas tienen una relación directa con el ecosistema acuático, ya que son numerosas las funcionalidades propias de este espacio fluvial. Así, tiene una relación directa con la calidad del agua en los casos de cursos continuos, dado que esta vegetación tiene gran capacidad de retener sedimentos, nutrientes, materia orgánica, plaguicidas y otros contaminantes que, de forma

difusa, irían a parar aguas abajo. Es de destacar su papel de autodepuración a lo largo de los cursos fluviales. También tienen un papel importante en el ciclo biológico y reproductivo de muchas acuáticas, y el aporte de material como hojas y ramas son de gran importancia para la red trófica de los ecosistemas. Asimismo, una buena estructura de la vegetación de ribera y de la orilla permite mantener un grado de insolación sobre el cauce adecuado a sus necesidades, de manera que si aquella desaparece puede provocar sobrecalentamientos indeseados del agua, y la posibilidad de exceso de producción y desequilibrio trófico.

Las anchuras mínimas aconsejables en estas franjas riparias para garantizar una mínima funcionalidad son muy variables dependiendo de la morfometría fluvial, las comunidades propias del sistema y el escenario concreto. De todos modos, diversos estudios recomiendan el mantenimiento de entre 5 y 90 m, como mínimas franjas vegetadas y en buen estado para el mantenimiento y/o consecución de la funcionalidad propia de estos sistemas.

La estructura y composición de la vegetación riparia es, en sí mismo, un indicador del estado del ecosistema fluvial y es, además, adecuado de determinadas especies de pájaros y otros animales, sean vertebrados o no, que también nos dan información valiosa sobre el grado de alteración de la funcionalidad ambiental.

## Las planas de inundación

Las planas de inundación serían las porciones del espacio fluvial no ocupadas más que en episodios de avenidas, que exceden las zonas anteriormente mencionadas, y que están formados morfológicamente por las terrazas aluviales adyacentes al curso central de aguas.

Es evidente que la anchura concreta o incluso la propia existencia de todas estas subzonas del espacio fluvial están por la morfología natural propia de cada caso.

Está claro que esta visión tiene que ser el punto de partida de las aproximaciones administrativas con el fin de adaptar, lo mejor posible, la regulación de los espacios fluviales a sus funcionalidades naturales.

## La normativa hidráulica española

Los espacios fluviales están definidos en la normativa hidráulica española en la Ley de aguas, el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que la desarrolla y las diferentes modificaciones y textos refundidos que los actualizan (fig. 13, pág. 47).

Así, en esencia, la normativa recoge las definiciones de cauce natural, dominio público hidráulico, zona de servidumbre, zona de policía y zona inundable.

La normativa hidráulica, en lo referente a los usos de los espacios fluviales, distingue cuatro zonas diferentes.

- **Dominio público hidráulico.** Es el cauce natural de una corriente continua o discontinua, el terreno de la cual se cubre las aguas en las máximas crecidas ordinarias, entendiéndose esta

como la media de los máximos caudales anuales en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos que sean representativos del comportamiento hidráulico.

En su determinación se tendrán en cuenta las características geomorfológicas, ecológicas y las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas, así como referencias históricas disponibles.

Es una zona de titularidad pública sometida a una fuerte protección que impide la mayoría de usos, excepto los de preservación hidráulica y ambiental.

- **Zona de servidumbre.** Es una zona de cinco metros a ambos lados del dominio público hidráulico para uso público y con la finalidad de proteger aquél y el ecosistema fluvial y, al mismo tiempo, favorecer las tareas de vigilancia, conservación y salvamento, excepto cuando por razones ambientales se considere conveniente su limitación de acceso.

Los propietarios privados de estas zonas podrán libremente sembrar y plantar especies no arbóreas, siempre y cuando no deterioren el ecosistema fluvial o impidan el paso. Las talas o plantaciones de especies arbóreas requerirán autorización del organismo de cuenca y, con carácter general, no se puede hacer ningún tipo de construcción.

- **Zona de policía.** Zona de 100 m a ambos lados del cauce, medidos horizontalmente, que se puede ampliar para incluir la zona denominada de flujo preferente, la cual se define mediante la zona dónde la avenida de 100 años de periodo de retorno puede producir daños graves en función del calado y la velocidad y del concepto de vía de intenso desagüe.

En esta zona se quedan sometidas en autorización de los organismos de cuenca: las alteraciones sustanciales del natural del terreno, las extracciones de áridos, las construcciones de cualquier tipo y cualquier actividad o uso que suponga un obstáculo al régimen de corrientes o deterioro del ecosistema acuático.

- **Zona inundable.** Son aquéllas delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en avenidas de 500 años de periodo de retorno, según los estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos.

En estas zonas, la administración central y las comunidades autónomas podrán establecer las delimitaciones que necesarias para garantizar la seguridad de las personas y de los bienes.

## **La normativa urbanística en Cataluña**

A efectos urbanísticos, con respecto a la regulación de los usos del suelo admisibles, el Reglamento de la Ley de Urbanismo indica que en la zona inundable -constituida por el cauce de los ríos y ramblas y por aquellas franjas de terreno vinculadas a la preservación del régimen de corrientes y de las planas de inundación episodios extraordinarios- se tienen que distinguir la zona fluvial, la zona de sistema hídrico y la zona inundable en episodios extraordinarios (fig. 14, pág. 47).

Asimismo, el Reglamento de la planificación hidrológica de Cataluña establece que entre las funciones de la administración hidráulica está la determinación de la zona fluvial, el sistema hídrico y

la zona inundable, por lo cual, de forma normativa la delimitación de los espacios fluviales tiene un amplio alcance.

A continuación, y a efectos de ilustrar sobre la regulación de los usos del suelo en estas zonas, se transcribe el contenido del artículo 6 "directrices de preservación frente de los riesgos de inundación" del Reglamento de la Ley de Urbanismo.

#### Artículo 6 Directriz de preservación frente a los riesgos de inundación

6.1 A los efectos de la aplicación de la directriz de planeamiento que establece el artículo 9.2 de la Ley de urbanismo, dentro de la zona inundable, que está constituida por el cauce de los ríos y ramblas y por aquellas franjas de terreno vinculadas a la preservación del régimen de corrientes y de las planas de inundación episodios extraordinarios, se tiene que distinguir la zona fluvial, la zona de sistema hídrico y la zona inundable de episodios extraordinarios.

6.2 La zona fluvial es la parte de la zona inundable que incluye el cauce del río y sus riberas y que el instrumento de planificación hidrológica correspondiente delimita de acuerdo con la avenida para el periodo de retorno de 10 años, teniendo en cuenta los requerimientos hidráulicos y ambientales y respetando su continuidad.

El planeamiento urbanístico tiene que calificar los terrenos incluidos en la zona fluvial como sistema hidráulico y no puede admitir ningún uso, salvo aquéllos previstos a la legislación aplicable en materia de dominio público hidráulico.

6.3 La zona de sistema hídrico es la parte de la zona inundable que el instrumento de planificación hidrológica correspondiente delimita de acuerdo con la avenida para el periodo de retorno de 100 años, teniendo en cuenta los requerimientos hidráulicos y ambientales y respetando su continuidad.

En la zona de sistema hídrico el planeamiento urbanístico no puede admitir ninguna nueva edificación o construcción ni cabe uso o actividad que suponga una modificación sensible del perfil natural del terreno, que pueda representar un obstáculo al flujo del agua o la alteración del régimen de corrientes en caso de avenida.

Se consideran usos compatibles con estas condiciones los siguientes:

- a. Los usos agrarios, sin que se pueda admitir ninguna instalación o edificación, ni tampón el establecimiento de invernaderos ni ningún tipo de cierre de las parcelas.
- b. Los parques, espacios libres, zonas ajardinadas y usos deportivos en el aire libre, sin edificaciones ni construcciones de ningún tipo.
- c. Las zonas lagunares y las estaciones de aguas residuales o potables.
- d. El establecimiento longitudinal de infraestructuras de comunicación y transporte, siempre que permita la preservación del régimen de corrientes.
- e. La implantación de infraestructuras de servicios y cañerías, debidamente soterradas y protegidas y siempre que se preserve el régimen de corrientes y se garantice la no afección a la calidad de las aguas.

f. Aquellos otros usos previstos por la legislación aplicable en materia de dominio público hidráulico.

Los planes de ordenación urbanística municipal, cuando esté justificado por razones de racionalidad coherencia de la ordenación urbanística, pueden incorporar terrenos incluidos en la zona de sistema hídrico en sectores de suelo urbano no consolidado y de suelo urbanizable si estos terrenos se destinan a usos compatibles con esta zona de acuerdo con el apartado anterior. Sin embargo, este régimen de usos deja de ser de aplicación cuando el planeamiento urbanístico, con el informe favorable de la administración hidráulica, prevé la ejecución de las obras necesarias a fin de que las cotas definitivas resultantes de la urbanización cumplan las condiciones de grado de riesgo de inundación adecuadas para la implantación de la ordenación y usos establecidos por el indicado planeamiento. En cualquier caso, la ejecución de estas obras, que no tienen que generar problemas de inundabilidad terrenos externos en el sector, tiene que constituir una carga de urbanización de los ámbitos de actuación urbanística en los cuales estén incluidos los terrenos.

6.4 La zona inundable “episodios extraordinarios” es la parte de la zona inundable que el instrumento de planificación hidrológica correspondiente delimita a partir de la avenida de periodo de retorno de 50 años. En esta zona, atendiendo a las condiciones de inundación indicadas en la delimitación establecido por la planificación hidrológica, el planeamiento urbanístico:

- a. No puede admitir áreas de acampada ni servicios de camping, ni ningún tipo de edificación en la parte de la zona inundable “episodios extraordinarios” en que se produzca la condición de inundación grave.
- b. No puede admitir áreas de acampada ni servicios de camping, ni ningún tipo de edificación, con excepción de las destinadas a usos industriales y de almacenaje, en la parte de la zona inundable “episodios extraordinarios” en que se produzca la condición de inundación moderada.
- c. No está sujeto a limitaciones de los usos admisibles en la parte de la zona inundable episodios extraordinarios en que se produzca la condición de inundación leve.

En la zona inundable “episodios extraordinarios”, el régimen de usos establecido deja de ser de aplicación cuando el planeamiento urbanístico, con el informe favorable de la administración hidráulica, prevé la ejecución de las obras necesarias a fin de que las cotas definitivas resultantes de la urbanización cumplan las condiciones de grado de riesgo de inundación adecuadas para la implantación de la ordenación y usos establecidos el indicado planeamiento. En cualquier caso, la ejecución de estas obras tiene que constituir una carga de urbanización de los ámbitos de actuación urbanística en los cuales estén incluidos los terrenos.

6.5 Las limitaciones de los usos y construcciones admisibles por parte del planeamiento urbanístico que establecen los apartados 2, 3 y 4 no se aplican al suelo urbano, ni a las edificaciones o conjuntos de edificaciones que sean objeto de protección por su valor histórico, artístico, arquitectónico o industrial. El planeamiento urbanístico general, de acuerdo con lo que determine la administración hidráulica, tiene que prever las actuaciones necesarias para la adopción de las medidas de protección frente a los riesgos de inundación en los referidos ámbitos, así como la programación y ejecución de las obras correspondientes. El planeamiento urbanístico general puede condicionar las actuaciones de transformación de los usos o de reimplantación de usos

preexistentes a la ejecución, a cargo de la actuación, de las infraestructuras necesarias que adecuen el riesgo de inundación a la ordenación urbanística.

6.6 El planeamiento urbanístico general tiene que sujetar al régimen de fuera de ordenación las edificaciones y las actividades preexistentes en terrenos incluidos en la zona fluvial que no se ajusten a lo que establece el apartado 2, siempre que no estén incluidas en alguno del supuestos previstos en el apartado 5, así como las actividades de camping preexistentes que no se ajusten al que establecen los apartados 3 y 4, sin perjuicio de la posibilidad, en este último caso, que las citadas actividades de camping deje de estar sujetos al régimen de fuera de ordenación si se ejecutan, a cargo de la persona interesada y previa obtención de las autorizaciones de las administraciones urbanística e hidráulica procedentes, las obras necesarias para cumplir las condiciones de grado de riesgo de inundación que establecen los apartados 3 y 4.

6.7 En el caso de lagos, lagunas, zonas pantanosas, embalses y otros elementos que pueden comportar riesgos de inundación, la ordenación que establece el planeamiento urbanístico tiene que tener en cuenta estos riesgos de acuerdo con los criterios previstos en los apartados anteriores de este artículo, con las especificidades que determine la administración hidráulica.

Técnicamente en estas delimitaciones intervienen específicamente muchos más aspectos que la simple aplicación de líneas de inundación de diferentes periodos de retorno, introduciendo factores ambientales, hidráulicos, morfodinámicos y de factibilidad técnica, económica y social.

## La planificación de espacios fluviales

### Descripción general

La Planificación de Espacios Fluviales (en adelante PEF) es un ambicioso y pionero trabajo impulsado por la Agencia Catalana del Agua dada la necesidad de preservación y mejora de los ríos catalanes como consecuencia de la presión antrópica sobre el territorio. Es un trabajo de carácter pluridisciplinar que se muestra como una herramienta potente de para la gestión y la ordenación territorial (fig. 15, pág. 48).

Su metodología se basa en el análisis de los procesos naturales que rigen el comportamiento del río y la cuenca en general, efectuado desde una óptica multidisciplinar, con el objeto de ofrecer una visión integral y de conjunto de los fenómenos hidráulicos, morfodinámicos y ambientales del espacio fluvial. Éste, es considerado como la zona ocupada por el cauce público y los terrenos de titularidad privada o pública que lo rodean y que integran el corredor biológico asociado al río, la vegetación de ribera y la zona inundable.

El Plan de gestión específico -como colofón de la PEF- es un documento sintético, en el que a partir de la diagnosis hidráulica, morfodinámica y ambiental y la delimitación hecha del espacio fluvial, mediante la zonificación, recoge las actuaciones que se tienen que llevar a cabo para su preservación. Todo eso se hace desde una visión integral de cuenca, obtenida a partir del conocimiento del medio adquirido en las fases previas, y con el doble objetivo de alcanzar el buen es-

tado ecológico de las masas de agua y minimizar el nivel de riesgo frente los efectos negativos de las inundaciones.

Es por este motivo que el Plan de gestión específico es un documento de referencia para la gestión actual y futura de la cuenca, estableciendo los criterios a adoptar para la redacción de los proyectos y la ejecución de obras en el ámbito del espacio fluvial, la gestión y preservación de éste, partiendo de un aspecto básico como es su delimitación.

Los documentos de la PEF constan de cuatro grandes bloques temáticos que se desarrollan en diversos apartados:

- Caracterización del medio.
- Diagnóstico del estado actual.
- Propuestas de actuación.
- Plan de gestión específico del espacio fluvial.

La síntesis de las bases técnicas de los tres primeros bloques y la normalización consecuente se recogen en el cuarto bloque que constituye el Plan de gestión específico del espacio fluvial.

Este Plan de gestión específico -tal como prevé el Reglamento de la Planificación Hidrológica y dadas las consecuencias normativas que comporta- hace falta someterlo a un proceso de tramitación hasta la aprobación definitiva por acuerdo del gobierno de la Generalitat.

Cada bloque se estructura de acuerdo con el siguiente índice, donde la información se agrupa en una serie de documentos, de más generales a más específicos.

0. Introducción
1. Descripción del medio físico
2. Diagnóstico del estado fluvial
- 2.A. Estudio de antecedentes
- 2.B. Análisis del estado actual de los cauces
- 2.C. Cartografía y topografía
- 2.D. Estudio hidrológico
- 2.E. Estudio geomorfológico y dinámica fluvial
- 2.F. Estudio hidráulico
- 2.G. Estudio hidrogeológico
- 2.H. Estudio ambiental
- 2.I. Estudio de patrimonio cultural e histórico



- 2.J. Estudio de inundación
3. Prognosis y propuestas de actuaciones del espacio fluvial
  - 3.A. Planos de zonificación del espacio fluvial
  - 3.B. Propuestas de actuaciones y prognosis del espacio fluvial
  - 3.C. Criterios de zonificación del espacio fluvial
  - 3.D. Proceso de participación e información
4. Plan de gestión específico del espacio fluvial

## **Objetivos**

El objeto del Plan de gestión específico es permitir y conseguir una gestión sostenible e integrada del espacio fluvial. Se hace patente, por lo tanto, la importancia de abarcar todos los ámbitos multidisciplinares desde los cuales es necesario estudiar este espacio, sin hacerlo de forma aislada, para poder tener una visión conjunta y global de la realidad, teniendo en cuenta además que los ríos no son elementos creados por los hombres y que son sistemas vivos, sujetos a procesos naturales y, por lo tanto, bastante vulnerables a las intervenciones humanas.

Para alcanzar este hito, muy conceptual, se parte de unos objetivos genéricos y principales, comunes a todos los Planes de gestión específico de espacios fluviales y unos objetivos específicos para cada plan en concreto.

### **Objetivo general**

El objetivo general de la PEF es avanzar en la resolución y ordenación de los diversos conflictos hidráulicos, ambientales y morfodinámicos vinculados a la gestión del agua y el medio hídrico del espacio fluvial. Por eso, es necesario disponer de un diagnóstico referido al estado actual de la red fluvial principal de la cuenca en sus diferentes dimensiones, y el planteamiento y proposición de soluciones de carácter integral.

### **Objetivos principales**

Los objetivos principales de este documento son comunes a todos los Planes de espacios fluviales, es decir, objetivos a alcanzar por parte de todos los instrumentos de este tipo. Entre estos objetivos, se destacan de forma sintética los siguientes:

- Determinar los caudales de diseño de la cuenca y delimitar las zonas inundables para diferentes periodos de retorno. De esta manera se establecen caudales de avenida normalizados y cotas de los niveles de agua que facilitarán posteriores estudios de ámbito local.
- Evaluar el estado ecológico de los ecosistemas fluviales teniendo en cuenta sus condiciones de referencia y ateniéndose a los protocolos de evaluación de calidad de los ríos.

- Zonificar el espacio fluvial en atención a la funcionalidad y dinámicas ecológicas y al comportamiento hidráulico de la red fluvial:
  - Incrementar el valor lúdico del espacio fluvial en tramos concretos de fuerte afluencia social y próximos a núcleos urbanos y muy frecuentados, mediante la conservación de franjas funcionales de ribera para la recuperación y mejora.
  - Recuperar aquellas zonas inundables que permitan la laminación de avenidas, disminuyendo de esta manera las afecciones a las zonas consolidadas y permitiendo diversificar y mejorar los ecosistemas acuáticos.
  - Definir, en los tramos ocupados por usos agrícolas, industriales o residenciales, unas franjas mínimas de preservación y/o recuperación de la cubierta vegetal riparia propia del sistema, modificando y ordenando, si procede, su ocupación y explotación actual.
  - Preservar, libres de ocupación con obstáculos, las zonas del espacio fluvial que permitan el régimen de corrientes en avenidas significativas.
- Plantear un conjunto de medidas, convenientemente valoradas, orientadas a resolver los problemas detectados a los diferentes ámbitos, estableciendo y concretando los criterios de priorización de objetivos, siempre a través de la interrelación entre las actuaciones propuestas, y optando por aquellas que aporten soluciones integradoras y que alcancen el máximo grado de satisfacción de los diferentes objetivos perseguidos:
  - Propuestas de medidas de gestión, ordenación y restauración que permitan avanzar en la recuperación ecológica integral de los sistemas riparios de acuerdo con la filosofía, preceptos y contenidos derivados de la Directiva Marco del Agua y de un nuevo modelo de gestión integral de la cuenca.
  - Propuestas de medidas estructurales y de gestión que permitan reducir el riesgo de afecciones por inundación.
  - La inclusión de aquellas medidas de gestión, complementarias a las estructurales, necesarias para alcanzar los objetivos establecidos (actuaciones administrativas, estudios específicos, mantenimiento de infraestructuras, gestión del riesgo, figuras legales de protección, etc.).
- Definir los criterios de gestión e intervención:
  - Establecimiento de unos criterios de actuación en el espacio fluvial basados en los principios generales de mínima intervención posible en el medio y de preservación y gestión adecuada de los ecosistemas acuáticos.
  - Normalización de los criterios para la elaboración de estudios hidráulicos de ámbito local.
  - Definición de las recomendaciones y directrices que hay que incorporar en el diseño de actuaciones y proyectos que afecten en la red fluvial principal y secundaria, a fin de que éstas no contribuyan a la generación de nuevos conflictos ambientales, morfodinámicos e hidráulicos.

- Sensibilizar, informar y concienciar a la población, los entes locales y las entidades públicas o privadas interesadas, a partir del conocimiento obtenido con la información elaborada, realizar los planes y programas para reducir la vulnerabilidad de los bienes y las personas y mejorar el estado ecológico.

### **Objetivos específicos**

En cada trabajo de PEF se definen unos objetivos específicos, además de los de carácter general, para el ámbito concreto de estudio con el fin de intentar dar respuesta a las problemáticas detectadas desde los diversos puntos de vista hidráulicos, ambientales y morfodinámicos.

### **Estado de desarrollo de los trabajos**

Inicialmente, y después de los episodios de inundación del 2000, se redactaron unos primeros trabajos de PEF en diversas rieras afectadas por éstos, como la de Rajadell, Marganell, Castellet, torrente del Mal-Magarola, torrente del Lluç, riera de la Bisbal y barranco de la Galera, aunque con una estructura y metodología que ha sufrido importantes cambios y mejoras.

Posteriormente, y ya con la incorporación de mejoras significativas, se estudiaron las cuencas de la Tordera, Baix Llobregat y Anoia y Bajo Ter.

Le siguieron los trabajos en las cuencas del Francolí y la Muga y, más recientemente, en el Foix, Gaià, Ridaura y riera de Calonge.

Asimismo, se dispone de diversos trabajos en el Garona, de los estudios ambientales en la cuenca del Besòs y en la del Fluvià, y esta en realización la parte hidráulica del Alto Ter, Alto Llobregat y Cardener, Segre y Valira, Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorçana, Baix Ebre y, en todos los casos, los afluentes más significativos.

Está previsto en los próximos años ir completando estos estudios así como en los cursos más pequeños y/o de régimen torrencial los basados en metodología geomorfológica y ambiental.

Estos trabajos son posibles gracias a la estrecha colaboración con el Instituto Cartográfico de Cataluña y el Instituto Geológico de Cataluña que aportan no sólo la cartografía y modelos digitales del terreno de detalle y específicos para las diversas temáticas sino también la delimitación por modelización hidráulica de precisión de zonas inundables para diversos periodos de retorno en amplios ámbitos fluviales y la colaboración en el establecimiento de criterios y metodologías geomorfológicas y en especial en la identificación de conos de deyección en zonas de pie de monte.

### **Conclusiones**

- Si bien no exenta de problemas en su aplicación, se considera que las experiencias de Cataluña de delimitación de zonas inundables y Planificación de Espacios Fluviales por parte de la administración hidráulica y la regulación de usos en los espacios fluviales por parte de la normativa urbanística, presentan un balance claramente positivo.

- Estas experiencias han supuesto disponer de una valiosa información de soporte a la decisión en materia hidráulica, ambiental, protección civil, territorial y urbanística.
- La línea de trabajo emprendida presenta una absoluta coherencia con lo establecido en la Directiva Marco del Agua como en la Directiva de evaluación y gestión del riesgo de inundaciones.

# INICIATIVAS DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR TSUNAMIS

José A. Álvarez Gómez

Investigador Proyecto TRANSFER, Instituto Geográfico Nacional.

El 26 de diciembre de 2004 tuvo lugar uno de los mayores desastres naturales conocidos hasta el momento. Un terremoto de magnitud  $M_W$  9.2 generaba un maremoto, o tsunami, con olas de hasta 30 metros de altura que acababa con la vida de unas 230.000 personas inundando costas de Indonesia, Sri Lanka, India, Tailandia, Somalia, Myanmar, Maldivas, Malasia, Tanzania, Seychelles, Bangladesh, Sudáfrica, Yemen, Kenya y Madagascar.

El impacto que produjo el evento sobre la sociedad, la economía y el medio ambiente fue tan brutal que dio lugar a una serie de directivas urgentes por parte de la UNESCO. Una de las principales estaba relacionada con los estudios de riesgo y las redes de alerta temprana.

En 1960 fue establecida la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (IOC), la cual coordina desde 1968 el Sistema de Alerta de Tsunami del Pacífico. Estos sistemas de alerta temprana (EWS, siglas del inglés *Early Warning System*; o TWS, de *Tsunami Warning System*) permiten a todos los países de una misma cuenca oceánica obtener información acerca de la ocurrencia de un tsunami que pueda afectar a sus costas, de manera que los servicios de emergencia puedan planificar y ejecutar en su caso planes de evacuación y protección de la población.

En 2004, en la cuenca del océano Índico, no estaba en funcionamiento ningún sistema de alerta similar, de manera que los países más alejados del epicentro no tuvieron noticia de la ocurrencia del maremoto hasta que llegó a sus costas y no pudieron organizar sus sistemas de emergencia, que de haber podido actuar, habrían salvado sin duda a gran parte de la población afectada. Fue entonces, ante la evidencia de las carencias globales en cuanto a la mitigación de la amenaza por tsunamis, cuando el IOC recibió el mandato de ayudar a los estados miembros de la UNESCO de las orillas del océano Índico en la creación de un sistema de alerta temprana. Junto a esta iniciativa el IOC comenzó también a coordinar el establecimiento de sistemas de alerta similares para el Caribe (CARIBE-EWS) y el Mediterráneo y Atlántico Nororiental (NEAMTWS).

En estos momentos, únicamente la región del Mediterráneo y Atlántico Nororiental no dispone de un sistema de alerta. Tanto la cuenca del océano Índico, con un sistema puesto en marcha meses después de la catástrofe de 2004, como la del Caribe, con un sistema preliminar desarro-

llado por la red de alerta del Pacífico, ya disponen de sistemas de alerta que se suman al del Pacífico puesto en marcha en los años 60.

Alentados por el Grupo de Coordinación Intergubernamental – NEAMTWS (ICG-NEAMTWS) del IOC, y ante la evidente necesidad del establecimiento de sistemas de alerta y estudios de riesgo en la Unión Europea, dentro del sexto programa marco de investigación se introdujo una línea prioritaria para la estimación y reducción del riesgo de tsunami en Europa. Hasta el momento, en Europa se habían desarrollado diversos proyectos de investigación relacionados con el riesgo de tsunami, pero ahora la investigación adquiriría una mayor relevancia política y social, con el objetivo final de establecer recomendaciones para la puesta en marcha de los sistemas de alerta y mitigación adecuados para los países de la Unión Europea. Así, al amparo de esta línea prioritaria, vienen desarrollándose en Europa una serie de proyectos que se coordinan y complementan a través del ICG-NEAMTWS:

- *Integrated observations from near shore sources of tsunamis: towards an early warning system – NEAREST.*
- *Seismic and tsunami risk assessment and mitigation scenarios in the western Hellenic arc – SEAHELLARC.*
- *Distant early warning system – DEWS.*
- *Tsunami risk and strategies for the European region – TRANSFER.*

El proyecto TRANSFER tiene como objetivo primordial contribuir a la comprensión del proceso del tsunami en la región Euro-Mediterránea, a la estimación del peligro y riesgo de tsunami, y a la identificación de las mejores estrategias para la reducción de éste. Este proyecto se enfoca principalmente en suplir las carencias y cubrir las necesidades para la implementación de un sistema de alerta temprana en el área Euro-Mediterránea así como generar mapas de inundación para una correcta planificación urbana y de emergencias. Es en este proyecto en el que más hincapié se hace en la necesidad de obtener mapas de riesgo e inundación para mejorar nuestra capacidad de actuación ante eventuales tsunamis así como en la obtención de análisis de vulnerabilidad para una correcta planificación costera y mitigación del riesgo de inundación.

Pero, ¿por qué este interés de la Unión Europea en el estudio del riesgo de tsunami? Europa ha sido afectada por grandes tsunamis en el pasado, similares o incluso mayores al de Indonesia. Estos eventos pueden ocurrir de nuevo y causar una devastación mayor debido al incremento de la ocupación de las costas. Además, en países como España, cuya economía tiene en el turismo uno de sus pilares fundamentales, el impacto socio-económico de un desastre de estas magnitudes sería grande. España ha sufrido varios tsunamis a lo largo de su historia (fig. 16, pág. 48), el más reciente en 2003, cuando un terremoto ocurrido en la costa de Argelia generó un tsunami que se propagó por el Mediterráneo y alcanzó las costas de las islas Baleares y el Sureste español.

El maremoto fue pequeño, pero aun así generó daños cuantiosos en los puertos donde los efectos de resonancia amplificaron la altura de la ola. Más desastroso fue el maremoto de 1755,

generado por el conocido terremoto de Lisboa, aunque su origen se sitúa en el golfo de Cádiz; recibió este nombre por los daños que causó en la ciudad lusa. Este terremoto generó una ola que en algunos puntos llegó a superar los 15 m y que asoló las costas del sur de Portugal, Algarve, golfo de Cádiz y noroeste de Marruecos, además de dejarse sentir con menor fuerza en las costas gallegas e incluso en las del sur de Inglaterra.

Los daños infligidos a la ciudad de Lisboa fueron enormes, destruyendo el barrio bajo, así como afectando gravemente a las poblaciones de Huelva y Cádiz. Aunque los daños fueron grandes no serían comparables a los que ocurrirían hoy, cuando las costas de este golfo han sido pobladas por miles de complejos turísticos y residenciales. En la actualidad, la Unión Europea no dispone de medios de protección o alerta ante esta amenaza.

## **Desarrollo de mapas de inundación y riesgo de tsunamis: el proyecto TRANSFER**

Como ya se ha mencionado, uno de los objetivos más importantes del proyecto es la generación de mapas de inundación y evaluación de la peligrosidad de inundación por tsunami. Para lograr este objetivo se han abordado una serie de aspectos principales:

- Actualización y mejora del actual catálogo de tsunamis de Europa con su integración en un catálogo mundial.
- Estudio sistemático en la región Euro-Mediterránea para la identificación y caracterización de aquellas fuentes susceptibles de generar tsunamis, bien sean sísmicas o asísmicas (deslizamientos, volcanes, etc.).
- Desarrollo y/o mejora de sistemas de observación y monitoreo, métodos de procesado y algoritmos para la detección en tiempo real de la generación de tsunamis.
- Mejora de los modelos numéricos usados para la simulación de tsunamis, principalmente en sus aspectos de generación de la ola e impacto en la costa.
- Desarrollo de aproximaciones estadísticas y probabilísticas para la estimación de la peligrosidad de tsunami.
- Desarrollo y aplicación de métodos existentes y nuevos de generación de mapas de inundación.
- Definición de aproximaciones al estudio de escenarios, estimación de riesgo y vulnerabilidad, medidas de prevención y mitigación; en coordinación con los usuarios finales de los mapas e información.
- Disseminación de los datos y productos obtenidos, así como de las técnicas desarrolladas.

Estos aspectos se complementan e interrelacionan para la obtención de los mapas de inundación y riesgo de tsunamis, así como para la planificación de escenarios de riesgo y medidas de mi-

tigación (fig. 17, pág. 49). Uno de los conceptos fundamentales dentro del proyecto TRANSFER es la transmisión (de ahí el significado de su acrónimo) de los resultados y conocimientos generados a los actores principales que han de enfrentarse y gestionar los desastres naturales, es decir, a las autoridades y servicios de emergencias competentes en cada país; pero también a la población en riesgo.

Para probar y desarrollar las metodologías planteadas en el proyecto, han sido seleccionados una serie de lugares clave en los que el riesgo de tsunami es elevado y sus instituciones se han mostrado interesadas en colaborar con el proyecto. En estos lugares se están desarrollando mapas de inundación y estudios de vulnerabilidad por diferentes instituciones participantes en el proyecto. Cabe destacar que España, tanto por lugares de interés, como por participación de instituciones, es uno de los miembros más implicados del proyecto, con cuatro entidades involucradas: Universidad de Cantabria (UC), Organismo Público Puertos del Estado (OPPE), Universidad de Barcelona (UB) e Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Tabla 5. Escenarios piloto seleccionados en el proyecto TRANSFER para aplicar las metodologías desarrolladas en la generación de mapas de inundación y vulnerabilidad. KOERI: Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (Turquía); METU: Middle East Technical University (Turquía); INGV: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Italia); DFUNIBO: Dipartimento di Fisica Università degli studi di Bologna (Italia); UC: Universidad de Cantabria (España); IGN: Instituto Geográfico Nacional (España); CGUL: Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa (Portugal); EC-JRC: European Commission – Joint Research Center (Italia); UNU-EHS: United Nations University – Institute for Environment and Human Security (Alemania); WAPMERR: World Agency of Planetary Monitoring and Earthquake Risk Reduction (Suiza); UB: Universitat de Barcelona (España); OPPE: Organismo Público Puertos del Estado (España); CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique (Francia); AMRA: Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale (Italia); NOAGI: National Observatory of Athens Geodynamics Institute (Grecia); FORTH: Foundation for Research and Technology, Hellas (Grecia); NERC: National Environment Research Council (Reino Unido).

Escenarios	País	País
Estambul y mar de Mármara	Turquía	KOERI, METU, INGV, DFUNIBO
Cádiz	España	UC, IGN, CGUL, EC-JRC, UNU-EHS, WAPMERR
Huelva	España	CGUL, UC, IGN
Islas Baleares	España	UB, OPPE, UC, IGN, CNRS
Estrecho de Messina	Italia	DFUNIBO, AMRA, EC-JRC
Rodas y Fethiye	Grecia y Turquía	NOAGI, METU, INGV, DFUNIBO, WAPMERR, FORTH
Atlántico Nororiental	Noruega e Islandia	IGC, NERC
Alejandro	Egipto	EC-JRC, UNU-EHS, DFUNIBO
Mar Negro	Varios	DFUNIBO



## Riesgo de tsunamis en España

Existen tres zonas de generación de tsunamis principales para España: golfo de Cádiz, mar de Alborán y norte de Argelia. En el golfo de Cádiz es donde mayores terremotos y mayores tsunamis pueden generarse, siendo el terremoto de 1755 un ejemplo de este tipo, al que se le calcula una magnitud en torno a  $M_W$  8.5. En el mar de Alborán las fallas con capacidad de generación de tsunamis son de menor tamaño, de manera que la magnitud máxima que podemos esperar se sitúa en torno a  $M_W$  7.1, algo mayores en el norte de Argelia, donde terremotos con magnitud  $M_W$  7.3 – 7.5 no son descartables. Los tiempos de arribo de la ola, es decir, el tiempo que tardará en llegar a la costa una vez producido el terremoto, varían en función de la zona y la fuente generadora del tsunami.

Para el golfo de Cádiz, estos tiempos están entre 30 minutos y 1 hora; para las islas Baleares, siendo el tsunami generado en el norte de Argelia, el tiempo de arribo es de aproximadamente 30 minutos para la costa sur de las islas. Muy diferente es para las costas del mar de Alborán, al sur de la península, donde hay fallas capaces de generar tsunamis tan cerca de la costa que en unos pocos minutos impactaría la ola tras su generación; aunque también las hay en las que el tsunami generado tardaría del orden de 20 - 30 minutos.

Cuando los tiempos de arribo del tsunami son suficientemente altos los sistemas de alerta y evacuación de las zonas más peligrosas pueden funcionar eficazmente, pero cuando tan solo unos minutos están disponibles es básica la labor educativa y previsoras previa para que la población disponga de los recursos necesarios para reconocer un maremoto y saber actuar ante este. Para ambos tipos de actuaciones son imprescindibles los mapas de inundación por tsunami. Estos nos dotan del conocimiento necesario para planificar correctamente rutas de evacuación, puntos de asistencia y medidas de mitigación; pero también nos proporcionan una herramienta básica en la concienciación social, la prevención y la planificación.

Dos tipos de mapas de inundación pueden generarse gracias a las simulaciones numéricas: mapas deterministas y mapas probabilísticos. En los mapas deterministas clásicamente se representan los resultados obtenidos de la simulación para el mayor terremoto probable para una fuente concreta en el caso de marea alta, es decir, se hace un escenario del “peor caso”.

En los mapas probabilistas, en lugar de considerar tan sólo una fuente se tienen en cuenta todas las posibles y su probabilidad de generación de un terremoto grande. En el proyecto TRANSFER se han desarrollado ambos tipos de mapas con innovaciones respecto a las metodologías utilizadas hasta ahora.

En el caso determinista se ha introducido la influencia de los diferentes niveles de marea, de manera que obtenemos mapas de líneas de máxima inundación en los que se representan para cada fuente generadora de tsunami cuatro niveles de marea: mínima bajamar, bajamar más probable, pleamar más probable y máxima pleamar (fig. 18, pág. 49). Los mapas deterministas son útiles a la hora de la planificación de las construcciones singulares en las que las medidas de seguridad

ante desastres naturales deben extremarse, así como para la planificación de emergencias trabajando sobre escenarios concretos.

Los mapas probabilísticos representan el valor máximo más probable del parámetro para un intervalo de tiempo determinado. Es decir, en el caso de profundidad máxima de la lámina de agua en la zona inundada se representa para cada punto de la costa la máxima profundidad del agua esperable para un intervalo de tiempo determinado (fig. 19, pág. 50). En el caso de los mapas de inundación por tsunami que estamos desarrollando representamos intervalos temporales de 500, 1.000, 5.000 y 10.000 años. Estos mapas probabilísticos son de mayor utilidad en los estudios de riesgo y vulnerabilidad, debido a que en lugar de ser escenarios concretos, aportan datos estadísticos de probabilidad de ocurrencia y pueden utilizarse en la planificación urbanística habitual, además de en las planificaciones de los sistemas de emergencia.

## **Iniciativas para la implantación de un sistema de alerta temprana**

Existe un mandato de la UNESCO y la UE para la creación de un sistema de alerta que ya está funcionando de manera experimental. A pesar de la implicación científica de sus instituciones, España no dispone aún de un organismo que gestione la alerta de tsunamis y que centralice los esfuerzos que por otra parte son exigidos desde el grupo ICG-NEAMTWS de la UNESCO. España está representada en este grupo por varias instituciones coordinadas por la Vicepresidencia del gobierno: Instituto Español de Oceanografía (IEO), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Real Observatorio de la Armada (ROA), Organismo Público Puertos del Estado (OPPE), Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y Universidad de Cantabria (UC).

Una de las conclusiones de este grupo es que la puesta en marcha de un sistema de alerta temprana será efectivo únicamente para aquellos tsunamis de fuente lejana, es decir, aquellos que tarden más de 30 minutos en alcanzar las costas dado que estos sistemas en la actualidad tardan unos 10 minutos en dar la primera alerta. Para la zona Euro-mediterránea este sistema podría estar en funcionamiento hacia el final de 2011. Cada país dentro del grupo ICG-NEAMTWS deberá desarrollar sus propios planes de alerta y/o prevención a través de un organismo designado a tal efecto, que deberá además estar a cargo de las alertas locales, no contempladas por el sistema regional, y de hacer efectivas las alertas de este último. Al poder subdividirse el Mediterráneo en dos sub-cuencas aproximadamente independientes desde el punto de vista del riesgo de tsunami, la occidental y la oriental, se ha decidido la creación de dos centros regionales de alerta de tsunami.

El encargado de la alerta del Mediterráneo occidental también estará a cargo del Atlántico Nororiental. Aún hoy no hay determinados organismos europeos encargados de la alerta regional, pero lo que es seguro es que cada país deberá tener un centro de alerta de tsunami que debería estar en funcionamiento en el momento en que la red lo haga, es decir, en 2011. En España este centro aún está por determinar.

Es una cuestión urgente para la seguridad ciudadana el establecimiento de un sistema de alerta y prevención de tsunami adecuado en nuestro país. Existen las capacidades y la tecnología para crearlo, y sabemos que en el futuro, tarde o temprano, sufriremos de nuevo el golpe de la naturaleza en nuestras costas. Sería imperdonable que en nuestros días sucediera una catástrofe similar a la ocurrida en 1755; ahora tenemos la tecnología y conocimientos para mitigar este daño. Lamentablemente, situaciones como la ocurrida en Estados Unidos con el Katrina demuestran que el ser un país desarrollado no garantiza la inmunidad ante los desastres naturales si no empleamos parte de ese desarrollo en prevenirnos ante las amenazas naturales, sobre todo cuando tenemos la certeza de que esa amenaza se hará realidad en algún momento. Un primer paso es tan sencillo como el saber qué ocurrirá en nuestras costas cuando un tsunami tenga lugar.

La producción de mapas de inundación es un proceso científicamente complejo, pero de coste mucho más bajo que el del establecimiento y mantenimiento de una red de vigilancia; aunque ambos aspectos son necesarios para un sistema de alerta efectivo. La minoración de los daños por catástrofes naturales pasa irremediabilmente por la prevención y la educación; en ambos casos los mapas de inundación son herramientas imprescindibles.



# CATASTROFES NATURALES. PREVENCIÓN Y SOLUCIONES ASEGURADORAS

Pablo López Vilares y  
Alfonso Nájera Ibáñez  
Consortio de Compensación de Seguros

Desde la perspectiva del seguro las catástrofes naturales se diferencian de lo que podemos considerar riesgos ordinarios (incendio, roturas, averías, accidentes, etc.) por el comportamiento errático de aquellas, puesto que se caracterizan por su baja frecuencia y su alta intensidad. Su acaecimiento es mucho menos repetitivo que en el caso de los riesgos ordinarios –incluso pueden darse amplísimos períodos de retorno-, pero, cuando suceden, las pérdidas son mayores y llegan a alcanzar niveles devastadores.

Los daños por catástrofes naturales, desde una perspectiva mundial, han experimentado un acelerado incremento en las últimas décadas, situándose en cotas de pérdidas difícilmente imaginables. Los efectos del huracán Andrew, de agosto 1982; del terremoto de Northridge, de enero 1994; del terremoto de Kobe, de enero 1995, y del huracán Katrina, de agosto 2005, entre otros muchos eventos, son hitos en esa tendencia alcista de los daños. Según datos de la reaseguradora Munich Re, el récord de pérdidas económicas lo ostenta el terremoto de Kobe, con daños actualizados por valor de 140.000 millones de USD, mientras que el mayor evento por pérdidas aseguradas sería el huracán Katrina, por un monto de 67.700 millones de USD<sup>4</sup>.

Sin descartar en algunas catástrofes de origen climático una cierta influencia (difícilmente cuantificable) del calentamiento global, los expertos están de acuerdo en señalar que, hasta la fecha, las principales causas de este incremento de los daños se deben a una serie de factores, todos ellos relacionados con el comportamiento humano. Entre los más determinantes cabría resaltar la creciente concentración de personas y bienes; la ocupación de zonas de riesgo; el aumento del valor de las exposiciones (entre otras cosas por su mayor componente tecnológico); las deficiencias en la gestión medioambiental, en la ordenación territorial y en la planificación urbanística, etc.

---

<sup>4</sup> Munich R4; « *Natural Catastrophes 2007. Analises, assessments, positions* », *Topics GEO*. 2008

En la gestión de este tipo especial de riesgos caben dos tipos de planteamiento: uno reactivo y otro pro-activo. En el primero se trata de responder a las catástrofes con los recursos de que pueda disponerse en ese momento, tanto para asistencia de emergencia como para reconstrucción, sin referencias preventivas y de planificación y preparación previas. Nos moveríamos en un entorno “ex-post”. Obviamente, no es frecuente que en la realidad se den situaciones de esta naturaleza en su expresión de desconocimiento, desidia o improvisación más extrema.

Al contrario, en el planteamiento pro-activo prima la actitud anticipatoria y preventiva y obviamente planificada (entorno “ex-ante”), que, en buena lógica y desde una perspectiva integral de la gestión de los riesgos naturales catastróficos, debería plasmarse en las tres fases de la catástrofe: en “el antes”, mediante estrategias de mitigación del riesgo y reducción de daños potenciales; en “el durante”, mediante medidas que posibiliten alertar a la población con la mayor anticipación posible y permitan una gestión eficaz de la situación de emergencia (salvamento, asistencia, re-alojamiento, etc.), y en “el después”, a través de instrumentos financieros (seguros, ayudas, etc.) para la reconstrucción.

De lo que se trataría con un planteamiento pro-activo es de reducir la vulnerabilidad de la población, aspecto que tiene tanta importancia en la fase anterior al evento catastrófico como en la fase posterior al desencadenamiento del mismo, en tanto que el nivel de vulnerabilidad de una población respecto de las catástrofes también viene determinado por su capacidad de respuesta para la recuperación y la reconstrucción. Y aquí los instrumentos financieros, con especial incidencia del seguro, tienen especial significación.

Desde el punto de vista del seguro nos interesa destacar los aspectos de mitigación del riesgo y las soluciones específicas de cobertura como instrumentos de financiación de la reconstrucción.

Sucintamente cabría decir que la mitigación del riesgo y su efecto deseado, la reducción de los daños, tiene como campos principales de referencia:

- El conocimiento sobre la génesis y comportamiento de los fenómenos naturales susceptibles de desencadenar catástrofes;
- El conocimiento –para cada tipo de evento, geológico o climático- de las zonas donde se han registrado (antecedentes históricos) y pueden registrarse catástrofes naturales, identificando las superficies potencialmente afectadas por un evento previsible según niveles de virulencia, con los distintos grados de peligrosidad, y donde la cartografía se revela como instrumento imprescindible.
- El diseño de políticas y adopción de medidas tendentes a mitigar los riesgos y reducir la vulnerabilidad frente a los mismos. En este último aspecto cabe hablar de medidas estructurales (como por ejemplo canalizaciones, muros y otras obras civiles de defensa y control de avenidas) y de medidas no estructurales, que son las que se plasman en disposiciones y normas que regulan la ordenación del territorio, la gestión medioambiental, la planificación urbanística, los códigos de edificación, etc.

En cuanto a la cobertura aseguradora de estos peligros naturales, debe señalarse que el aludido particular comportamiento de los mismos requiere la adopción y aplicación de mecanismos de cobertura específicos y apropiados a la frecuencia, pero sobre todo a la intensidad. Así, el aseguramiento de estos riesgos, aparte de situarse en una perspectiva temporal distinta a como lo haría respecto de los riesgos ordinarios, debe basarse en una alta capacidad financiera y en una especializada gestión de la siniestralidad. Téngase en cuenta que, a diferencia de lo que ocurre con los riesgos ordinarios, un solo evento natural catastrófico puede afectar simultáneamente a un número elevado de asegurados, en una amplia extensión geográfica. El nivel de concentración de exposiciones aseguradas en un territorio dado adquiere aquí especial relevancia en lo que al alcance y cuantía del daño se refiere. Por este problema de cúmulos, la cartera de negocios de un asegurador podría resultar seriamente comprometida, puesto que muchos de sus asegurados quedarían afectados al mismo tiempo.

El mencionado incremento de los daños por catástrofes y la forma de afrontar el problema es motivo de preocupación generalizada en todos los países, pero especialmente en los más amenazados por graves eventos. Dadas las especiales características de esos riesgos anteriormente referidas, en la mayoría de los países los respectivos mercados aseguradores no pueden asumir con garantías suficientes su cobertura. Por eso, en muchos países se han habilitado (o se estudia habilitar) sistemas de cobertura con algún tipo intervención pública, caso de Bélgica, Estados Unidos, Francia, Islandia, Japón, Nueva Zelanda, Suiza, Taiwán, España, etc<sup>5</sup>. Son sistemas muy diversos, con características propias que responden a la heterogeneidad de situaciones a que deben hacer frente. Y es que los países difieren en lo que se refiere a fenómenos más amenazantes, a nivel de desarrollo económico-social, a estructura de su mercado asegurador, a cultura aseguradora.

En los últimos años, y gracias a la cooperación internacional, tanto multilateral (Banco Mundial fundamentalmente) como bilateral (Japón sobre todo), se han puesto en marcha nuevos sistemas, como es el caso de El Caribe, Turquía y Rumania, y otros que están estudio para implantarse en Bulgaria y la zona del Pacífico.

En otros países, caso de disponer de cobertura para catástrofes naturales, la oferta proviene del mercado privado, como ocurre en Alemania, Australia, Canadá, Reino Unido, etc. Donde no es posible encontrar cobertura privada y se carece de sistema con intervención pública, la reconstrucción suele basarse en las ayudas públicas, generalmente con un planteamiento ex-post, caso de Italia.

En España, el aseguramiento de los peligros de la naturaleza está sólidamente asentado desde hace décadas sobre un sistema cuya figura central es el Consorcio de Compensación de Seguros. El funcionamiento del sistema es muy sencillo: la cobertura de este tipo de peligros se incluye obligatoriamente en las pólizas de determinados ramos de daños en los bienes y en las personas (ac-

---

<sup>5</sup> Consorcio de Compensación de Seguros, *La cobertura aseguradora de las catástrofes naturales. Diversidad de sistemas*. CCS, Madrid, 2008.

cidentes, vida) y, a cambio de un recargo, otorga al asegurado el derecho a recibir una indemnización en caso de sufrir daños como consecuencia de algunos de los siguientes eventos: inundación extraordinaria, tempestad ciclónica atípica (incluidos vientos superiores a 135 km/h), terremoto, tsunami o erupción volcánica.

En el recargo se aplica una tarifa única e indiferenciada para todo el territorio nacional (también para el extranjero en caso de daños personales) y para todo los riesgos cubiertos. Ello deriva de los principios que sirven de base al sistema: la solidaridad y la compensación (territorial y de riesgos). Principios que explican también la obligatoriedad de la inclusión de la cobertura y del correspondiente pago del recargo. La antiselección que se produciría en caso de que no fuera así haría inviable la pervivencia del sistema, porque únicamente los asegurados con riesgos más expuestos adquirirían cobertura, obligando entonces a la aplicación de recargos cuya elevada tarifa los acabaría haciendo inasequibles, y acabando socavado un principio básico del seguro, como es la mutualización.

La dimensión aseguradora no excluye la dimensión preventiva, sino que ambas se complementan. Un planteamiento integral de la gestión de los riesgos naturales catastróficos ha de orientarse a conseguir la máxima reducción de los daños potenciales por catástrofes y a la habilitación de los adecuados instrumentos financieros de recuperación para las pérdidas que, a pesar de las estrategias de mitigación, se produzcan. Pero este planteamiento, y aunque la colaboración entre todos los actores no sólo es posible sino deseable, no debe confundir los ámbitos competenciales de los esquemas aseguradores con los de las autoridades públicas. Son éstas últimas las que tienen la responsabilidad, la función reguladora y el poder de coerción y de sanción, de acuerdo con la ley, en lo relativo a la ordenación del territorio, la planificación urbanística, los usos del suelo, los códigos de construcción, la gestión medioambiental, etc.

La conciencia sobre la necesidad de tener una actitud preventiva frente a las catástrofes naturales, y actuar en consecuencia, es algo que ha ido calando de una forma u otra en todos los países, si bien en algunos de ellos las concreciones, tanto por lo que afecta al conocimiento e identificación de los riesgos como por lo que respecta a las políticas estructurales y no-estructurales de prevención, han adquirido un alto nivel de desarrollo bajo los auspicios de las autoridades públicas, en muchos casos con la colaboración de entidades privadas (incluidas las aseguradoras).

La relación entre cobertura aseguradora y mitigación es más estrecha en ciertos países, sobre todo en algunos desarrollados especialmente proclives a acumular grandes pérdidas por catástrofes, de tal manera que, en algún caso, el aseguramiento está condicionado por cómo se gestiona la prevención. En el Reino Unido, por ejemplo, se estableció a inicios de los años sesenta una fórmula de equilibrio como plataforma de colaboración entre el mercado privado y las instancias públicas, fórmula por la cual las compañías aseguradoras se comprometían a proporcionar por sí mismas cobertura generalizada de inundación a precios asequibles, a cambio del compromiso del gobierno de dedicar recursos suficientes para las medidas de mitigación del riesgo de inundación (barreras de defensa, etc.). La ocupación de zonas de riesgo por un alto número de nuevas



edificaciones y un gasto público insuficiente en la prevención por parte del gobierno, tal como denuncia la Asociación de Aseguradores Británicos (ABI), están poniendo en peligro la continuidad de este sistema que, hasta la fecha, ha permitido una altísima penetración del seguro de inundación.

Fórmula distinta es la vigente en los Estados Unidos dentro del Programa Nacional de Seguro de Inundación (*National Flood Insurance Program*). En este marco ningún ciudadano puede adquirir seguro de inundación de forma individualizada si previamente su comunidad (municipio) no ha adoptado los criterios de identificación y reducción de riesgos -con sus correspondientes mapas- establecidos por la Agencia Federal de Gestión de Emergencias (FEMA), y aplicados con su colaboración, para el soporte técnico y funcionamiento del citado programa de seguros. No obstante, la tasa de penetración de esta cobertura está por debajo de lo esperable, pues sólo el 50% de las viviendas situadas en las zonas más expuestas (Áreas de Peligro Especial de Inundación, SFHAs son las siglas en inglés), han adquirido cobertura aseguradora dentro de ese programa.

En Europa, las inundaciones que en distintos momentos han afectado desde la pasada década a múltiples países, con abultados y extensos daños, han llevado al planteamiento de varias iniciativas de ámbito internacional en torno a la mitigación de los riesgos naturales en general, y de la inundación en particular, con especial incidencia en la identificación, evaluación y localización de riesgos, en diseño de mapas (con homogeneización de leyendas) y en la sensibilización de la población y divulgación del conocimiento en torno a esta problemática. En la Unión Europea, y a título de ejemplo, destaca la publicación de la Directiva sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación<sup>6</sup>. Obviamente, todas esas iniciativas van a redundar en un mejor conocimiento de los riesgos naturales catastróficos y de la vulnerabilidad de las poblaciones respecto a los mismos, y ello ha de incidir en la disminución de los daños, con la correspondiente repercusión positiva en la reducción de las pérdidas para el seguro.

Un mapa de riesgos de calidad permitiría mejorar la planificación del territorio y adoptar medidas preventivas allí donde sean necesarias, reduciendo de este modo la siniestralidad y aumentando por tanto la eficiencia del aseguramiento. En este sentido, y por lo que a España respecta, el PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana) es una iniciativa pionera y está dando resultados satisfactorios.

La elaboración de un mapa de riesgos requiere de una combinación entre teoría y práctica. En el caso de las inundaciones, por ejemplo, los estudios hidráulicos e hidrológicos deben ser comprobados y calibrados con los datos de que se disponga sobre los eventos habidos en una determinada zona. El Consorcio de Compensación de Seguros, como entidad que gestiona en España el sistema de cobertura de las catástrofes naturales, dispone de una importante base de datos de

---

<sup>6</sup> Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (DO L 288 de 6-11-2007, p. 27).

sinistralidad (fig. 20, pág. 50 y fig. 21, pág. 51) que, adecuadamente tratada, puede ser de gran utilidad para su incorporación a los mapas de riesgos de la naturaleza. Además, dado que los siniestros de inundación y sismo tienen una recurrencia espacial muy clara, el análisis de los sucesivos eventos que se vayan produciendo en una misma zona permitiría valorar la efectividad de las medidas correctoras que se pudieran adoptar.

# IMPLICACIONES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL RIESGO DE INUNDACIÓN. CONSECUENCIAS PARA LA CARTOGRAFÍA DE RIESGOS

*José A. Ortega Becerril*

Depto. Geodinámica. Universidad Complutense de Madrid  
jaortega@geo.ucm.es

Desde su propia definición (Ayala *et al.*, 1988), riesgo es “todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducida o mixta, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos”. La existencia de riesgo implica la presencia del hombre ocupando el medio natural. Sin el hombre y sus actividades no habría riesgo, tan solo un proceso natural sin consecuencias.

Por tanto, las actividades humanas van a modificar los procesos naturales, y casi siempre contribuir a empeorar la situación. Dentro de este marco, las actuaciones humanas pueden ser divididas en acciones directas e indirectas en función de si actúan o no directamente sobre el elemento físico. Además de esto, sus efectos son distintos en diversas partes de la cuenca (laderas o cauces) y en sus consecuencias (procesos o efectos en el régimen de crecidas).

Los mapas de riesgo, en especial en España, los mapas de peligrosidad por inundaciones, son elementos muy útiles sobre todo para la gestión del territorio. La ordenación urbana y planes de actuación a nivel municipal, regional o estatal los demandan, y mucho más actualmente con los recientes avances en legislación nacional y europea que los hacen una herramienta imprescindible. En este sentido podemos ver como existe poca cartografía y una gran demanda, pero además, gran parte de la cartografía existente procede de trabajos realizados hace tiempo. Un aspecto interesante es la influencia de estas acciones antrópicas en las variables de entrada para construir los mapas de riesgos. La mayoría de ellas son muy cambiantes, como por ejemplo los usos del territorio, elemento imprescindible en la determinación del umbral de escorrentía o número de curva, que derivará en los modelos en la obtención de un caudal máximo u otro.

Así pues, estimamos que es muy necesario tener en cuenta el factor humano en las transformaciones del territorio y, en consecuencia, en la validez de los datos aportados por los mapas de riesgo.

## Las actividades antrópicas

Las actividades humanas pueden incrementar el riesgo por inundación mediante cambios en las características de la cuenca de drenaje que controlan el movimiento de agua y sedimento desde las laderas hasta los cauces. El manejo del uso del suelo, en el que directamente influyen actividades como agricultura, ganadería, urbanización, obras públicas o incluso el cambio climático, es crítico a la hora de cambiar los parámetros y variables hidrológicas. Todas estas actividades tienen influencia a nivel de cuenca, pero el hombre es capaz de actuar y transformar directamente las zonas más activas de los cursos fluviales; llanura de inundación y cauces, mediante la transformación-deseccación de humedales, construcción de presas, canalizaciones, minería, etc. Los tipos de acciones se pueden clasificar en directas, localizadas en el dominio o zona inundable (cauce y llanura de inundación) o indirectas, localizadas en la cuenca de drenaje.

### Acciones indirectas

Son muy conocidas algunas de las transformaciones indirectas en la cuenca, como **deforestación** (talas e incendios) y urbanización. Los efectos derivados, en el caso de la disminución de cobertura vegetal, afectan en el régimen de crecidas incrementando la frecuencia y magnitud de las crecidas. Esto se produce por un incremento de la tasa de sedimento y agua aportada por las laderas por reducción de la infiltración. Los incendios, bien sean provocados o derivados por un inadecuado manejo humano, terminan transformando y acelerando los procesos erosivos. Si a esto se le une la “mala suerte” de que unas lluvias fuertes afecten la zona antes de que la vegetación colonice de nuevo el suelo, podemos encontrarnos con avenidas que ocurren antes de tiempo. Este es el caso de las figuras 22, pág. 51, 23, pág. 52 y 24, pág. 52, donde un incendio en el término municipal de Casavieja (Ávila), con una extensión de unas 800 ha, provocó tras unas lluvias muy bajas, una removilización de material de las laderas y procesos de *debris flow* y avenidas combinados en todas las gargantas afectadas. Aquellos cauces cuya cuenca de drenaje estuvo libre del fuego, no presentaron ante el mismo evento ningún tipo de problema.

En el segundo caso, la **urbanización**, los efectos han de dividirse en dos: la fase de obra y la fase post-obra. En la primera fase se produce un aporte muy alto de material a los cauces, con el resultado final de agradación en los mismos. En la segunda fase, una vez construida la obra que cubre parcialmente la cuenca. El resultado final es un incremento brusco de los aportes líquidos por impermeabilización. El resultado final en el régimen de crecidas es el mismo, aumento de la frecuencia y magnitud. Se reducen los tiempos de demora entre el pico de la precipitación y el del hidrograma y, en consecuencia, el agua llega más rápido y con un hidrograma más puntiagudo (las inundaciones se hacen más súbitas).

Este factor ha de ser tenido muy en cuenta en España, pues los incrementos de la superficie urbanizable en los últimos años han sido espectaculares. En algunos términos municipales la superficie construida ha superado en más de un 300% la superficie preexistente, y los nuevos planes de ordenación municipal contemplan cambios dramáticos en el paisaje urbano y periurbano nacional.

Un buen ejemplo de estos cambios lo tenemos en la expansión de la ciudad de Badajoz, que inicialmente se encontraba amurallada y en zona alta, protegida de las avenidas del río Guadiana, pero también de uno de sus afluentes, el río Rivillas (fig. 25, pág. 53 y fig. 26, pág. 54). La expansión de la ciudad extramuros implica una ocupación de los terrenos inundables, en un principio en forma de asentamientos ilegales, pero después ya regularizados (Ortega, 2007).

Gran parte de la culpa en términos de pérdidas económicas, pero sobre todo de vidas humanas, en la catástrofe de noviembre de 1997, tuvo que ver con este crecimiento que dejó a los ríos Rivillas y Calamón sin llanura de inundación. Además, el hidrograma cobró una morfología muy estrecha y acusada, en parte por causas naturales debidas a la morfología de las subcuencas, y en parte a las actuaciones urbanísticas y de uso del suelo en la cuenca.

Otro de los impactos indirectos es el producido por la **agricultura**, que en general también suele disminuir la densidad vegetal, y por tanto reducir el impacto directo sobre el suelo, aporte de sedimentos e infiltración del agua de lluvia. Los efectos de la agricultura han sido descritos desde hace tiempo, resultando en valores preocupantes de erosión del suelo, como aporta Knox (1987) con tasas entre 0,02 y 5 cm/año. Los cambios drásticos de usos del suelo, por ejemplo el paso de dehesa a olivar o viñedo, disminuyen notablemente el umbral de escorrentía, y por tanto favorecen una llegada de más agua de las laderas a los cauces. Al caudal líquido hay que sumar el caudal sólido aportado por la erosión del suelo, que se ve desprotegido al perder el estrato arbustivo y la cubierta arbórea.

Por continuar con un ejemplo ya descrito, en las inundaciones de Badajoz, además de la transformación urbana, hubo una intensa transformación agrícola en la cuenca del río Rivillas. Con una pérdida generalizada de la dehesa tradicional, y aumento de otro tipo de cultivos, como la vid y el olivo (fig. 27, pág. 54) que derivan en una desprotección mayor del suelo y aumento de la erosión y sedimentación aguas abajo.

Apenas se conoce el efecto de las prácticas agrícolas en la producción de erosión en las laderas. Una de las actuaciones consensuadas durante largo tiempo, era que el arado a favor de la pendiente aumentaba la erosión, mientras que el arado a favor de las curvas de nivel la disminuía; algunos trabajos recientes parecen indicar lo contrario, pues se favorece la evacuación de la escorrentía en las laderas más rápida.

Otros factores indirectos que causan incremento en la magnitud y frecuencia de las crecidas es la **destrucción de humedales**. Estos, muchas veces están ligados a impactos urbanísticos, como la desecación del Almarjal de Cartagena donde hoy se encuentra un barrio de esa ciudad (fig. 28, pág. 55). En esta antigua laguna, hoy incorporada plenamente a la ciudad, las inundaciones por lluvias intensas son muy frecuentes, por incapacidad para drenar altos volúmenes de agua. Las zonas húmedas son un excelente laminador de crecidas, tanto por avenidas en los cauces que llenan las tablas y lagunas, como por precipitación intensa en zonas endorreicas.

## Acciones directas

Evidentemente, las acciones directas sobre los cauces y llanura de inundación son las que presentan un mayor impacto puntual y la relación causa-efecto parece más clara. La respuesta de los ríos en entornos urbanos, es siempre compleja, y sus adaptaciones suelen comportar un riesgo para las poblaciones y bienes humanos.

La minería desestabiliza los canales, aporta sedimento al cauce y genera agradación en los mismos, favoreciendo los procesos de avulsión. Otro tipo de minería más agresiva son las graveras (fig. 29, pág. 56), que cambian el perfil longitudinal y desestabilizan el río durante momentos de avenidas.

Las canalizaciones, en general, suponen una rectificación de la sinuosidad natural y, en momentos de crecidas, el aumento de la velocidad de la corriente y con ello la posibilidad de que los impactos (y riesgos) sean mayores en infraestructuras y poblaciones. Los cambios bruscos de orientación en el cauce son los que más sufrirán las consecuencias del aumento de velocidad.

Un ejemplo de ello es la canalización artificial de parte del río Jarama en su paso por las inmediaciones del aeropuerto de Madrid-Barajas (Ortega *et al.*, 2004). El río, desviado de su curso original para construir parte de una de las pistas nuevas en el año 2000, ha de reequilibrar su perfil, desajustado por la inadecuada pendiente y trazado de la canalización, para ello comienza su acción remontante desde su entronque con el canal antiguo y hacia arriba (fig. 30, pág. 56). Los valores de velocidad y energía (potencia fluvial) muestran el claro desequilibrio al final de la canalización (fig. 31, pág. 57).

La construcción de diques o levees provoca erosiones, problemas de evacuación de las aguas desbordadas y su retorno al cauce y una mayor velocidad de las aguas, y en general una inadecuada ordenación causa siempre problemas en la margen contraria o aguas abajo.

Las presas son elementos que inicialmente dan sensación de seguridad a los ciudadanos, pero existe un problema con la gestión de crecidas y es el uso para el que están concebidas y su gestión. La mayoría de las presas de España no tienen como finalidad la laminación de las crecidas y, generalmente, cuando ocurren estas se encuentran en sus niveles máximos de llenado, con lo que su capacidad de laminación es muy baja, y además suelen provocar nuevas crecidas con los desembalses. Su gestión y manejo ha de hacerse cuidadosamente y sobre todo para las pequeñas presas que abastecen y garantizan el suministro a poblaciones pequeñas. Muchas de estas estructuras tienen fines lúdicos o deportivos y no compensan estos con el daño ecológico y cambios que producen en los ríos.

La agricultura produce un impacto indirecto importante, pero también determinados manejos son capaces de alterar el entorno fluvial y crear un impacto directo. Durante la inundación del río Rivillas se constataron numerosas malas prácticas que derivaron en agravar los efectos de la crecida en la ciudad de Badajoz y, por tanto, en el entorno urbano alejado de donde se produjeron las actuaciones. La utilización de la llanura de inundación para cultivar supuso cambios en la

misma, como la rectificación del curso principal, enterramiento y nivelación del terreno en arroyos secundarios, enterramiento y relleno de meandros, arado y cultivo paralelo a la dirección del flujo (fig. 32, pág. 57). Todo ello contribuyó a un aumento de las variables de velocidad de la corriente, energía de la misma, esfuerzo de cizalla en el fondo, y arrancamiento del suelo, con lo que aumentó la carga sólida transportada.

Las infraestructuras muchas veces contribuyen a crear problemas e interferir en la dinámica natural de un curso fluvial durante avenidas (fig. 33, pág. 58). Es muy conocido el efecto de represa que crean los puentes con un diseño inadecuado. También es muy común encontrar estructuras bien diseñadas, pero en las que se ha construido otra posterior de menor luz y que interferirá claramente en la primera. Líneas de ferrocarril con un drenaje inadecuado o carreteras que suponen retención de las aguas de crecida y el encharcamiento durante un periodo más prolongado de tiempo.

En un caso muy especial, como son las ramblas, las vías de comunicación no prestan demasiada atención a la existencia del cauce, cruzándolo muy frecuentemente en pasos a nivel, donde suelen ocurrir víctimas por arrastre de vehículos, o en ocasiones, constituyendo aparcamientos, basureros e incluso empleando la rambla como una vía de comunicación (figs. 34 y 35, pág. 58).

## **Consecuencias para la cartografía de riesgos**

Todas las transformaciones en el territorio, y muy especialmente las desarrolladas en el entorno urbano, van a conllevar la modificación de los mapas de peligrosidad por inundaciones, pero también los elementos expuestos, vulnerabilidad y, en consecuencia, el riesgo de inundación. Algunos ejemplos de mapas de peligrosidad, cambios y sus consecuencias se exponen en Díez-Herrero *et al.*, (2006).

Modificaciones como el levantamiento de diques de contención en un margen producen cambios en el trazado de los contornos de los caudales asociados con un determinado periodo de retorno. Estos cambios, si se hacen de forma descontrolada y sin una adecuada ordenación territorial suponen la modificación y, por tanto, invalidación del mapa de peligrosidad. Esto nos puede llevar a cometer el error de autorizar actuaciones en antiguas zonas seguras, pero que hoy no lo son, como en el caso del río Jarama por construcción del dique del aeropuerto, recrecido y ampliado varias veces. También puede ocurrir la situación inversa, es decir, que no se autoricen actuaciones en zonas seguras. Las canalizaciones producen también cambios, pues la aceleración de la corriente supone una transformación de los valores de velocidad y calado en zonas singulares (codos del río).

El efecto de las presas en la cartografía de riesgos parece evidente, pues si la presa está destinada a laminación, bajan bastante los nuevos caudales máximos asociados con un periodo de retorno y, por tanto, cambian los contornos del mapa de peligrosidad. Pero estas modificaciones han de tener en cuenta el uso de la presa y sobre todo el manejo de la misma durante episodios de crecida.

La urbanización o cambio en las actividades dentro de las zonas inundables han de estar sujetas a restricciones y precauciones por estas razones, pues ya es sabido que los mapas de peligrosidad han de actualizarse, pero muchas veces esto no será posible y se empleará para la gestión del territorio mapas antiguos que no incorporan cambios importantes. Uno de los cambios que han de tenerse en cuenta son los producidos por los propios episodios de crecida, que generan transformaciones, a veces de consideración, como cambios de trazado y curso del río, corta de meandros, creación de nuevas vías de agua (y, por tanto, nuevas zonas de intenso desagüe a tener en cuenta en la cartografía), aumento de pendiente (mayor velocidad, menor calado, mayor energía) en zonas de erosión, pero también lo contrario, disminución de la pendiente por aterramiento o agradación (menor velocidad, mayor calado, menor energía).

La cartografía de riesgo de inundaciones debería tener en cuenta todas las transformaciones en el territorio, especialmente las desarrolladas en el entorno urbano. Ello conlleva una actualización permanente, no solo de los mapas de peligrosidad, sino también de todos aquellos elementos que influyen en la preparación de nueva cartografía, como por ejemplo los usos del suelo y sus transformaciones, que son claves en el cálculo de factores, como el número de curva, imprescindibles para los modelos hidrológico-hidráulicos.

El nuevo plan de cartografía de zonas inundables, que contempla la actualización de los modelos cada pocos años, supone un buen ejemplo de la necesidad de no dar por zanjada una zona, una vez tengamos la cartografía hecha. Pero puede ser que de nuevo encontremos problemas en las actualizaciones, que no sólo precisan de rodar de nuevo el modelo, sino más bien de que todos aquellos elementos básicos, y especialmente los que aportan una mayor sensibilidad, sean actualizados a la par. Es el caso del ya citado número de curva, que puede modificar un alto porcentaje. La determinación correcta del tipo de uso del suelo es crucial en el resultado final del umbral de escorrentía. Esta es la variable que tiene una mayor sensibilidad en la estimación del número de curva (Ferrer, 2003). Los porcentajes de cambio del umbral de escorrentía o número de curva oscilan entre un 3,5% en el caso de viñedos, y un 50% en el monte bajo en el caso de suelos de tipo impermeable, por ejemplo.

Otra variable muy sensible al cambio y que transformará por completo el modelo resultante, es la rugosidad. Parámetro muy empleado en los modelos de tipo hidráulico para estimación del caudal máximo. Además, el cambio en la rugosidad afecta no sólo al cauce sino a la llanura de inundación, donde una tala de la vegetación de ribera o un cambio en el tipo de cultivo transforman hasta un 20% el caudal máximo resultante, y también los calados.

Este tipo de actualizaciones, junto con las de los nuevos elementos expuestos y vulnerabilidad, derivará en una correcta actualización de los mapas de riesgos de inundación y en aumentar la confianza que sobre este tipo de mapas ha de tener tanto los técnicos, planificadores que los utilizan como los gestores o la población no experta.



Tabla 6. Actuaciones peligrosas por su transformación de la dinámica natural y por sus efectos en los cambios en la cartografía de zonas inundables. Lo que NO debería hacerse.

Localización actuación	Efectos negativos
En el cauce	<p>Eliminar cauces, incluidos cauces menores.</p> <p>Rectificar canales y destruir meandros.</p> <p>Eliminar vegetación de ribera.</p> <p>Dragar los ríos y extraer carga sólida del cauce.</p> <p>Dragar el río y sobrelevar el cauce por encima de su llanura de inundación.</p> <p>Levantar diques de contención para las aguas si tener en cuenta los efectos en la margen contraria o aguas abajo.</p> <p>Construir escolleras en una margen sin tener en cuenta los efectos en la contraria y en el perfil longitudinal del río.</p> <p>Diseñar obras estructurales en poblaciones para caudal máximo de crecida con periodos de retorno inferiores a 500 años.</p> <p>Enterrar cauces en poblaciones y que dichos conductos pasen bajo las viviendas.</p> <p>Tapar ojos de puentes con construcciones (viviendas, arbolado, contenedores).</p> <p>Diseñar infraestructuras perpendiculares al flujo con distinta capacidad (secuencias de puentes encadenados y con distinto dimensionamiento).</p> <p>Permitir la construcción incontrolada de pasos a nivel (caminos, carreteras, pistas) que cruzan los arroyos.</p> <p>Permitir los cruces a nivel en ramblas en ciudades, y en su caso establecer señalización de emergencia (barreras, semáforos, sirenas).</p> <p>Permitir el aparcamiento en las ramblas en periodos de alerta por lluvias intensa.</p>
En la llanura de inundación	<p>Cultivar con arados muy profundos en la llanura de inundación.</p> <p>Arado paralelo a la dirección del flujo.</p> <p>Crear escombreras en la llanura de inundación y cerca del cauce.</p> <p>Permitir usos en la llanura de inundación que impliquen una ocupación de volumen grande.</p> <p>Permitir la construcción de viviendas en zona inundable con periodos de retorno medio y bajo.</p> <p>Realizar cálculos hidrológicos de laminación de avenidas teniendo en cuenta la laminación de embalses no diseñados para ello (hidroeléctricos, regadío...).</p> <p>Permitir el vertido de escombros y basura en la llanura.</p>
En la cuenca	<p>Cambios de usos del suelo que sean drásticos e impidan la pérdida notable de cubierta vegetal.</p> <p>Cambios de cultivos muy agresivos con el suelo y que lo desprotegen (dehesa a viñedo, por ejemplo).</p> <p>Prácticas agrícolas en las laderas que favorezcan la erosión (cultivo y arado en pendiente).</p> <p>Diseño de infraestructuras que impidan la migración de caudal líquido y sólido en la cuenca (carreteras, vías del tren). Con especial atención a la dinámica natural de los abanicos y cauces torrenciales.</p> <p>No asumir que los abanicos aluviales tienen una dinámica compleja y que por tanto no han de hacerse actuaciones en toda su superficie.</p> <p>Permitir urbanizaciones que supongan la impermeabilización de grandes porciones de la cuenca o que afecten en gran medida a alguno de los afluentes.</p> <p>Vertidos de aguas residuales sin depurar a los ríos, pues favorecen el crecimiento de especies arbustivas que disminuyen su efectividad de evacuación durante avenidas.</p> <p>Vertido de fertilizantes. Provocan el crecimiento anómalo de plantas en el cauce y disminuyen su efectividad de evacuación durante avenidas.</p>

## Bibliografía

- Ayala, F.J., Duran, J.J. y Peinado, T. (1988, eds.). *Riesgos geológicos*. IGME, 333 pp.
- Baladrón, J., Rivero, C., Encinas, A. y Ortega, J.A. (2006). Acumulación de impactos en ecosistemas fluviales: Degradación del río Perales y su entorno a su paso por la urbanización Cerro Alarcón (Madrid). *Actas del IV Congreso Ibérico del Agua*. Tortosa.
- Díez-Herrero, A., Laín, L. y Llorente, M. (2006, eds.). *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: métodos, experiencias y aplicación*. IGME, 232 pp.
- García, J.C., Ortega, J.A. y Ferrer, M. (2004). Inundaciones históricas en la ciudad de Cartagena: su relación con las precipitaciones y la ocupación urbana del medio natural. *Geotemas*, 6(1), 336-338.
- Ferrer, M. (2003). Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección. CEDEX. Monografía C-48. Madrid. 346 pp.
- Garzón, G., Alonso, A., López, J. y Arche, A. (1990). Desbordamientos en el río Jarama (Prov. de Madrid) e interferencia humana en la llanura de inundación. En: VIII Reunión de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Servicio Publicaciones Universidad de Oviedo. 259-271.
- Garzón, G., Martínez-Goytre, J. y Alonso, A. (1992). Los cambios antrópicos en la dinámica del río Jarama (Madrid) como modificadores del riesgo de inundaciones. En: Cambio climático y Riesgos naturales. Simposiums, III Congreso Geológico de España. Salamanca. 628-638.
- Garzón, G y Alonso, A. (2002). Comparison of the flood response of a braided and a meandering river, conditioned by antropogenic and climatic changes. En: *Flood and megaflood Processes and deposits: Recent and Ancient Examples*. Blackwell Science Londres. 233-251.
- Keller, E.A. (1976). Channelization: environmental, geomorphic and engineering aspects. In: *Geomorphology and engineering*. D.R. Coates (Ed). State Univ. of New York and Binghamton, 115-140.
- Knox, J.C. (1987). Historical vally floor sedimentation in the Upper Mississippi Valley. *Annals of the associatiuon of American Geographers*, 77, 224-244.
- Marchamalo, M., Alonso, C. y García de Jalón, D. (2000). Propuestas de criterios para la demolición de embalses: ejemplos prácticos en el caso español. II Congreso Ibérico sobre Planeamiento y Gestión del Agua. Oporto.
- Ollero, A. y Ureña, J.M. (2000). Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales. Ciudad y territorio: Estudios territoriales, 126, 689-710.
- Ortega, J.A., Garzón, G., Garrote, J. y Soler, O. (2004). Afecciones geomorfológicas de la desviación del río Jarama por la ampliación del Aeropuerto de Barajas. I, 213-223. Contribuciones recientes sobre geomorfología. Editado por la Sociedad Española de Geomorfología.
- Ortega, J.A. (2007). Paleocrecidas, avenidas recientes e hidroclimatología en la cuenca media y baja del río Guadiana. Tesis doctoral. Servicio de Publicaciones de la UCM. 535 pp.
- Wohl, E.E. (2000, ed.). *Inland Flood Hazards*. Cambridge Univ. Press. 498 pp.

## CONCLUSIONES DEL GRUPO DE TRABAJO

1. La cartografía de riesgos naturales como prioridad en las políticas públicas. El conocimiento científico actualmente disponible permite una identificación razonable de los peligros naturales (inundaciones, terremotos, deslizamientos de tierra, volcanismo, aludes, temporales, etc.) que pueden afectar al territorio, pudiendo valorarse la periodicidad probable, la magnitud esperada y las áreas geográficas susceptibles de sufrir daños. La cartografía de riesgos que resulta de este proceso, vinculada con la ordenación territorial y urbanística bajo el principio rector de la sostenibilidad ambiental, es un instrumento eficaz en la reducción de desastres. En consecuencia, deberían impulsarse con carácter prioritario por las administraciones públicas competentes, las políticas necesarias para promover la elaboración de este tipo de cartografía, especialmente en el ámbito local, a escala de detalle y adecuada a la de los instrumentos de planificación.
2. Obligatoriedad legal de los mapas de riesgos naturales en los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización. La obligatoriedad de incluir estos mapas de riesgos naturales en los instrumentos de ordenación de las actuaciones de urbanización, está prevista en el artículo 15 del Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de Suelo, considerándose que con la aprobación de este precepto se ha dado un paso fundamental para proteger la vida y los bienes de los ciudadanos ante los peligros naturales.
3. Carácter "oficial" de la cartografía de riesgos y emergencias. Se reconoce la importancia de dar carácter "oficial" a la cartografía de riesgos, en el Real Decreto 1545/2007, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional, en donde se define a la cartografía temática denominada de "riesgos y emergencias", como aquella que "identifica las áreas geográficas susceptibles de sufrir daños catastróficos en caso de que se materialicen riesgos naturales, tecnológicos o de otra naturaleza sobre las personas y bienes".
4. Infraestructura de conocimiento sobre riesgos naturales. En España existe una óptima infraestructura de conocimiento sobre riesgos naturales, habiéndose producido una abundante y rigurosa cartografía de riesgos por parte de organismos especializados, como el Instituto Geológico y Minero de España, las Confederaciones Hidrográficas y Agencias

del Agua, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, el Instituto Geográfico Nacional, La Agencia Estatal de Meteorología, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y otras instituciones, tanto nacionales como autonómicas. Sin embargo, esta cartografía se ha producido a veces de forma fragmentada, con escalas muy variadas o no homogéneas, y sin una cobertura legal apropiada que garantice su vinculación con la ordenación territorial y urbanística.

5. **Planes Especiales de Protección Civil de Riesgos Naturales.** Se valora positivamente el impulso de las instituciones de protección civil en la elaboración de estudios y análisis de riesgos, en el marco de los planes especiales ante inundaciones, que se han desarrollado en el País Vasco, Comunidad Valenciana, Navarra, Cataluña, Galicia, Andalucía, Baleares, Aragón, Murcia y Extremadura; y de riesgo sísmico, que cubre a día de hoy el territorio de Cataluña, Baleares, Murcia y País Vasco. Pero se considera que sería conveniente reforzar los mecanismos preventivos ante otros tipos de riesgos naturales, tales como el riesgo volcánico, tsunamis, deslizamientos de tierras, aludes, temporales de viento y riesgos litorales. También se estima necesario promover un mayor acercamiento entre las políticas preventivas de protección civil y la ordenación territorial y urbanística.
6. **Guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgos naturales.** El proyecto de desarrollo de una guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgos naturales en los planes territoriales de ordenación, impulsado por el Ministerio de Vivienda, para dar respuesta a las previsiones del artículo 15 de la ley de Suelo, es fundamental ya que permitirá poner a disposición de la planificación territorial local, una metodología de elaboración de ciertos mapas de riesgos mediante la delimitación de unidades cartográficas homogéneas, que representarán de manera integrada el conjunto de las características de la superficie terrestre. Dichas unidades podrán ser evaluadas frente a su capacidad de impacto ante posibles usos, obteniéndose un producto final que puede orientar a los planificadores territoriales en el proceso de toma de decisiones.
7. **Directiva europea sobre evaluación y gestión del riesgo de inundación.** A nivel europeo se ha dado un paso muy importante con la aprobación de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de riesgos de inundación. Esta norma obligará a los Estados miembros a realizar una evaluación de riesgos en 2011 y preparar mapas de peligrosidad y riesgo antes de 2013, en coordinación con los objetivos medioambientales de la Directiva Marco del Agua. Tales mapas deberán servir de base para la preparación de planes de gestión de riesgo, que tendrán en cuenta medidas de prevención (adaptación de cualquier planeamiento futuro al riesgo), protección (restablecimiento de las llanuras de inundación y zonas húmedas) y preparación ante emergencias.
8. **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.** La puesta en marcha, por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, del Sistema Nacional

de Cartografía de Zonas Inundables, hace que España se convierta en uno de los primeros países europeos en aplicar la Directiva 2007/60/CE. El desarrollo de esta cartografía y su difusión a la sociedad, es fundamental para ayudar a la toma de decisiones en el proceso de excluir el desarrollo urbanístico en zonas expuestas al peligro de inundaciones.

9. Adaptación de la planificación a los mapas de riesgos que se elaboren. Una vez que se avance en la disponibilidad de mapas de riesgos ante los diferentes tipos de peligros que pueden afectar al territorio, se debe impulsar la revisión o modificación de la ordenación urbanística en aquellos municipios en donde los usos permitidos no se adecuen al grado de peligrosidad y vulnerabilidad detectado.
10. Mapas de riesgo de inundación de tsunamis. La UNESCO ha impulsado la realización de estudios de riesgo y redes de alerta temprana para caso de tsunamis. En Europa, se está desarrollando el proyecto comunitario TRANSFER (*tsunami risk and strategies for the european region*), en el que participa el Instituto Geográfico Nacional, habiéndose comenzado a elaborar mapas de riesgo de inundación para mejorar las capacidades de actuación y conocer la vulnerabilidad. Estos mapas pueden contribuir a una correcta planificación costera, advirtiendo sobre la conveniencia de evitar en zonas de riesgo determinados elementos urbanísticos que sean susceptibles de perturbar la movilidad de la evacuación en una situación de alerta.
11. Experiencias de delimitación de espacios de zonas inundables y de planificación y regulación de espacios fluviales en Cataluña. Se están llevando a cabo experiencias claramente positivas de delimitación de zonas inundables, y de planificación y regulación de espacios fluviales, a cargo de las administraciones hidráulica y urbanística, respectivamente. Estas experiencias han permitido disponer de una valiosa información de soporte para la toma de decisiones en materia hidrológica, ambiental, de protección civil, territorial y urbanística. La línea de trabajo emprendida es coherente con los principios establecidos en la Directiva Marco del Agua y en la Directiva 2007/60/CE.
12. Consecuencias para la cartografía de riesgo de inundaciones de las actividades antrópicas. La cartografía de riesgo de inundaciones debería tener en cuenta todas las transformaciones en el territorio, especialmente las desarrolladas en el entorno urbano. Ello conlleva una actualización permanente, no solo de los mapas de peligrosidad, sino también de todos aquellos elementos que influyen en la preparación de nueva cartografía, como por ejemplo los usos del suelo y sus transformaciones, que son claves en el cálculo de factores, como el número de curva, imprescindibles para los modelos hidrológico-hidráulicos. Este tipo de actualizaciones, junto con las de los nuevos elementos expuestos y vulnerabilidad, derivará en una correcta actualización de los mapas de riesgos de inundación.

13. **Utilidad de los datos de siniestralidad en los mapas de riesgos naturales.** La elaboración de un mapa de riesgos requiere de una combinación entre teoría y práctica. El Consorcio de Compensación de Seguros, como entidad que gestiona en España el sistema de cobertura de las catástrofes naturales, dispone de una importante base de datos de siniestralidad que, adecuadamente tratada, puede ser de gran utilidad para su incorporación a los mapas de riesgos. Además, dado que los siniestros de inundación y sismo tienen una recurrencia espacial muy clara, el análisis de los sucesivos eventos que se vayan produciendo en una misma zona permitiría valorar la efectividad de las medidas correctoras que se pudieran adoptar.
14. **Coordinación de actuaciones en cauces para compatibilidad de directivas europeas.** La adecuada ordenación del territorio en materia de riesgos por inundación ha de impedir que existan interferencias entre directivas que han de trabajar en paralelo, como la Directiva de Inundaciones y la Directiva Marco de las Aguas de la UE. La intervención en los cauces para mitigar daños por inundación, mediante actuaciones estructurales sin una adecuada visión global, puede llevar a impactos no deseados y pérdida de calidad ecológica de los ríos.
15. **Homogeneidad cartográfica.** Las instituciones responsables de la ordenación cartográfica en materia de riesgos naturales deberían dictar criterios técnicos adecuados, a fin de garantizar la homogeneidad de los productos elaborados, y lograr así una visión uniforme de los territorios de riesgo.
16. **Programas de formación.** Se deben dedicar los recursos necesarios para formar al personal técnico de los servicios de urbanismo y de ordenación del territorio, tanto a nivel local como autonómico, a fin de que este personal esté capacitado para asumir las funciones de elaboración o supervisión de los mapas de riesgos naturales previstos en la legislación de suelo.
17. **Comunicación entre especialistas, urbanistas y administradores locales.** Es necesario promover una mayor comunicación entre especialistas en mapas de riesgos naturales, urbanistas y administradores locales, a fin de intercambiar las mejores prácticas y experiencias para fomentar de una manera integrada la implantación de la cartografía de riesgos naturales.
18. **Difusión de la información sobre cartografía de riesgos naturales.** La cartografía de riesgos naturales que se produzca debe ser difundida ampliamente, a fin de garantizar su conocimiento por las administraciones públicas, las entidades privadas y los propios ciudadanos. Entre otros canales de comunicación, se considera procedente utilizar su difusión a través del portal de internet "Inforiesgos", administrado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias y, en el caso del riesgo ante inundaciones, en la web correspondiente que habilite el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Además, es imprescindible crear una cultura de seguridad sobre riesgos naturales, debiendo promoverse por todo el territorio nacional la realización de seminarios en los centros de enseñanza, especialmente en aquellas zonas sensibles al riesgo. La mejor prevención es la información y educación.





## BIBLIOGRAFÍA GENERAL DE REFERENCIA

- Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina-Cantos, J. (Coord). (2002). *Riesgos Naturales*. Ariel, 1512 pp.
- Ayala, F.J., Duran, J.J. y Peinado, T. (Eds.) (1988). *Riesgos geológicos*. IGME, 333 pp.
- Baladrón, J., Rivero, C., Encinas, A. y Ortega, J.A. (2006). Acumulación de impactos en ecosistemas fluviales: Degradación del río Perales y su entorno a su paso por la urbanización Cerro Alarcón (Madrid). Actas del IV Congreso Ibérico del Agua. Tortosa.
- Barredo, J.I. (2007). Major Flood Disaster in Europe 1950-2005. *Natural Hazards*, 42, 125-148.
- Carreño, E. (2008). Aminoración de daños por terremoto a través de tendencias actuales de la sismología. En: Ponencias de las Jornadas Internacionales sobre Catástrofes Naturales. Fundación MAPFRE, 125-134.
- De Alba, S. (2003). Simulating long-term soil redistribution generated by different patterns of mouldboard ploughing in landscapes of complex topography. *Soil & Tillage Research*, 71, 71-86.
- Díez-Herrero, A., Laín, L. y Llorente, M. (2006, eds). *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: métodos, experiencias y aplicación*. IGME, 232 pp.
- García, J.C., Ortega, J.A. y Ferrer, M. (2004). Inundaciones históricas en la ciudad de Cartagena: su relación con las precipitaciones y la ocupación urbana del medio natural. *Geotemas* 6(1), 336-338. Año de publicación: 2006.
- Díez-Herrero, A., Lain-Huerta, L. y Llorente-Isidro, M. (2008). *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Riesgos Geológicos/Geotecnica nº 1, 190 pp., Madrid.
- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.
- Ferrer, M., González de Vallejo, L. García López-Davalillo, J.C. y Rodríguez, J.A. (2004). Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el período 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033). Edición: Consorcio de Compensación de Seguros, 98 pp.
- Fondo de Población de las Naciones Unidas. Estado de la Población Mundial 2007.

- Garzón, G., Alonso, A., López, J. y Arche, A. (1990). Desbordamientos en el río Jarama (Prov. de Madrid) e interferencia humana en la llanura de inundación. En: VIII Reunión de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Servicio Publicaciones Universidad de Oviedo. 259-271.
- Garzón, G., Martínez-Goytre, J. y Alonso, A. (1992). Los cambios antrópicos en la dinámica del río Jarama (Madrid) como modificadores del riesgo de inundaciones. En: Cambio climático y Riesgos naturales. Simposiums III Congreso Geológico de España. Salamanca. 628-638.
- Garzón, G y Alonso, A. (2002). Comparison of the flood response of a braided and a meandering river, conditioned by antropogenic and climatic changes. En: *Flood and megaflood Processes and deposits: Recent and Ancient Examples*. Blackwell Science Londres, 233-251.
- González Fuestegueras, M.A., Lastra Valdor, I. y Rodríguez Muños, I. (2007). La urbanización y su efecto en los ríos. Documento de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. Mesas de Trabajo. 44 pp.
- González-García, J.L. (Coord.). (2007). *Implicaciones Económicas y Sociales de los Riesgos Naturales*. Madrid, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 129 pp.
- González-Varas Ibáñez, S. (Coord.). (2005). Agua y Urbanismo. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, 396 pp.
- Keller, E.A. (1976). Channelization: environmental, geomorphic and engineering aspects. In: *Geomorphology and engineering*. D.R. Coates (Ed). 115-140. State Univ. of New York and Binghamton
- Ley 2/2002, de 14 de marzo, de urbanismo, de Cataluña.
- Ley 8/2007, de 28 de mayo, de suelo.
- Ley Barnier, relativa a la mejora de la protección del medio ambiente. Disponible en <http://adminet/jo/index.phtml>.
- Llorente I.M., Díez-Herrero, A. y Laín Huerta, L. (2006). La experiencia del IGME en cartografía de peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones: de Casiano de Prado al PRIGEO. En: Díez Herrero, A., Laín Huertas, L. y Llorente Isidro, M (Eds.). *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, 7, 41-63, Madrid.
- Marchamalo, M., Alonso, C. y García de Jalón D. (2000). Propuestas de criterios para la demolición de embalses: ejemplos prácticos en el caso español. II Congreso Ibérico sobre Planeamiento y Gestión del Agua. Oporto.
- Olcina, J. (2006). Biescas, una crónica anunciada. Diario *El País*, 7-agosto-2006.
- Ollero, A. y Ureña, J.M. (2000). Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales. Ciudad y territorio: Estudios territoriales, 126, 689-710.

- Ortega, J.A., Garzón, G., Garrote, J. y Soler, O. (2004). Afecciones geomorfológicas de la desviación del río Jarama por la ampliación del Aeropuerto de Barajas. I. 213-223. Contribuciones recientes sobre geomorfología. Editado por la Sociedad Española de Geomorfología.
- Ortega, J.A. (2007). Paleocrecidas, avenidas recientes e hidroclimatología en la cuenca media y baja del río Gadiana. Tesis doctoral. Servicio de Publicaciones de la UCM. 535 pp.
- Plan General de Ordenación Urbana de Algemesi. Disponible en: [www.algemesi.net](http://www.algemesi.net).
- Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo.
- Suárez L. y Regueiro, M. (Eds). (1997). *Guía Ciudadana de los Riesgos Geológicos*. Madrid, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 196 pp.
- UNFPA (2007). Fondo de Población de las Naciones Unidas. Estado de la población mundial 2007.
- Wohl, E.E. (2000, ed). *Inland Flood Hazards*. Cambridge Univ. Press. 498 pp.