

INFORME

DE LA COMISION ESPECIAL SOBRE

LA PREVENCIÓN Y ASISTENCIA EN SITUACIONES DE CATASTROFE

Exposiciones y
conclusiones
de las Jornadas
Parlamentarias
sobre prevención
de riesgos
relacionados
con el turismo

INFORME DE LA COMISION ESPECIAL SOBRE LA PREVENCIÓN Y ASISTENCIA EN SITUACIONES DE CATASTROFE

12

168121

SENADO

SENADO

INFORME DE LA COMISIÓN ESPECIAL
SOBRE LA PREVENCIÓN
Y ASISTENCIA EN SITUACIONES
DE CATÁSTROFE

PONENCIAS Y CONCLUSIONES
DE LAS JORNADAS PARLAMENTARIAS
SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS
RELACIONADOS CON EL AGUA

SENADO
2002

- CEDEX. «Estudio hidrológico e hidráulico de la crecida de noviembre de 1987 en la Ribera del Júcar». Informe final. Convenio CEDEX para DGC, diciembre 1988.
- «Estudio de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular». Informe parcial número 4. «Presentación de resultados». Informe para la Dirección General de Carreteras, Madrid, abril 1994.
- DGFC. «Guía metodológica para la elaboración del catálogo nacional de inundaciones históricas». DGFC, marzo 1997.
- Estrella, F. y Quintas, L. «El modelo de flujo bidimensional GISPLANA». *Revista de Ingeniería Civil*, número 104, CEDEX, Ministerio de Fomento, 1996, págs. 13-21.
- Instrucción 4.2.4C. «Colección de pequeñas obras de paso». Dirección General de Carreteras, 1986.
- Instrucción 5.2.1C. «Drenaje Superficial». Dirección General de Carreteras, MOPT, 1990.
- Manco, J. «Factores de intensificación de las crecidas». Comunicación personal, 1996.
- Palma, A., y Quintas, L. «Modelo hidráulico CAUCES. Cálculo de la lámina de agua en régimen estacionario para cauces naturales o artificiales de lecho fijo». *Revista de Ingeniería Civil*, número 104, CEDEX, Ministerio de Fomento, 1996, págs. 39-42.
- US Army Corps of Engineers. HEC-2 Surface Profiles. Users Manual. Hydrologic Engineering Center, USA, 1982.

EL RIESGO HIDROLÓGICO EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL

Andrés Díez Herrero

Dpto. de Medio Ambiente, Facultad de Ciencias
Universidad Europea de Madrid-CEDEX
28670 Villavieja de Odón (Madrid)

RESUMEN

El artículo se centra en la utilidad de las medidas preventivas de carácter no estructural, como la zonación de riesgos, en la mitigación de daños por inundaciones. Para ello aboga por el establecimiento de técnicas integradoras y homologables en el análisis y zonación de áreas de riesgo, y por la reforma de aspectos puntuales de las leyes del suelo y de aguas que permitan la incorporación de estas zonaciones en las figuras existentes para el planeamiento municipal. El texto se estructura en tres grandes bloques: técnicas de análisis y zonación de riesgos de inundación, figuras de planificación en el ámbito municipal e integración de ambos aspectos; finalmente se avanza el proyecto piloto que se está desarrollando en la localidad abulense de Navaluenga, y una relación de las referencias bibliográficas básicas.

1. EL ANÁLISIS DEL RIESGO HIDROLÓGICO Y LA ZONACIÓN DE RIESGOS

1.1. Conceptos básicos sobre riesgos naturales

Los procesos naturales ligados a la dinámica terrestre, mediante las acciones que desarrollan o los productos que generan, pueden llegar a interferir con las actividades humanas, suponiendo esta situación potencial un riesgo natural para las personas o sus bienes (*actentos en riesgo*). El riesgo tiene, por tanto, tres componentes:

— *Peligrosidad*, capacidad intrínseca del proceso natural para producir daños.

... *Exposición*, grado de muestra o presentación de los elementos en riesgo.

... *Vulnerabilidad*, fragilidad intrínseca de los elementos en riesgo.

La consumación del riesgo constituye una **catástrofe natural** cuando supone una destrucción de bienes o disminución de su valor, lesiones (físicas o psicológicas) a personas, o pérdida de vidas humanas. Para paliar las consecuencias de las catástrofes naturales existen tres grandes conjuntos de medidas: *predictivas*, enfocadas a la determinación espacio-temporal previa a la consumación del riesgo, esto es, definir *cuándo, dónde y con qué características* se producirá el fenómeno; *preventivas*, que buscan la disminución de daños actuando sobre la exposición (no estructurales) y/o la vulnerabilidad (estructurales); y *correctivas*, dirigidas a devolver a la situación original los elementos siniestrados.

Los riesgos naturales se clasifican según diferentes criterios, siendo habitual distinguir entre ellos: riesgos biológicos (plagas y epidemias), riesgos cósmicos (tóxicos a la Tierra), riesgos climáticos (asociados a la dinámica atmosférica) y riesgos geológicos (procesos geosféricos e hidrosféricos); dentro de estos últimos se encuentran los riesgos **hidrológicos**, íntimamente asociados a los climáticos, y cuyo máximo exponente es el riesgo de inundación.

Una **inundación** consiste en la sumersión temporal bajo lámina de agua de terrenos normalmente secos, como consecuencia de una precipitación *in situ*, una avenida o crecida fluvial, la rotura de representaciones naturales o la inadecuada gestión de obras hidráulicas. Cuando una zona es susceptible de ser inundada se dice que tiene asociado un **factor de inundabilidad**: probabilidad temporal de ocurrencia del fenómeno; éste suele expresarse mediante el **periodo estadístico de retorno** (T, en años), inverso de la probabilidad de que en un año se presente una inundación superior a un valor dado.

1.2. El riesgo de inundación: técnicas de análisis

El análisis de riesgos pretende estudiar la peligrosidad y vulnerabilidad de una situación de riesgo, para documentar y diseñar medidas preventivas no estructurales, como la cartografía de áreas de riesgo enfocada a la ordenación del territorio.

Para el estudio de la peligrosidad o factor de inundabilidad de un territorio se realizan dos tipos de modelizaciones: una hidrológica para

la determinación de los caudales, y otra hidráulica para estimación de los niveles y velocidades alcanzados por éstos en unas determinadas secciones de control. En opinión de Llanos *et al.* (1995), existen dos tendencias en el estudio hidrológico de las crecidas fluviales que originan inundaciones: una *determinista* que preconiza el pasado como condicionante del comportamiento presente y futuro, abordando su estudio mediante leyes físicas y relaciones matemáticas; y otra *estadística*, que parte del carácter aleatorio del proceso, y propone la aplicación de leyes o funciones analíticas a un conjunto de observaciones previas para predecir futuros valores de la variable. En esta última línea, a la hora de abordar un estudio estrictamente hidrológico de las avenidas, los objetivos del mismo y la disponibilidad de información condicionan la existencia de diversas alternativas metodológicas. Dos de los procedimientos más utilizados son el **análisis de eventos de avenida pasados**, y la caracterización de crecidas futuras o cálculo de la denominada **avenida de diseño**:

... El primero utiliza métodos directos basados en datos de *pasadas inundaciones* del registro geomorfológico-sedimentológico (Benito, 1996), medidas instrumentales del registro ordinario de caudales, o información histórica sobre afecciones a elementos naturales o artificiales (Benito *et al.*, 1996).

... Por su parte, la estimación de la avenida de diseño emplea diferentes metodologías indirectas para reconstruir el hidrograma completo de la crecida esperada, o al menos alguno de sus parámetros más importantes (caudal punta, tiempos característicos, etc.); son habituales las fórmulas empíricas, los *métodos hidrometeorológicos* (Ferrer, 1993) y el *análisis estadístico de caudales* (Ferrer, 1992) o volúmenes de crecida.

La modelización hidráulica consta a su vez de dos partes: propagación de la onda de crecida, mediante métodos hidráulicos (resolución de las ecuaciones de Saint Venant) o hidrológicos (Puls y Muskingum), y estimación de caudales correspondientes a los caudales, para lo que se aplican desde supuestos simplistas de régimen uniforme (fórmulas de Manning o Chezy), hasta modelos de flujo bidimensional en la llanura inundable (PLANAS, FAB, 1989; Ricciardi, 1997), pasando por flujo unidimensional, gradualmente variado en régimen estacionario (programas informáticos HEC-2 y HEC-RAS; HE-C, 1982; CAUCES, Palma y Quintan, 1997).

Los procedimientos de análisis de riesgos de inundaciones actuales tienden a integrar varias de estas metodologías de forma complemen-

medio y bajo). Igualmente se especifican los contenidos y requisitos mínimos que debe cumplir un plan de protección civil ante el riesgo de inundaciones, dentro del cual el análisis de riesgos y los sistemas de previsión son dos pilares fundamentales.

2. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN A NIVEL MUNICIPAL

A la hora de mitigar catástrofes, se puede actuar sobre cualquiera de los tres componentes del riesgo: peligrosidad, vulnerabilidad o exposición. Ante la insatisfacción social que produce la simple adopción de medidas correctivas, y la provisionalidad de soluciones estructurales, la mayor parte de los organismos internacionales recomiendan la adopción de medidas no estructurales de tipo zonación de riesgos. Esta se centra en la exposición, por lo que precisa figuras de planificación que restrinjan los usos en determinados sectores del territorio, evitando u ordenando así la presencia de elementos en riesgo en esas zonas.

A nivel municipal converge gran parte de la normativa territorial, desde disposiciones europeas, pasando por las leyes de ámbito estatal, hasta normativa autonómica específica. Sin embargo, con el citado objetivo de restringir los usos existen dos normas fundamentales aplicables a la totalidad de los municipios españoles: la Ley del Suelo y la Ley de Aguas.

2.1. La Ley del Suelo

La denominada Ley del Suelo (Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio, Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana), al igual que su predecesora del año 1976, fija el **planeamiento** como base del urbanismo. Esta ordenación territorial se plasma en diferentes clases de planes urbanísticos (art. 65) que van desde el Plan Nacional de Ordenación hasta los Planes Generales Municipales, pasando por los Planes Directores Territoriales de Coordinación, con ámbito autonómico; todos ellos estructurados piramidalmente, ya que cada plan debe respetar las determinaciones del inmediatamente anterior.

En lo que se refiere al entorno municipal, los **Planes Generales Municipales de Ordenación** son un instrumento integral, originario, de carácter operativo y de ámbito municipal o supramunicipal (co-

ordinario, utilizando sistemas de calibración de resultados entre ellas (Diez y Sanz, 1997), y haciendo uso de técnicas auxiliares como los sistemas de información geográfica (GIS/PLANA, Estrella y Quintas, 1996) y los modelos matemáticos informatizados. Un notable avance en la normalización a nivel europeo de las metodologías de cálculo supondrán los resultados del proyecto de pronóstico y prevención del riesgo de inundaciones FLOOD-AWARE.

1.3. Del análisis a la zonación de riesgos

A principios de la década de 1980, el grupo segundo de la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones elaboró un estudio de actuaciones y medidas de carácter preventivo a corto, medio y largo plazo para corregir los efectos de las inundaciones potenciales. Uno de los trabajos resultantes de ese estudio fue la localización y descripción (en base a las inundaciones históricas) de 1.036 zonas con riesgo de inundaciones de diferente prioridad. Para muchos de esos tramos fluviales se recomendaba, como procedimiento preventivo, las actividades de gestión centradas en la **zonación de usos y regulaciones legales** como primer paso para la implantación de un sistema de seguros eficaz y justo.

Sin embargo existía y aún existe una notable dispersión en cuanto a técnicas para la realización del análisis de riesgos (modelos hidrológicos e hidráulicos utilizados), y sobre todo en cuanto al establecimiento de criterios homologables para delimitar las áreas de riesgo. Clásicamente, a la hora de evaluar la peligrosidad se recurre a una delimitación de zonas ocupadas por caudales correspondientes a distintos períodos de retorno (planes hidrológicos y estudios del GAME-FCG; ver Diez y Lam, 1997); áreas potencialmente inundadas por la crecida máxima probable (PMP); o criterios mixtos entre otros (formulando la zonación propuesta por la FEMA; Hoggan, 1989, y CEDEX, 1991). Tan solo recientemente se han incorporado, con positivos resultados, los criterios paleohidrológicos y geomorfológicos en la delimitación de áreas inundables (Benito, 1996).

Con la aparición en enero de 1995 de la **Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones** (MII, 1995) se crea el marco legal básico en la adopción de criterios unificados y homologables para realizar dicha zonificación (Zonas A, B y C de riesgo alto,

municipal); se regulan en los artículos 70 y 71 de la Ley (reproducción literal de los arts. 10.1 y 11 de la Ley del Suelo de 1976); y entre sus objetivos y contenidos está la clasificación del suelo para el establecimiento del régimen jurídico correspondiente. Otras figuras urbanísticas susceptibles de ser utilizadas son las Normas Complementarias y Subsidiarias del Planeamiento (arts. 73-75), Programas de Actuación Urbanística, Planes Parciales, Estudios de Detalle y Planes Especiales. En muchos casos de municipios españoles, la ausencia de planes generales de ordenación se suple con las Normas Subsidiarias de Planeamiento de ámbito municipal, cuyo objetivo principal es la clasificación del suelo en urbano, apto para urbanizar y no urbanizable.

Precisamente la clasificación del suelo del municipio en áreas de suelo urbano, urbanizable (o en su caso apto para urbanizar) y no urbanizable (o sus equivalentes autonómicos) es el mejor instrumento para disminuir la exposición de los elementos en riesgo (personas y bienes). La calificación se basa en el Título I de la Ley (Régimen urbanístico de la propiedad del suelo), y más en concreto en sus artículos 9 al 12. Dos son las facetas en las que estas calificaciones pueden contribuir a la prevención de riesgos hidrológicos:

1. Preservación de suelo del proceso de desarrollo urbano y establecimiento de medidas de protección (suelo no urbanizable).
2. Definición de la estructura, usos, intensidades y tipologías de las renovaciones y reformas necesarias (suelo urbano).

El primer punto descarta la urbanización de áreas del término municipal «en razón a su excepcional valor agrícola, forestal o ganadero, de las posibilidades de explotación de sus recursos naturales, de sus valores paisajísticos, históricos o culturales, o para la defensa de la fauna, la flora o el equilibrio ecológico» (art. 12). Para ello requiere determinaciones [art. 71.3.D)] como el establecimiento de medidas y condiciones para la conservación y protección de los elementos naturales (suelo, flora, fauna o paisaje) y de las edificaciones y parajes que así lo aconsejen. Supone una medida muy efectiva de prevención de riesgos en cuanto que evita el establecimiento de los elementos en riesgo, disminuyendo la exposición.

En el segundo de los aspectos, la naturaleza jurídica de los instrumentos de planeamiento otorga potestad administrativa para decidir el emplazamiento de los centros de producción y de residencia del

modo conveniente para la mejor distribución de la población [art. 3.2.b)] igual ocurre con la densidad de población, porcentaje de ocupación, volumen, forma, número de plantas, clase y destino de los edificios, etc. [art. 3.2.c)]. Estas determinaciones técnicas pueden complementarse mediante Estudios de Detalle, fundamentalmente para la ordenación de volúmenes (art. 91). Esta medida puede actuar de forma efectiva sobre la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, mediante distribuciones y diseños aptos para mitigar daños: viales orientados en dirección a la corriente, edificios con plantas hidrodinámicas, inexistencia de sótanos y depresiones, etc.

A raíz de la sentencia del Tribunal Constitucional de 20 de marzo de 1997, declarando inconstitucionales y nulos gran parte de los artículos de la Ley del Suelo (Ley 8/1990 y RD1/1/1992), ante los recursos interpuestos por diversos ejecutivos autonómicos, se crea un vacío legal importante. La sentencia declara inconstitucionales 200 de los 310 artículos del Texto Refundido, entre ellos muchos de los reguladores del planeamiento anteriormente expuesto (arts. 11, 12, 70, 71, 72...). Sólo en Castilla y León esta sentencia afecta a los ayuntamientos de Soria, Palencia y Valladolid, que habían adaptado sus planes generales a esa Ley, y a más de 2.235 municipios de menos de 25.000 habitantes.

La totalidad de las Comunidades Autónomas han asumido en el marco del art. 148.1.3.C) competencias exclusivas en materia de ordenación del territorio, urbanismo y vivienda. Así, por obra de la Constitución y de los Estatutos de Autonomía, la competencia sobre la materia urbanismo y vivienda corresponde a las Comunidades Autónomas. De ello no deriva que el Estado haya quedado desposeído, en términos absolutos, de competencia en esta materia, especialmente en lo que hace referencia a la llamada «propiedad urbanística» y a la regulación de las condiciones básicas que garantizan la igualdad de todos los españoles en el ejercicio de los derechos.

A fecha de julio de 1997, tan sólo las Comunidades de Madrid, Cataluña y Valencia disponían de legislaciones autonómicas específicas sobre planificación territorial; en este período, a sugerencia de la propia Federación Española de Municipios y Provincias, muchas otras Comunidades Autónomas han comenzado su tramitación parlamentaria, como es el caso de Navarra y Castilla y León.

Por otra parte, el Gobierno Central ha presentado un anteproyecto de nueva Ley del Suelo que está siendo actualmente debatido y consensuado con el resto de las administraciones públicas y grupos poli-

tics parlamentarios, para ser remitido al Parlamento antes de finales de 1997. Este texto, en lo que se refiere a las categorías del suelo distinguible entre suelo urbano, urbanizable y no urbanizable; dentro del último diferencia entre no urbanizable protegido y no urbanizable *indeclinado*. Un primer borrador del anteproyecto fue presentado por el Ministro de Fomento, D. Rafael Arias-Salgado, en marzo de 1997, y analizado por el Consejo de Ministros en esas mismas fechas. Su presentación definitiva se hizo dentro del segundo paquete de medidas liberalizadoras de la economía por D. Rodrigo Rato el día 10 de julio de 1997, interpretándose como un cambio de filosofía respecto a la Ley de 1992: se podrá urbanizar todo el suelo a no ser que determinados espacios sean «sometidos a algún régimen especial de protección incompatible con su transformación según la legislación sectorial o en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales». Una segunda definición de suelo no urbanizable reza: «Los terrenos que el planeamiento general considere necesario preservar por su valor agrícola, forestal, ganadero o por sus riquezas naturales, los que deban ser urbanizados en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público, así como aquellos otros que, por su ubicación, se consideren inadecuados para un desarrollo urbano racional.»

2.2. La Ley de Aguas

La Ley de Aguas (Ley 29/1985, de 2 de agosto) y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986, de 11 de abril) tienen igualmente aplicación en la planificación urbana en cuanto que zonifican y restringen usos en áreas de los municipios, tales como el cauce (dominio público hidráulico) y riberas, las zonas de servidumbre y policía (márgenes), y las áreas inundables.

El *cauce* o álveo es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (art. 4); esta zona es pública y por tanto está prohibido establecer en ella cualquier uso distinto a su evolución natural. Si cualquier corriente fluvial discurra por un municipio existen unas bandas de territorio sometidas a restricciones de uso, las *riberas* o zonas situadas entre el canal (límites de agua) y el borde de lo delimitado como cauce.

A partir de esta delimitación del cauce, siempre según la Ley, se establecen en las dos *márgenes* sendas bandas de extensión métrica:

las *zonas de servidumbre* (5 m.) y *policía* (100 m.). Los usos en ambas requieren autorización previa de la Confederación Hidrográfica correspondiente, y las actividades están muy restringidas (arts. 7.º y 9.º del Reglamento); esta potestad de la Confederación se extiende sobre las áreas incluidas como zonas de riesgo (*zonas inundables*; art. 14.º del Reglamento).

Al igual que ocurría con la Ley del Suelo, la vigente Ley de Aguas está actualmente en proceso de reforma, habiéndose elaborado por parte del Ministerio de Medio Ambiente un anteproyecto sometido a debate y sugerencias. Estas reformas no afectan, al menos según lo reflejado en el borrador, a ninguno de los artículos basteros de zonación territorial antes citados, por lo que supuestamente permanecerán como se encuentran redactados en la Ley y el Reglamento que la desarrollan.

2.3. Otras normativas de planeamiento municipal

Existen otras muchas figuras legales que afectan a la planificación a nivel municipal en diferentes grados y escalas. Entre ellas sólo merecen destacarse las leyes nacionales y autonómicas de espacios naturales y/o conservación de la naturaleza, ya que en ocasiones imponen restricciones de usos en amplios sectores del territorio que son catalogados como espacios naturales (Parques Nacionales, Parques Regionales, Parques Naturales, Reservas Naturales, Monumentos Naturales, etc.); muchas veces estas restricciones de usos se reflejan en el desarrollo de Planes Rectores de Uso y Gestión o el establecimiento de áreas de protección en torno a estos espacios que abarcan uno o varios municipios.

3. INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL

Si no existía una metodología estandarizada en la elaboración del análisis de riesgos ni en su plasmación en una cartografía de áreas de riesgo, menos consenso y experiencia acumulada existe sobre la correspondencia entre las zonas de riesgo y sus equivalentes con las figuras de planificación antes indicadas, bien sean de la Ley del Suelo o de la Ley de Aguas.

Las definiciones correspondientes a cada una de las clases de suelo de la Ley de 1992 (e igualmente de la de 1976) no recogen de forma expresa la existencia de riesgos naturales como motivo de inclusión en una de las categorías. Por lo tanto la asignación de una zona de riesgo elevado a un suelo no urbanizable con limitaciones de uso no es preceptiva, y se deja en manos del grado de concretación y buena voluntad de los técnicos o responsables políticos del municipio. Según el artículo 12, podría declararse como no urbanizable un territorio por la existencia de una determinada especie animal o vegetal endémica (cosa que es muy oportuna), pero no por el peligro manifiesto de que esa zona sea inundada durante crecidas fluviales y ponga en peligro la vida humana.

Esta situación creo que debería ser corregida dado que está impidiendo en la práctica la integración de una eficaz medida preventiva no estructural (la zonación de riesgos) en el planeamiento a nivel municipal (Diez, 1997). Para ello, aprovechando el anteproyecto del actual Gobierno que pretende reformar esta Ley y el desarrollo que muchas autonomías hacen de ella, se recomienda la inclusión de una línea más al citado artículo para que se contemplen *los riesgos naturales y los problemas de índole geotécnica como motivos de declaración de un territorio como no urbanizable*, previo preceptivo análisis de riesgo. Estos planteamientos podrían ser perfectamente integrados dentro de esa nueva categoría que prevé el anteproyecto bajo el nombre de suelo no urbanizable inadecuado.

En lo referente a la Ley de Aguas y RDPH quisiera centrarme en la propia definición de cauce, por ser determinante de la extensión que tendrá la zona con la máxima restricción de usos. El criterio exclusivamente hidrologico (máxima crecida ordinaria) para su establecimiento y puesta en práctica plantea una serie de problemas que conviene considerar (resolución al régimen natural, indefiniciones en la MCO, cortas series de referencia, confluencias sin alforar, etc.). Por este motivo, y en vista de lo expuesto con anterioridad por expertos de reconocido prestigio en la materia (CEDEX, 1994), me permito proponer ligeras modificaciones en los criterios de delimitación contemplados en la Ley de Aguas y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que conduzcan a una objetivación y dinamización de proyectos que, como Linde, pueden contribuir a prevenir catástrofes naturales. La principal reforma *asiente a los criterios geológico-geomorfológicos y medioambientales, de una consideración simplemente preventiva, a una categoría preceptiva en el establecimiento del cauce y la*

modificación de la delimitación métrica de las zonas inundables, de policía y servidumbre.

Con estas ligerísimas modificaciones sobre la normativa de planeamiento municipal se facilitaría notablemente que las zonas delimitadas en la cartografía de riesgos (riesgo alto, medio y bajo) tuvieran su equivalente inmediato en categorías de suelo (no urbanizable, urbanizable, etc.).

Ante la falta de experiencias a nivel nacional, hemos de recurrir a los fructíferos proyectos de integración efectuados en algunas comarcas italianas (cuenca del Po —Piamonte—, Gambino *et al.*, 1993; y cuenca del Ombrone —Toscana—, Cannata, 1994), en virtud de las innovaciones introducidas en la normativa de planificación de cuencas (Ley 431/1985, sobre planificación paisajística), por la Ley de Defensa del Suelo (183/1989) y los planes territoriales de coordinación provincial (Ley 142/1990).

En la misma línea se sitúan los planes de exposición a los riesgos (PEER) elaborados en Francia a nivel municipal, con sus zonas roja (con prohibición para nuevas urbanizaciones), azul (urbanizable con condiciones) y blanca (sin restricciones); la recepción de indemnizaciones y ayudas en caso de catástrofe está sujeta al cumplimiento de la normativa urbanística correspondiente.

Igualmente, en el distrito de Rosario, sur de la provincia argentina de Santa Fe, las autoridades municipales han adoptado las cartografías de riesgo (Riccardi, 1997) para proponer medidas urbanísticas severamente restrictivas en la zona de riesgo asociada a un período de retorno de cien años; dichas restricciones disminuyen hacia el sector con período de quinientos años, considerado límite de zona de riesgo mínimo.

4. EL CASO PILOTO DEL MUNICIPIO DE NAVALUENGA (ÁVILA; Díez y Sanz, 1997)

El municipio abulense de Navaluenga se encuentra ubicado en el valle del Alberche (cuenca del Tago) entre las alineaciones montañosas de La Paramera y la Sierra del Valle, cerca de la confluencia del río Alberche y el arroyo Choneron, afluente suyo por la margen izquierda. Su casco urbano viene sufriendo inundaciones ocasionadas por crecidas de ambas corrientes fluviales desde tiempos ancestrales, que si bien

geomorfológica de detalle, un catálogo de puntos conflictivos (tanto naturales como antrópicos) y una cartografía de fenómenos geológicos asociados a la inundación.

Las conclusiones del estudio nos permiten realizar un análisis de riesgos propiamente dicho que consta de: un inventario y estudio de la vulnerabilidad de los elementos de riesgo; una clasificación de las zonas inundables (según lo dispuesto en la Directriz Básica); y un repaso a los sistemas de previsión de inundaciones en cuanto a la predicción meteorológica y la previsión hidrológica; finalizando con una propuesta de integración del análisis de riesgos dentro de la planificación territorial en virtud de la zonación derivada de la Ley de Aguas (para lo que se caracteriza la máxima crecida ordinaria y se delimita el dominio público hidráulico) y el planeamiento municipal actualmente en fase de desarrollo y aprobación (normas subsidiarias de ámbito local). Todos los resultados están siendo integrados dentro de un Plan de Actuación de Ambito Local para Protección Civil ante el riesgo de inundaciones, tal y como lo define la propia Directriz Básica, en el que participan además Protección Civil de Avila y el Ayuntamiento de Navalbuena.

5. AGRADECIMIENTOS

El autor quisiera agradecer los consejos ofrecidos por el profesor Dr. Javier de Pedraza, su director de tesis doctoral, y la lectura crítica del artículo por parte del Dr. José Francisco Martín Duque, ambos del Departamento de Geodinámica de la U.C.M. Igualmente el apoyo que prestan a nuestras investigaciones la Institución Gran Duque de Alba de la Diputación Provincial de Avila y el proyecto del Plan Nacional del Clima «Investigación sobre el régimen de precipitación e inundaciones de la cuenca del Tago durante el último milenio en base a criterios y datos paleohidrológicos» (CI.195-1748).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benito, G., «Paleohidrología: nuevas metodologías en la evaluación de riesgos de avenidas y de recursos hídricos en regiones mediterráneas», en IBERDROLA (ed.), *Hidrología Mediterránea: Los recursos hídricos en países mediterráneos*, Instituto Tecnológico de Iberdrola, Valencia, 1996, págs. 419-438.

no revierten importantes consecuencias económicas, si presentan una frecuencia temporal alta. Por tal motivo, se ha procedido a analizar el riesgo de inundación utilizando diferentes técnicas y metodologías integradas (cálculos hidrometeorológicos, análisis estadísticos, modelos hidráulicos, sistemas de información geográfica, etc.) con objeto de caracterizar las áreas inundables para diferentes períodos de retorno, delimitar zonas de riesgo, catalogar los elementos en riesgo (vulnerabilidad) y procesos geológicos asociados, y realizar una ordenación básica de usos en sus márgenes. Todo ello de acuerdo a los parámetros reflejados en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Resolución de 31 de enero de 1995, BOE. 38. 4846-4858).

Se comenzó por el estudio de la inundabilidad, determinándose para dos fenómenos naturales diferentes: precipitación y acumulación *in situ*, y desbordamiento durante crecidas fluviales. En el primer caso, las zonas inundables se delimitaron mediante un análisis de la intensidad y distribución de la precipitación empleando métodos paramétricos, para lo que se utilizó un modelo estadístico que combinaba la función SORT-ET_{max} y un estimador de Máxima Verosimilitud, sobre los datos locales de la serie anual de precipitaciones máximas en veinticuatro horas; los cuantiles resultantes se aplicaron a las áreas llanas y/o endorreicas obtenidas a partir de un estudio de la naturaleza y disposición del suelo, realizado mediante un modelo digital del terreno a escala 1:1.000.

En cuanto a la estimación de los caudales de crecida capaces de producir inundación por desbordamiento para el río Alberche y el arroyo Chorrerón, se ha seguido una minuciosa calibración del cálculo hidrometeorológico con el análisis estadístico de caudales de aforo; el primero se obtiene por la combinación del método racional modificado e hidrograma unitario soportado por un SIG, mientras el segundo se realiza mediante técnicas paramétricas. La restitución de caudales a alturas de lámina de agua se realiza mediante un modelo hidráulico para un tramo de 1.250 m. de río, suponiendo un flujo gradualmente variado en régimen estacionario, y ayudados por los paquetes informáticos HEC-2 y HECRAS; la delimitación de áreas inundables se realiza con un SIG, cruzando los modelos digitales de elevación de la lámina de agua con el modelo digital del terreno elaborado para los márgenes (ambos de precisión centimétrica), permitiendo igualmente obtener mapas de isobaras durante la crecida para diferentes períodos de retorno. Todo ello contrastado con información

- Benito, G.; Machado, M. J., y Pérez-González, A., «Climate change and flood sensitivity in Spain», en Branson, J.; Brown, A. G., y Gregory, K. J. (eds.), *Global Continental Changes: the Context of Palaeohydrology*, Geological Society Special Publication, núm. 115, 1996, págs. 85-98.
- Cannata, P. C., *Governo del bacini idrografici. Strumenti tecnici e pianificatori*, ETASLIBRI, Milano, 1986, 197 págs.
- CEDEX, *Ordenación de zonas inundables*, MOPTMA, Madrid, 1991, 94 págs. (inédito).
- , *Aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria*, MOPT-MA, Madrid, 1994, fol. var. (inédito).
- Diez, A., «Aplicación de la planificación para prevención de riesgo hidrológico en ámbito municipal», *Diario de Sistemas del Senado*, VI Legislatura, Comisiones, núm. 162, págs. 10-14.
- Diez, A., y Lam J., «Aportaciones de los estudios realizados por el IIGIE (MIMIAM) a la prevención del riesgo de inundaciones en España», *Actas del I Seminario Iberoamericano sobre Nuevas Tecnologías y Gestión de Catástrofes*, Dirección General de Protección Civil, Madrid, 1997.
- Diez, A., y Sanz M. A., «Análisis de riesgo de inundaciones en Navaluenga (Ávila): uso combinado de modelos y sistemas de información geográfica», *Actas del I Seminario Iberoamericano sobre Nuevas Tecnologías y Gestión de Catástrofes*, Dirección General de Protección Civil, Madrid, 1997.
- Esnelea, T., y Quintas, I., «El modelo de flujo bidimensional GSP, ANA», *Ingeniería Civil*, núm. 104, págs. 13-21.
- FAB, *El modelo PLANA*, Convenio «Desarrollos de los trabajos sobre modelos vistos con la DGC sobre inundaciones del Júcar», Fundación Agustín Bethencourt, 1989.
- Ferrer, J., *Análisis estadístico de catástrofes de avenida*, Monografía M-26, Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX, MOPT), Madrid, 1992, 42 págs.
- Ferrer, F. J., *Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas*, Monografía M-37, Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX, MOPT, MA), Madrid, 1993, 76 págs.
- Gambino, R.; Cannata, P. G.; Gavi, M.; Dutto, F., y Cassibba, L. (coords.), *Progetto Territoriale Operativo «Tutela e Valorizzazione delle Riviere Ambientali del Po»*, Regione Piemonte, Torino, 1993, 71 págs.
- HEC, *HEC-2 Surface Profiles*, Users Manual, Hydrologic Engineering Center, USA, 1982.
- Hoggan, D. H., *Computer Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics*, McGraw-Hill, N. York, 1989, 505 págs.
- Llanos, H.; Díaz, C.; Garfias, J.; Antigüedad, L., y Llamas, J., «Contribución al estudio de las precipitaciones máximas en la provincia de Alava (País Vasco). Análisis de diferentes funciones de distribución», *Ingeniería Civil*, núm. 98, 1995, págs. 120-128.
- MII, «Resolución de 31 de enero, Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones», *BOE*, núm. 38, 14 de febrero, págs. 4846-4858.
- Palma, A., y Quintas, I., «Modelo Hidráulico Cauces. Cálculo de la lámina de agua en régimen estacionario para cauces naturales o artificiales de lecho fijo», *Ingeniería Civil*, núm. 104, 1997, págs. 39-42.
- Riccardi, G. A., «Elaboración de mapas de riesgo de inundación por medio de la modelación matemática hidrodinámica», *Ingeniería del Agua*, vol. 4, núm. 3, 1997, págs. 45-50.