

## APORTACIONES DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS POR EL ITGE A LA PREVENCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN ESPAÑA

A. Díez HERRERO

*Dpto. de Medio Ambiente, Universidad Europea de Madrid, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid.*

L. Laín HUERTA

*Área de Ingeniería Geoambiental, ITGE, Ministerio de M. Ambiente, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.*

### *Resumen:*

El Instituto Tecnológico Geominero de España ha venido desarrollando a lo largo de su dilatada historia diversos informes puntuales y estudios generales enfocados a la caracterización y análisis de los riesgos naturales. El máximo apogeo en la producción científico-técnica del IGME-ITGE en el campo del análisis del riesgo de inundaciones, se produce en la década de 1980-90 e inicios del actual decenio. Durante este periodo, se realizan más de una docena de estudios específicos sobre inundaciones; igualmente, otro medio centenar de trabajos sobre riesgos naturales incluyen referencias al riesgo de inundaciones. A grandes rasgos podríamos diferenciar tres grandes tipos de estudios:

- 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).

El ITGE está actualmente colaborando con la D. G. de Protección Civil, participando en diversos proyectos de investigación (Plan Nacional I+D) y el proyecto TIGRA de la Comisión Europea. Dentro de éste el papel de ITGE se centra en el análisis y desarrollo de métodos de evaluación del riesgo por inundaciones y sus tres factores: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, con su correspondiente expresión cartográfica.

### *Palabras clave:*

ITGE, Riesgo, Inundaciones, Cartografía.

### *Abstract:*

**Contributions to the studies made by the ITGE for the Prevention of the Flood Risk in Spain.** The Spanish Geological Survey (ITGE) has elaborated several specific reports and general studies focused on the typification and analysis of natural risks. The most important scientific and technical production of the IGME-ITGE in the field of the flood risk analysis arose during the 1980-90 decade and the beginning of the current one. All through this period, more than twelve studies are specifically made on floods; there are also fifty works on natural risks which include references to flood risk. We could briefly distinguish three great types of studies:

- Maps preventing flood risks in urban settlements.
- The setting-out of geological yardsticks for the flood forecasting on a regional, provincial or autonomous scale.
- Handbooks or inventories with a general view (at a national level).

The ITGE is currently collaborating with the State Civil Defence Office, taking part in several research project, and making, as a part of the TIGRA project of the European Commission, the analysis and development of the evaluation methods for the flood risk and its three factors: hazard, vulnerability and exposure, together with its corresponding cartographical expression.

### *Key words:*

ITGE, Risk, Floods, Cartography.

## 1. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTIGUOS

Desde su constitución en 1849 como «Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino», el actual ITGE tuvo como misión fundamental el estudio de los fenómenos naturales en el territorio nacional. Las primeras publicaciones que surgieron de su sucesora, la Comisión del Mapa Geológico de España, fueron las memorias anuales de los trabajos realizados por los grupos de trabajo; en ellos ya figuraban referencias a fenómenos de inundación acaecidos en diferentes localidades españolas. Estas citas serán posteriormente recopiladas en las descripciones físicas y geológicas que, a nivel provincial, publicó la Comisión en su Boletín (posteriormente Boletín Geológico y Minero). A título de ejemplo, la Descripción física y geológica de la provincia de Segovia (Cortázar, 1891), recopila notas del tipo:

*«Recogida el agua del río Pirón en 14 de Julio de 1885 después de un temporal de lluvias que habían determinado una crecida tan grande que el día anterior destruyó el puente de la carretera entre Pinarnegrillo y Carbonero el Mayor, dió por filtración un residuo de 20 centigramos por litro, ó sean dos quilogramos por metro cúbico. El aforo del río era de 15 metros cúbicos por segundo, y, por tanto, arrastraba 30 quilogramos de limo al segundo, 108000 en una hora y 2.592000 al día, es decir, un volumen de más de 2000 metros cúbicos.»*

Como puede apreciarse, buena parte de las referencias insisten en las pérdidas de suelo fértil que se producen por arrastres de los ríos durante las crecidas: *«... los ríos conducen grandes cantidades de arenas y limo que se pierden completamente, y que por lo menos el segundo pudiera ser de excelente provecho en la agricultura»* (Cortázar, *op. cit.*).

Sin embargo, el documento clave es el trabajo *«Las aguas de España y Portugal»*, publicado por Horacio Bentabol y Ureta en el año 1900 dentro del Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España. En primer lugar recopila, por primera vez, los mayores *trastornos* climatológicos acaecidos en España (págs. 10-20), entre los que enumera multitud de datos sobre *riadas* y *diluvios*, con su fecha, lugar, causas y consecuencias. Además, a lo largo de su obra, realiza una serie de afirmaciones de hondo contenido teórico y aplicado en el estudio de las avenidas y las inundaciones derivadas, muchas de ellas notablemente avanzadas en su tiempo. Recogemos a continuación una serie de ellas:

\* Sobre la periodicidad de los fenómenos de crecida y su análisis

*«... a consecuencia del principio antes apuntado de que al cabo de cierto tiempo el total del agua evaporada es igual al del agua llovida, resulta que las grandes sequías van precedidas o seguidas de grandes diluvios, ...»* (pág. 21).

*«... la lluvia no va indefinidamente aumentando ni disminuyendo con el transcurso del tiempo: luego si a temporadas de mayor lluvia siguen otras de menor, y así sucesivamente, alternando, es evidente que la lluvia está sometida á cierta periodicidad regular ó irregular que conviene conocer.»* (pág. 62).

*«La periodicidad anual de la crecida de ciertos ríos, es tan constante y regular que, si no hubiese otros modos de contar los años y de reconocer las estaciones, se podría verificar por la observación de las avenidas del Nilo, el Amazonas, el San Lorenzo y otros ríos ...»* (pág. 62).

*«... comõ todos los años no son igualmente abundantes en agua, se puede investigar si existe alguna ley que no deje al capricho de la Naturaleza, ó al azar, las reparticiones de la lluvia en el transcurso de los años ...»* (pág. 62).

*«Las inundaciones ocurrieron en ..., que marcan los intervalos de ..., que corresponden claramente á múltiplos de periodos solares.»* (pág. 70) [el periodo medio de las manchas es de 11,11 años según el autor].

*«... donde la periodicidad se revela de un modo notable, y con la circunstancia de coincidir en mes y día fijo ..., siendo bien curiosa la particularidad de repetirse las inundaciones en día fijo del año»* (pág. 70).

\* Sobre el papel del umbral o coeficiente de escorrentía

«La proporción del agua de lluvia ordinariamente absorbida por el terreno, es inudablemente muy variable, según su naturaleza, el estado y la pendiente de la superficie, y la forma con que caiga la lluvia ...» (pág. 117-118)

«Proporciones de agua que corren superficialmente respecto a la lluvia neta anual: llanos de ambas Castillas, 0,20; terrenos poco permeables de pendiente pronunciada (montañas), 0,50; ...» (pág. 105).

«Cantidades proporcionales de lluvia que penetran en el terreno: terrenos poco permeables y de pendiente pronunciada 0,10 (0,07 en lluvias torrenciales; llanos de ambas Castillas 0,30 ...)» (pág. 119).

En cierta manera, en ambos grupos de razonamientos están contenidos los principios conceptuales del análisis estadístico (probabilístico) de precipitaciones máximas y caudales, y de la estimación del umbral de escorrentía (método del SCS) para el cálculo hidrometeorológico de caudales de crecida. Ambos varias décadas antes de que fueran formulados por autores del ámbito anglosajón.

## 2. MAPAS PREVISORES DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN NÚCLEOS URBANOS

El objetivo de estos estudios, según consta en los documentos de síntesis, era *desarrollar una metodología aplicable, sin excesivo derroche de medios, al reconocimiento de los riesgos de inundación en núcleos urbanos de tamaño medio*; subsidiariamente se estudian los efectos de las previsibles inundaciones futuras, y en función de éstos, orientar una adecuada ordenación territorial.

Para ello utilizan una metodología múltiple, que se inicia por la definición de los problemas en base al estudio de sus causas y la modalidad de inundación previsible. El análisis de peligrosidad de inundación usa tres grupos de métodos de forma complementaria e integrada:

— **Histórico-estadístico.** Se determinan las extensiones cubiertas por anteriores crecidas y se calcula su probabilidad de ocurrencia.

— **Hidrológico-hidráulico.** Calcula caudales para diferentes periodos de retorno (cuantiles) y estima la altura de lámina de agua en cada una de las zonas afectadas. Los periodos de retorno estudiados corresponden a 1,5, 5, 20 y >20 años, siguiendo las recomendaciones de la ONU; en corrientes de marcada estacionalidad se han sustituido por 25, 50, 100 y 500 años. El cálculo de cuantiles se realiza mediante dos procedimientos:

- Análisis estadístico de caudales sobre series anuales de máximos diarios (medios) o sobre series de datos diarios (instantáneos); los cuantiles obtenidos para ambas series se relacionan mediante un factor de proporcionalidad. El modelo estadístico emplea únicamente datos locales, con una función de distribución tipo Gumbel.
- Cálculo hidrometeorológico mediante la fórmula clásica del método racional (o modificado, caso de Alcoy). Con los datos de precipitaciones máximas en 24 horas se realizan mapas de isoyetas máximas diarias para distintos periodos de retorno; los parámetros de la fórmula se calculan con las fórmulas propuestas por Témez, y el umbral de escorrentía con la metodología del SCS. Paralelamente se estudian las situaciones meteorológicas sinópticas causantes de los principales eventos.

Por su parte, la estimación de alturas de lámina de agua se realiza en secciones de control con las fórmulas de Manning o Chezy aplicadas en perfiles transversales seriados del canal y llanura a escala 1:5.000. Los estudios se completan con el cálculo de la precisión de las estimaciones.

— **Geológico-geomorfológico.** Mediante el estudio de las formas del terreno modeladas en las crecidas o en régimen normal, intenta reconstruir el tipo y frecuencia de las avenidas. Dicho análisis permite conocer el proceso de modelado y su dinámica, así como delimitar las zonas que han sufrido inundación (huellos de erosión y/o deposición) o que sean susceptibles de serlo en el futuro. El objetivo final es diferenciar las zonas geomorfológicamente activas para periodos de retorno de 5, 20-25, y 500 años. Presenta dos fases diferenciadas:

- Trabajo de campo. Levantamiento de cortes estratigráficos, secuencias y columnas sedimentológicas; reconocimiento de formas y criterios; revisión del trabajo de gabinete.
- Trabajo de gabinete. Elaboración de mapas derivados mediante fotointerpretación estereoscópica de pares verticales (normalmente 1:18.000), cuya leyenda comprende: elementos hidráulicos (lechos y accidentes en el canal), formas de erosión (escarpes, incisión, cárcavas, ...), formas de acumulación (barras, islas, conos,...), formas mixtas (terrazas, marismas), acciones dinámicas (huellas de dirección, zapado, líneas de desbordamiento) y acciones antrópicas (encauzamientos, construcciones, etc.). Además se realizan mapas de pendientes, perfiles longitudinales y transversales, mapas de corrientes clasificadas (CDR, Horton, Strahler), etc.

Algunos estudios (Alcoy) hacen especial hincapié en el papel de la morfometría de las cuencas, con el establecimiento de índices morfométricos y representaciones: superficie, forma (elongación, compacidad, circularidad), relieve (amplitud, relación, curva hipsométrica, diagrama de frecuencias altimétricas, altitud media, altitud más frecuente), densidad de drenaje y constante de mantenimiento, distancia de escorrentía, relación de bifurcación, relación de longitud, equivalente vectorial y coeficiente de torrencialidad.

La cuantificación del riesgo a partir de los estudios de peligrosidad pasa por: el inventario de bienes, servicios y población; la estimación de la extensión, altura y permanencia del agua en las zonas de llanura de inundación; y la definición de líneas de corriente y modificaciones en el cauce y/o llanura. Los resultados de la integración de los diferentes métodos y cartografías se plasman en una serie de mapas sintéticos, denominados:

- Planos geomorfológicos 1:25.000.
- Planos de probabilidad de inundaciones 1:5.000/ 1:10.000
- Zonificación del riesgo en sectores del cauce a gran escala, 1:2.500 (Güimar) y 1:5.000 (Playa de las Américas).
- Mapas de riesgos, con el reflejo de sectores del cauce afectados, caudales máximos y alturas de lámina de agua, a escala 1:10.000.
- Mapas de peligrosidad y riesgo por avenidas 1:5.000, con: zonas inundables para 25 y 500 años, tiempo de concentración, movimientos de ladera asociados, puntos conflictivos, recomendaciones y medidas.

Se encuentran realizados estudios para los municipios de: Almería, Andújar, Badajoz, Barbate, Campo de Gibraltar, Córdoba, Écija, El Ejido, Granada, Guadix, Loja, Lucena, Málaga, Mérida, Puente Genil y Utrera (1986); Puerto Lumbreras, Lorca, Totana y Archena (1987); Vinaroz, Benicarló, Villarreal, Burriana, Algeses, Alcira, Carcagente, Gandía, Ondara, Jávea, Benidorm y Orihuela (1987); Posada de Llanes (1987); Ballobar (1988); Güimar y Playa de Las Américas (1989); y Alcoy (1990); Figura 1.

### 3. ESTUDIOS DE PREVISIÓN DE INUNDACIONES EN ÁMBITOS COMARCALES, PROVINCIALES O AUTONÓMICOS

Se trata de estudios preventivos sobre los factores geológicos (geomorfológicos, sedimentológicos, hidrogeológico-hidrogeológicos, riesgos asociados, ...), climáticos y antrópicos, que permiten un cierto grado de predicción del riesgo de inundación. Con ello se delimitan zonas potencialmente sometidas al riesgo de inundaciones y otros asociados, cuantificando los efectos según diversos periodos de retorno.

Se inician con el encuadre geológico y fisiográfico de las cuencas fluviales en la región estudiada, reflejando su litoestratigrafía, geología estructural y principales características de los sistemas fluviales.

A continuación, un estudio climático-meteorológico detalla el clima y la pluviometría (tipos de lluvias, distribución anual), así como las inundaciones y precipitaciones históricas comparadas con los máximos registrados en las series ordinarias. Papel relevante tiene el estudio del régimen de precipitaciones máximas, cuyos datos diarios se analizan estadísticamente con una función tipo Gumbel para obtener los cuantiles correspondientes a los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años; el tiempo de concentración de las subcuencas.

cas se calcula a partir de la longitud y pendiente del curso principal; y el factor reductor de la intensidad de la lluvia en función de la superficie de la cuenca.

Sin duda alguna, la metodología en la que se hace mayor hincapié es el estudio geomorfológico (morfométrico, dinámico y evolutivo) de las cuencas y la red de drenaje, basado en el análisis del MTN 1:50.000 y estereopares fotográficos a escala 1:18.000. Comprende:

- Jerarquización de cuencas según Horton-Strahler.
- Longitud de cauces, densidad de drenaje y relación de bifurcación.
- Equivalente vectorial (sinuosidad del valle).
- Índice de compacidad de la cuenca.
- Cartografía de formas del canal.
- Coeficiente de torrencialidad.
- Pendiente longitudinal del cauce y secciones transversales.
- Índice de Fournier (potencia erosiva).

Paralelamente, dentro de los factores sedimentológicos se estudian los depósitos fluviales (fundamentalmente disposición y granulometría) y las formas deposicionales, tanto del valle (barras, puntas de meandro y terrazas) como de ambientes de estuario (si existen).

El complemento hidrológico-hidrogeológico comprende: cálculo del coeficiente de escorrentía a partir de episodios observados en avenidas extraordinarias; regulación natural por los acuíferos; regulación mediante embalses; estimación de las máximas crecidas por el método racional; cálculo de los hidrogramas mediante el método de las isocronas; y predicción con las observaciones realizadas en función del tiempo de concentración y velocidades de propagación. Otros factores naturales que se consideran son: cubierta vegetal, suelos, movimientos en masa (tipos asociados en laderas y colectores fluviales), viento y sismicidad.

La acción antrópica se centra en el análisis del grado de ocupación de cauces, obstrucciones puntuales, cauces enterrados y acciones en medios de transición, como los estuarios (dragado de fondos y barras, y encauzamientos).

El resultado final de la aplicación de tan diversas metodologías es un modelo hidrológico de las crecidas con estimación de máximos caudales y su recurrencia, permitiendo definir la llanura inundable, los daños previsibles en áreas urbanas e industriales, zonas activas de erosión y aterramiento, y riesgo de cortes de vías de comunicación. Este modelo se plasma en diferentes cartografías a pequeña escala (1:100.000):

- Mapa de permeabilidad y escorrentía, donde se refleja la permeabilidad de las litologías y su comportamiento geotécnico referido a la susceptibilidad a la licuefacción superficial por saturación.
- Mapa de factores hidrológicos e inundabilidad, con los siguientes elementos:
  - Cuencas, colectores, anchura de la llanura y máximo caudal previsible para un periodo de retorno de 50 años.
  - Pendientes de los interfluvios (elevadas, medias y suaves).
  - Ocupación de la llanura de inundación y zonas entubadas.
  - Inundabilidad previsible en cada núcleo de población en función del porcentaje de casco urbano inundado.
- Mapa de riesgos de daños por inundación, conjunción de los factores geomorfológicos e hidrológicos, junto a la experiencia histórica. Pretende ser un documento claro y legible por los no expertos. Contiene:
  - Riesgo disperso de movimientos en laderas.
  - Riesgo de erosión y arrastre de material sólido.
  - Riesgo de aporte y sedimentación de materiales.
  - Riesgo de inundación de núcleos urbanos e industriales
  - Tramos inundables en vías de comunicación.
  - Obstáculos puntuales al flujo.

En definitiva, estos estudios enfatizan el relevante papel de la interpretación geomorfológica (configuracional, dinámica y evolutiva) de los elementos del cauce y márgenes de las corrientes fluviales, como fuente de información en la previsión de inundaciones y riesgos asociados; todo ello combinado con los pertinentes cálculos hidrometeorológicos y estudio de inundaciones históricas realizado a nivel areal. El resultado suelen ser cartografías a medias y pequeñas escalas (1:25.000 a 1:500.000) con la localización de tramos conflictivos por inundación y fenómenos geológicos asociados generadores de riesgo.

De este tipo se encuentran realizados informes en: Valle del Nervión (1984); Plana de Levante (1985); Álava, Vizcaya y Condado de Treviño (1986); Castilla y León (1989); Alicante (1990); cuenca alta del río Francolí (1992); Pirineo Central (1994); y Región de Murcia (1995); ver Figuras 1 y 2.

#### 4. PANORAMA ACTUAL Y DE FUTURO

En la actualidad el ITGE, a través de su Servicio de Riesgos Naturales, integrado en el Área de Ingeniería Geoambiental (Dirección de Recursos Minerales), dirige sus actividades enfocadas a la prevención del riesgo de inundaciones hacia dos campos:

- Asistencia técnica para corrección de riesgos puntuales por inundación en áreas afectadas o para prevención en proyectos de instalación de nuevas actividades.
- Participación en proyectos de investigación sobre técnicas preventivas y metodologías de estimación de la peligrosidad.

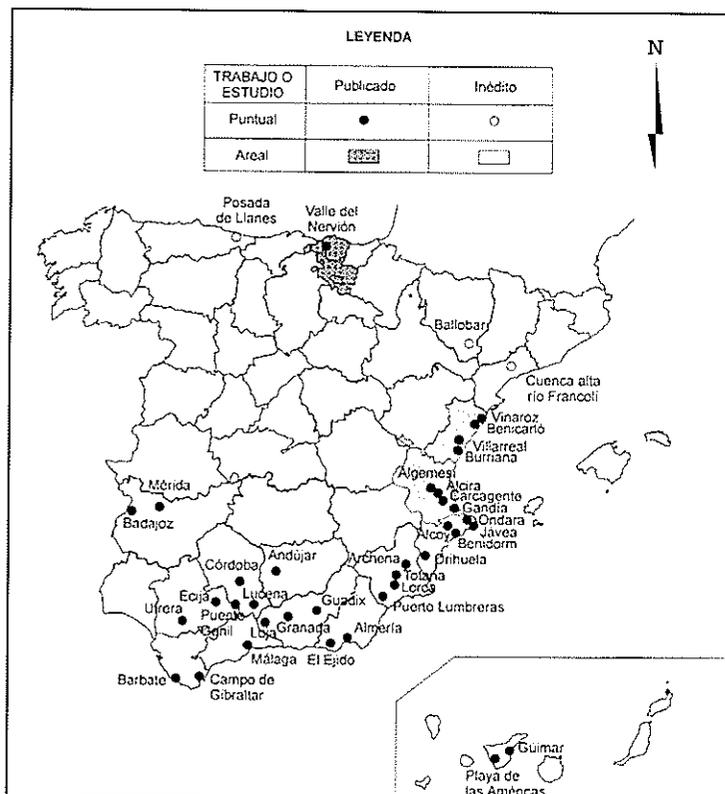


Fig. 1. Mapa mostrando los trabajos realizados por el ITGE sobre avenidas e inundaciones en España.

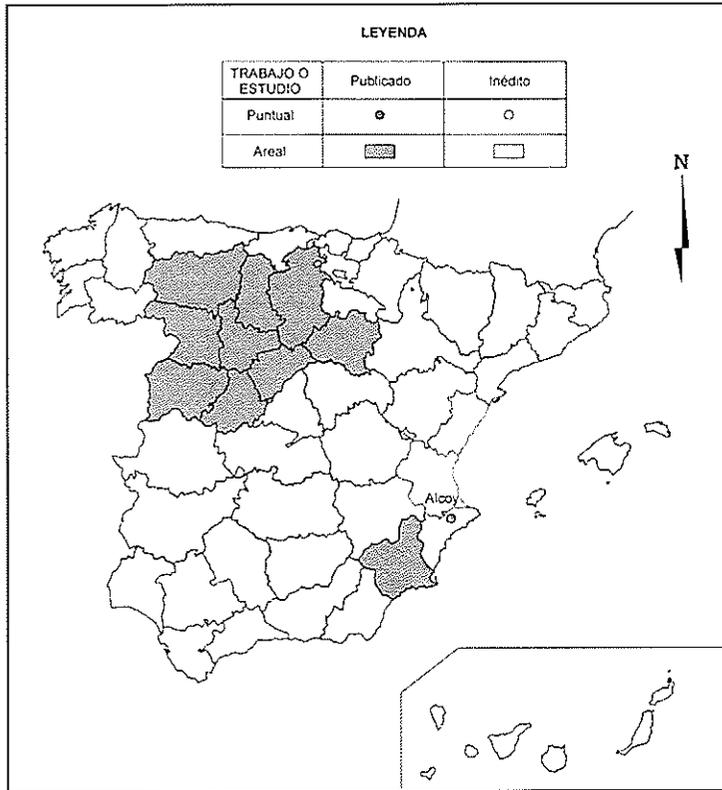


Fig. 2. Mapa de los trabajos realizados por el ITGE sobre riesgos naturales y que incluyen, entre otros, inundaciones y avenidas.

#### 4.1. Asistencia técnica para prevención y corrección de riesgos puntuales

En el primero de los aspectos destaca el convenio específico mantenido con la Dirección General de Protección Civil entre los años 1995-97, gracias al cual se aportó asistencia técnica en prevención y corrección de riesgos (informes de zonas con extensión menor a 3 ha) y se publicaron los informes anuales de peligros naturales en España y el mundo, ambos contemplando, entre otros, los fenómenos de inundaciones; actualmente dicho convenio se encuentra en vías de renovación, aportando mayor peso a la prevención y mitigación de este tipo de riesgo.

El ITGE colabora con los técnicos de riesgos naturales de la D.G. de Protección Civil en la elaboración de una ficha-inventario para la catalogación de fenómenos recientes de inundación por lámina de agua a nivel nacional. Igualmente participa en el Grupo de Trabajo sobre análisis del riesgo de inundaciones, constituido por la citada Dirección General para desarrollar el futuro Plan Estatal de Protección Civil previsto en la Directriz Básica de Planificación ante el Riesgo de Inundaciones.

Asimismo se colabora como organismo asesor en las reuniones de las Subdelegaciones de Gobierno para la evaluación de los proyectos enfocados a paliar daños ocasionados por inundaciones y temporales, acogidos a las subvenciones de reales decretos en situaciones excepcionales (Valencia, septiembre de 1996; San Sebastián, junio de 1997).

Por último, técnicos del ITGE han intervenido como comparecientes en las sesiones informativas realizadas por la «Comisión especial para la prevención y asistencia en situaciones de catástrofe» del Senado, quedando constancia de sus aportaciones en materia de prevención del riesgo de inundaciones en el Diario de Sesiones del Senado (Díez, 1997; Ayala, 1997).

#### 4.2. Participación en proyectos de investigación

El ITGE, en su calidad de organismo público de investigación (O.P.I.), participa en diversos proyectos de investigación cuyo ámbito y financiación abarca desde municipios hasta la propia Unión Europea.

Por lo que se refiere al tema de prevención del riesgo de inundaciones, destaca la participación en el proyecto del Plan Nacional del Clima (Plan Nacional I+D) titulado «*Investigación sobre el régimen de precipitación e inundaciones de la cuenca del Tajo durante el último milenio en base a criterios y datos paleohidrológicos*» (CLI95-1748). El papel del ITGE en este proyecto durante el primer año (1996) se ha centrado en la confección de la base de datos sobre inundaciones históricas, mientras que el segundo año (1997) se ha tratado de realizar su implementación en un sistema de información geográfica (Díez-Herrero et al., *in press*); igualmente tiene a su cargo aspectos de la modelización hidrológica de las paleoinundaciones. Tal y como se deduce de la declaración de intenciones en la memoria del proyecto, y como queda reflejado en el poster-abstract presentado a GLOCOPH'96 (Benito *et al.*, 1996), las aplicaciones de las bases de datos elaboradas pueden contemplarse desde una doble perspectiva:

— Comprobar la representatividad en el análisis de la frecuencia de inundación, de las grandes inundaciones registradas en las estaciones de aforos.

— Definir los periodos con alta frecuencia de condiciones de generación de inundaciones para cada subcuenca, y relacionar dichos periodos con modificaciones en los patrones de circulación atmosférica responsables de estas inundaciones.

El proyecto TIGRA, siglas que corresponden a «*The Integrated Geological Risk Assessment*», está incluido en el área de Climatología y Riesgos Naturales del programa sobre Medio Ambiente y Clima (1994-1998), promovido por la Dirección General XII para la Investigación Científica y Desarrollo de la Comisión Europea. Su objetivo general es el desarrollo de metodologías factibles para el análisis de la peligrosidad geológica desde el punto de vista integrado (multipeligrosidad), lo que conlleva actuaciones del tipo:

- Establecimiento de criterios para la identificación de las unidades territoriales de referencia y zonación del territorio.
- Valoración multipeligro a la luz del cambio meteorológico y climático.
- Desarrollo de un análisis socio-económico para ser integrado en la valoración multipeligro y enfocado a la definición del riesgo.
- Desarrollo de metodologías y criterios para la identificación y evaluación de riesgos integrados en las áreas europeas.
- Propuesta de sugerencias y principios para la valoración multi-peligro y multi-riesgo.

Las áreas de trabajo (tareas) son siete, de las que el ITGE tiene asignadas, como responsable científico, las siguientes:

1. Legislación. Recolección de información de legislación sobre primas para usos del suelo, como función de los niveles de riesgo, tanto para los países que promueven el proyecto como para las líneas principales de la Comunidad Europea.

4. Análisis de aspectos socioeconómicos y de la exposición. Establecimiento de índices de valor socio-económico para las unidades territoriales basados en la utilidad, potencia de trabajo, población y producción.

5. Investigación y valoración de la vulnerabilidad. Establecimiento de índices de vulnerabilidad territorial, investigando la relación severidad-vulnerabilidad con especial atención al patrimonio cultural de áreas peligrosas.

6. Criterios para la realización de mapas de riesgo. Los mapas de riesgos son necesarios para el plan de intervención y defensa (estructural o no estructural) y para la elaboración de escenarios de riesgo, indispensables en la gestión de emergencias y en la planificación territorial. Su elaboración tendrá en cuenta valoraciones socioeconómicas como la demanda de suelo, la demografía, intereses ambientales, etc.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer su colaboración en la realización de este artículo a las siguientes personas y centros: Francisco J. Ayala, Biblioteca y Centro de Documentación del ITGE, personal del Área de Ingeniería Geoambiental, y Miguel A. Sanz Santos.

## BIBLIOGRAFÍA

### • Estudios publicados específicamente sobre el riesgo de inundaciones (en orden cronológico)

- CORTÁZAR, D. (1891): Descripción física y geológica de la provincia de Segovia. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XVIII.
- BENTABOL y URETA, H. (1900): Las aguas de España y Portugal. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XXV (V de la 2ª serie).
- AYALA, F.J. y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (Dtors.) (1984): *Establecimiento de criterios geológicos para la prevención de daños por avenidas. Aplicación a las inundaciones del Valle del Nervión (País Vasco) en agosto de 1983*, IGME, Madrid, 86 pág., mapas (1:200.000) y 10 planos (1:5.000), 2 vols. DL M-26838-1984; ISBN 84-7474-256-0.
- AYALA, F.J. (Coord.) (1985): *Geología y prevención de daños por inundaciones*, IGME, Madrid, 421 pág. ISBN 84-7474-324-9; DL M-37383-1985.
- AYALA, F.J.; RODRÍGUEZ, J.Mª; PRIETO, C.; DURÁN, J.J.; LAMAS, J.L. y RUBIO, J. (1986): *Mapa predictor de riesgos por inundaciones en núcleos urbanos de Andalucía y Extremadura. Almería, Andújar, Badajoz, Barbate, Campo de Gibraltar, Córdoba, Écija, El Ejido, Granada, Guadix, Loja, Lucena, Málaga, Mérida, Puente Genil, Utrera*. Serie Geología Ambiental, ITGE, Madrid, 205 pág. y 34 mapas. ISBN: 84-7474-403-2; NIPO: 232-87-003-1; DL: M-27245-1987.
- AYALA, F.J. (Dtor.) (1986): *Estudio geológico para la previsión de riesgos por inundaciones en el País Vasco (Álava y Vizcaya) y Condado de Treviño. E 1/100.000*. Serie Geología Ambiental, IGME, Madrid, 71 pág. y 6 map. pleg. (1:100.000), 2 vols. DL M-42457-1986.
- PERNIA, J.M.; DEL VAL, J.; DE SIMÓN, A.; BOQUERA, J. y ARTÁIZ, C. (1987): *Mapas predictores de riesgos de inundaciones en núcleos urbanos. Puerto Lumbreras, Lorca, Totana, Archena*. Serie Geología Ambiental, IGME, Madrid, 53 págs. y 4 planos (1:5.000). NIPO 232-87-003-1; DL M-35439-1987; ISBN 84-505-6719-X.
- PERNIA, J.M.; DEL VAL, J.; DE SIMÓN, A.; BOQUERA, J.; ARTÁIZ, C. y MARTÍNEZ GOYTRE, J. (1987): *Mapas predictores de riesgos de inundaciones en núcleos urbanos: Vinaroz, Benicarló, Villarreal, Burriana, Algemesí, Alcira, Carcagente, Gandía, Ondara, Jávea, Benidorm, Orihuela*. Serie Geología Ambiental, IGME, Madrid, 177 pág., 12 planos (1:5.000 y 1:10.000) y anexo Cálculos Hidráulicos (2 vol.). NIPO 232-87-003-1; ISBN 84-505-6996-6; DL M-40898-1987.
- DURÁN, J.J.; MARTÍNEZ, J. y PEÑA, J.L. (1989): *Mapas predictores de riesgo de inundaciones en los núcleos urbanos de Güímar y Playa de Las Américas (Tenerife)*. Serie Ingeniería Geoambiental, ITGE, Madrid, 42 pág. y 1 mapa pleg. (1:5.000). NIPO 232-91-003-5, ISBN 84-7840-061-3, D.L. 9283/91.
- AYALA, F.J. (Dtor.) (1990): *Estudio de riesgos naturales en la ciudad de Alcoy. Riesgo de avenidas. Vulnerabilidad y riesgo sísmico*. Serie Ingeniería Geoambiental, ITGE y Excmo. Ayto. de Alcoy, Zaragoza, 2 vol, 214 pág. y 3 map. pleg. (1:5.000). D.L. Z-1152/90.

- BENITO, G.; LAÍN-HUERTAS, L.; REY, R.; MACHADO, M.J.; OJEDA, R. & ROMANOS, M.J. (1996): *Palaeotagus Database: Regional Palaeoflood Information for evaluating Flood Hazard and Water Resources in Central Spain*. GLOCOPH'96 Abstracts of Conference Papers, Toledo, 31 pp.
- DÍEZ, A. (1997): Aplicación de la planificación para prevención del riesgo hidrológico en ámbito municipal. *Diario de Sesiones del Senado*, 162, 10-14.
- AYALA, F.J. (1997): Aspectos socioeconómicos. Impacto socioeconómico de riesgos y medidas estructuralistas. *Diario de Sesiones del Senado*, 162, 32-38.
- DÍEZ-HERRERO, A.; LAÍN, L. & BENITO, G. (*in press*): Regional palaeoflood databases applied to flood hazards and palaeoclimate analysis. En: Benito, Baker & Gregory (ed.), *Palaeohydrology and Environmental Change*, John Wiley & Sons, London.

• **Informes internos, trabajos inéditos y proyectos específicamente sobre el riesgo de inundaciones (en orden cronológico)**

- IGME (1985): *Dinámica Fluvial de la Plana de Levante (provincias de Castellón y Valencia)*. Mapas de riesgos (inédito).
- AYALA, F.J. (Dtor.) (1986): *Estudio geológico para la previsión de riesgos por inundaciones en el País Vasco*, Madrid, 53 pág.+ anejos (2 vol.).
- GONZÁLEZ, J. (1987). *Estudio sobre las causas de las inundaciones provocadas por el río Calabres en Posada de Llanes y sus posibles soluciones*. Programa de Gestión y Conservación de Acuíferos- Asturias (1986/87), IGME, 29 pág.
- AYALA, F.J.; FERRER, M.; CONCONI, G.O.; PÉREZ, M. y GRACIA, A. (1988): *Estudio del riesgo de erosión de las laderas del Cerro de San Juan que provocan inundaciones de barro y piedras sobre la población de Ballobar. Huesca*. IGME, Madrid, 37 pág., gráficos y mapas.
- BARETTINO, D.; PUJADAS, J. (1992): *Programa I+D en Geología Ambiental. Estudio de avenidas en la cuenca alta del río Francolí (Tarragona)*. Mapas de peligrosidad por inundación. ITGE y Servei Geològic de Catalunya, 74 pág., anexos y planos a diversas escalas (1:1.000 y 1:5.000).