

La problemática de las inundaciones.

Actuaciones estructurales y no estructurales frente a las avenidas (*)

Por Dr. LUIS BERGA CASAFONT

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Junta d'Aigües de la Generalitat de Catalunya
y Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona

Las inundaciones representan en España un problema social y económico muy importante, existiendo numerosas zonas de nuestro país con elevados niveles de riesgo. En el artículo se estudian las características de este tipo de catástrofes y las medidas para evitarlas o disminuir sus efectos

INTRODUCCION

La vida humana discurre en medio de un equilibrio dinámico entre las actividades que desarrolla el hombre y las condiciones y respuestas de su entorno. Pero en numerosas ocasiones se producen importantes alteraciones de este equilibrio que impactan sobre la calidad de la vida y que pueden causar graves daños. Las catástrofes naturales (terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, ciclones, huracanes, tifones, inundaciones) constituyen los casos extremos de desequilibrio y son una amenaza constante debido a la gran cantidad de víctimas que producen y al elevado coste de los daños materiales que causan. Por ello, es esencial el conocer la génesis y desarrollo de estas catástrofes para poder adoptar una serie de medidas de prevención y de previsión tendentes a reducir los daños en la medida de lo posible.

En el cuadro n.º 1 se muestra una evaluación de los daños ocasionados por las mayores catástrofes naturales en el siglo XX.

Puede observarse que aunque las inundaciones sólo representan un 23 por 100 del coste material de los daños, constituyen la causa más importante en cuanto al número de víctimas, con un 57 por 100 del total y más de tres millones de muertos.

La problemática de las inundaciones en nuestro planeta es general, y afecta prácticamente a la

(*) Premio de la Fundación Mapfre del Symposium Internacional sobre Catástrofes y Sociedad. Madrid 1989.

Cuadro n.º 1

DAÑOS OCASIONADOS POR LAS MAYORES CATASTROFES NATURALES DEL SIGLO XX

| | Evaluación del coste (M. de ptas.) | Víctimas |
|--------------|--|-------------------|
| Terremotos | 2×10^6 | 1.7×10^6 |
| Ciclones | 3×10^6 | 0.6×10^6 |
| Volcanes | 45.000 | 49.000 |
| Inundaciones | 1.5×10^6 | 3.2×10^6 |
| TOTAL | 6.6×10^6 | 5.6×10^6 |

totalidad de los cinco continentes (1, 2, 3, 4). Así, en Europa cabe señalar las inundaciones del Rin o del Danubio, las de las zonas por debajo del nivel del mar en Holanda, la crecida del río Arno en Florencia en 1966 que produjo graves daños en el patrimonio artístico y cultural de la ciudad, y las abundantes avenidas relámpago que azotan tradicionalmente las zonas mediterráneas. En Asia, el pueblo chino ha venido luchando desde los inicios de su historia con el carácter impetuoso del río Amarillo, y pese a ello se relata que en los últimos 3.000 años se han producido 1.500 inundaciones en la llanura aluvial, que además han dado lugar a 26 cambios importantes en el curso del río hacia su desembocadura, que en alguna ocasión ha variado en más de 1.000 km. (5, 6, 7).

No es el momento aquí de hacer una amplia reseña de la multitud de avenidas e inundaciones que han azotado a las poblaciones de la cuenca

del río Amarillo, pero sí quisiera dar algunas cifras de las que han causado mayores daños humanos y materiales, para tener un orden de magnitud del poder de destrucción y del peligro que representan algunos de los grandes ríos orientales.

La avenida de 1887, que dio lugar a la rotura del dique de la margen derecha en la zona de Kaifang, produjo más de un millón de muertos, la inundación de 30.000 Km² y de 1.500 pueblos y ciudades. En esta ocasión el río se desvió más de 600 Km. hacia el sur, y se tardaron más de dos años en conseguir que las aguas volvieran a discurrir por su antiguo cauce. En 1938 durante la guerra con los japoneses, el Koumintang rompió el dique de la margen derecha en la zona de Zhengzhou esperando producir una pequeña inundación, y así frenar el avance de las tropas enemigas. El resultado fue mucho más macabro de lo programado y afectó principalmente al pueblo chino que trabajaba en la fértil llanura del río, produciéndose más de 500.000 muertos, seis millones de personas afectadas y la inundación de 54.000 Km².

También el río Ganges, en la India, produce grandes crecidas, con llanuras inundadas de más de 30 Km., que vienen afectando año tras año a más de 200 millones de personas que acomodan sus vidas a la presencia de los niveles de agua en sus ciudades, y recientemente, en el mes de mayo de 1985, se produjeron más de 18.000 muertos en su zona deltaica de Bangladesh (8). Vemos pues, que el continente asiático es el que sufre más intensamente los peligros del agua, y en él se producen entre el 90 y el 95 por 100 de muertos debidos a inundaciones.

En Sudamérica son muy frecuentes las inundaciones producidas por sus caudalosos ríos, pero quisiera destacar aquí la catástrofe ocurrida el 13 de noviembre de 1985 en Colombia, donde debido a la erupción del Nevado del Ruiz se produjo un calentamiento de sus laderas que provocó una rápida fusión del hielo, formándose una corriente del barro que con más de 40 m. de frente avanzó por los estrechos cañones del río Lagunilla, esparciéndose a la llegada a la ciudad de Armero, unos 50 Km. aguas abajo, y causando unas 23.000 víctimas.

Pero no sólo es en los países menos desarrollados donde las inundaciones siegan vidas humanas y afectan al desarrollo económico y social, sino que también en los países más industrializa-

dos representan una grave amenaza. Así, en Estados Unidos se han cifrado desde el año 1900 más de cuarenta avenidas catastróficas, algunas de ellas con más de 6.000 muertos y con daños superiores a los 700.000 MPts. (9). Los estudios de las inundaciones en USA evalúan los daños medios anuales producidos por las crecidas en unos 3.000 millones de dólares, con un pronóstico para el año 2000 de 4.000 millones de dólares, aunque muestran una tendencia decreciente en el número de víctimas debido a las medidas protectoras y los sistemas de alarma y previsión que se han venido estableciendo en los últimos cincuenta años. Aún así, las avenidas relámpago por sus características de presentación repentina en el tiempo vienen resistiéndose a las más modernas técnicas de previsión y producen más de 200 víctimas al año.

Por todo ello, en todos los países del mundo, la lucha y defensa frente a las inundaciones se han venido manteniendo desde que tuvieron lugar los primeros asentamientos humanos en las márgenes de los ríos y se han ido implantando nuevas tecnologías de alerta y previsión a fin de evitar, en la medida de lo posible, los daños producidos por las avenidas. También en el seno de los Organismos Internacionales se han creado programas de cooperación internacional para fijar criterios de actuación frente a las avenidas y ayudas en el caso de catástrofes, como es la Oficina de Coordinación de las Naciones Unidas para el Socorro en casos de desastre (UNDRO) que desarrolla y difunde numerosas investigaciones referentes al tema en base a tres conclusiones importantes (10, 11): 1.º) Los desastres naturales y entre ellos las inundaciones, constituyen un obstáculo para el desarrollo económico y social, ya que en muchos países en desarrollo las pérdidas causadas han anulado el crecimiento económico, 2.º) La mayoría de los desastres naturales pueden prevenirse, y 3.º) Las medidas preventivas más fundamentales son al mismo tiempo las menos costosas, ya que con excesiva frecuencia las actuaciones frente a las avenidas sólo son parcialmente efectivas por no haberse incluido en el proceso la planificación del medio físico.

En España las inundaciones provocadas por las avenidas de los ríos vienen representando también un grave problema económico y social, y probablemente constituyen el riesgo mejor definido en la experiencia de la población de numerosas zonas de nuestro país. Así, la historia de las inundaciones catastróficas nos muestra que en la

Huerta del Segura este suceso se ha venido produciendo con una frecuencia de una vez cada once años, en alguna ocasión con más de un millar de muertos. En Sevilla se han referido avenidas extraordinarias una vez cada cinco años; en Málaga, una cada ocho años; en la cuenca del Júcar, una cada ocho años, y en la cuenca del Pirineo Oriental, una cada cuatro años (12, 13). En el cuadro n.º 2 se reseñan las inundaciones catastróficas más importantes en los últimos treinta años, que representan un balance de 1.463 muertos y daños superiores a cientos de miles de millones de pesetas.

Cuadro n.º 2

INUNDACIONES CATASTROFICAS MAS IMPORTANTES EN ESPAÑA EN LOS ULTIMOS TREINTA AÑOS

| Fecha | Lugar | Víctimas |
|-----------|---------------------------|--------------|
| Oct. 1957 | Valencia | 86 |
| Sep. 1962 | Vallés | 973 |
| Oct. 1963 | Murcia y Almería | 300 |
| Sep. 1971 | Cuenca del bajo Llobregat | 24 |
| Jun. 1972 | Valdepeñas | 22 |
| Oct. 1982 | Cuenca Baja del Júcar | 38 |
| Ago. 1983 | País Vasco | 20 |
| | TOTAL | 1.463 |

En total en nuestro país tenemos unos 1.400 puntos conflictivos de inundaciones (cuadro n.º 3), de los que el 21 por 100 están situados en la Cuenca Norte, y alrededor del 50 por 100 en las cuencas de las vertientes mediterránea, en las que se ha evaluado la existencia de 296 zonas de riesgo potencial de inundaciones de las que 29 son de riesgo máximo (cuadro n.º 4) (12, 14, 15).

Ante la relación sucinta de estos hechos cabe, pues, concluir que en España las inundaciones constituyen un fenómeno natural que produce efectos devastadores y catastróficos en numerosas comarcas y regiones, por lo que es necesario proseguir en las actuaciones tradicionales para reducir y evitar, en lo posible, los daños producidos por las avenidas. Pero también tienen que realizarse notables esfuerzos para aplicar las nuevas técnicas que se están desarrollando en el mundo en el campo de la previsión y predicción de las avenidas.

Cuadro n.º 3

INVENTARIO DE PUNTOS CONFLICTIVOS DE INUNDACIONES

| Cuenca hidrográfica | Clase | | | | Total |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| | 1.º | 2.º | 3.º | 4.º | |
| Norte | 200 | — | 100 | — | 300 |
| Duero | 7 | 18 | 27 | 20 | 72 |
| Tajo | 5 | — | 20 | — | 25 |
| Guadiana | 30 | 12 | 17 | 7 | 66 |
| Guadalquivir | 61 | 32 | 62 | 22 | 177 |
| Sur | 23 | 26 | 37 | 35 | 121 |
| Segura | 8 | — | 1 | — | 9 |
| Júcar | 54 | 33 | 60 | 26 | 173 |
| Ebro | 73 | 33 | 47 | 68 | 221 |
| Pirineo Oriental | 109 | 20 | 43 | — | 172 |
| Islas Canarias | 17 | 2 | 4 | 6 | 29 |
| Islas Baleares | 2 | — | 16 | 15 | 33 |
| TOTAL | 589 | 176 | 434 | 199 | 1.398 |

| Clase | Período de retorno de la avenida (años) | | Daños graves | |
|-------|---|-----|--------------|-----------|
| | 100 | 500 | Vidas | Haciendas |
| 1.ª ★ | • | | • | • |
| 2.ª • | | • | • | • |
| 3.ª ☆ | • | | | • |
| 4.ª ○ | | • | | • |

Cuadro n.º 4

EVALUACION DE ZONAS CON RIESGO POTENCIAL DE INUNDACIONES EN LAS CUENCAS MEDITERRANEAS

| Cuenca hidrográfica | Pirineo oriental | Júcar | Segura | Sur de España |
|--------------------------|------------------|------------|-----------|---------------|
| N.º de zonas con riesgo: | | | | |
| Máximo | 7 | 13 | 3 | 6 |
| Medio | 17 | 28 | 5 | 21 |
| Mínimo | 35 | 91 | 10 | 60 |
| TOTAL | 59 | 132 | 18 | 87 |

II. ACTUACIONES FRENTE A LAS AVENIDAS

Los objetivos generales de las diversas actuaciones frente a las avenidas son los de prevenir y reducir, en la medida de la posible, los daños que producen.

Para discernir los diversos tipos de actuaciones es interesante recordar, aunque sea de manera

muy somera, la historia natural de la formación y propagación de una avenida, que comienza con las precipitaciones atmosféricas, parte de las cuales escurren sobre el terreno, y después de fluir un determinado tiempo se reúnen en la red de drenaje. Esta red va transportando las aguas a cauces cada vez más importantes formándose de esta manera una onda de avenida que se propaga en el río principal con una determinada celeridad. Así, las posibles actuaciones para prevenir los daños que puedan producir las avenidas radican en las interferencias que podemos establecer en los mecanismos de su formación y propagación, tal como se muestra en el cuadro n.º 5.

Hoy en día no es posible actuar sobre las precipitaciones atmosféricas y su distribución, pero sí podemos aumentar la capacidad de retención del agua en el terreno y aminorar la velocidad de su flujo estableciendo programas de conservación del suelo, o evitando la erosión en la red de dre-

Cuadro n.º 5
ACTUACIONES FRENTE
A LAS AVENIDAS

Historia natural de las avenidas y de las inundaciones y sus actuaciones

- Precipitaciones:
¿Control de las precipitaciones y su distribución?
- Flujo sobre el terreno:
Conservación de suelos y lucha contra la erosión.
- Red secundaria:
Corrección de torrentes.
- Propagación por el cauce principal:
Laminación por embalses (disminución de los caudales punta y desfase del hidrograma).
- Desbordamiento e inundación:
Obras en cauces (diques, desvíos, encauzamientos, cortas, trasvases).
Actuaciones no estructurales:
 - Mapas de riesgo.
 - Zonificaciones y usos del suelo.
 - Sistemas de seguros.
 - Regulaciones legales.
 - Sistemas de alarma y previsión de avenidas.

naje de orden inferior. También podemos aumentar la regulación natural de las cuencas, creando embalses de regulación y laminación, para decapitar la punta de la avenida y distribuir sus caudales en tiempos más largos. Finalmente, el efecto del paso de la onda de la avenida dependerá de la capacidad de transporte del propio cauce sobre la que podemos actuar a través de diferentes obras, y la afección a personas y bienes variará según sean las protecciones establecidas y los asentamientos en las márgenes.

Este conjunto de actuaciones se puede clasificar del modo siguiente (1, 16):

- A) Actuaciones para interferir en los mecanismos de formación y propagación de las avenidas (soluciones estructurales):
 1. Corrección de cuencas y conservación de suelos.
 2. Embalses de laminación y regulación.
 3. Obras en cauce (protecciones, encauzamientos, correcciones, trasvases, cortas, obras de drenaje, etc.).
- B) Actuaciones para impedir o reducir los daños producidos por las inundaciones (soluciones no estructurales):
 1. Elaboración de mapas de riesgo.
 2. Implantación de zonificaciones con normas de uso del suelo.
 3. Sistemas de seguros.
 4. Regulación legal general para las actuaciones frente a las avenidas.
- C) Actuaciones para prever, y así poder reducir, los daños producidos por las inundaciones:
 1. Sistemas de alarma y previsión de avenidas.
 2. Planes de Protección Civil.

Evidentemente, para lograr una mayor efectividad de estas actuaciones frente a las avenidas hay que desarrollar en cada caso una planificación de las diversas soluciones posibles, tal como se muestra en la Fig. 1.

Tradicionalmente, la lucha contra las inundaciones se ha venido desarrollando en base a soluciones estructurales (embalses y obras en cauces), y aunque estas medidas se han mostrado muy

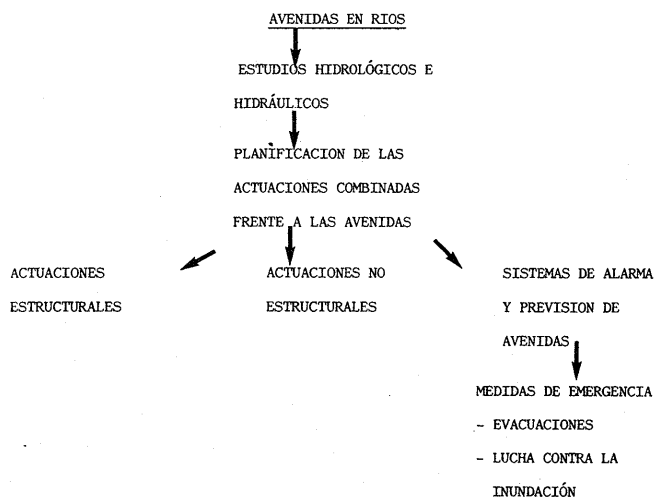


Figura 1.—Actuaciones frente a las avenidas.

satisfactorias no han resuelto por sí solas toda la problemática de las avenidas. Así, la experiencia mundial nos enseña que los daños materiales producidos por las inundaciones han ido aumentando en los últimos años, pese a los enormes esfuerzos inversores en soluciones estructurales. Ello es debido al gran desarrollo y ocupación que se ha realizado en las zonas inundables, lo que da lugar a que en avenidas extraordinarias, que superen las previsiones realizadas, se produzcan graves afecciones a las vidas y bienes emplazados en las llanuras de inundación. Frente a esta actividad se ha venido propugnando desde diversos países y foros internacionales, la urgente necesidad de implantar actuaciones no estructurales para hacer frente a las cuantiosas pérdidas producidas por las inundaciones.

La base técnica de este tipo de soluciones es la elaboración de mapas de riesgo, en los que se delimitan las líneas de las avenidas de 100 y 500 años, y se estudian las condiciones y características hidráulicas del flujo (17, 18). Surge así, el concepto de zonificación que consiste en regular la ocupación de las márgenes de los ríos estableciendo diversas zonas en las que se prohíben o restringen los usos del suelo para actividades urbanas, industriales, agrícolas, y para el trazado de las vías de comunicación.

Existen diversos esquemas para las propuestas de zonificación de los ríos, y también a escala internacional se han realizado esfuerzos para tratar de dar unas normas generales, tales como las contenidas en las "Guidelines for Disaster prevention" de las Naciones Unidas (19). Nosotros presentamos aquí una adaptación de dichas nor-

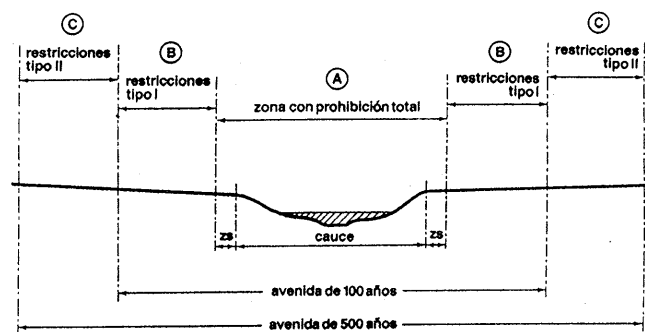


Figura 2.—Zonificación de las zonas inundables (zs: zona de servidumbre)

mas al caso de nuestro país, y en la figura 2 se presenta una posible zonificación de las zonas inundables de los ríos.

Así, en los principales ríos peninsulares, y en una primera fase en los tramos que presentan mayores riesgos de inundación, se establecerían las siguientes zonas:

ZONA A. ZONA CON PROHIBICION TOTAL. Es la zona por donde circula el agua en las máximas avenidas normales, y podrá ser la definida por el cauce público y la zona de servidumbre de la zona de policía.

En ella no se permitiría ningún tipo de edificación ni ningún tipo de actividad.

ZONA B. ZONA CON RESTRICCIONES TIPO I. Es la zona más afectada por las avenidas extraordinarias, y su límite correspondería a la línea de la avenida de 100 años de período de retorno. Se establecerían en ella restricciones en los usos del suelo, planificando las características y densidad de las edificaciones y estableciendo un reglamento para las construcciones (niveles de los pisos, cimentaciones, tipología estructural, etc.). Se planificaría el uso agrícola.

ZONA C. ZONA DE RESTRICCIONES TIPO II. Es la zona que puede ser afectada por las máximas avenidas extraordinarias, y su límite correspondería a la línea de la avenida de 500 años de período de retorno. En ella las restricciones del uso del suelo serían menos limitativas, permitiéndose mayores densidades y características de las edificaciones menos estrictas. Alternativamente, podría tratarse de una zona sin restricciones en las que se fijaran unas normas generales de construcción y se avisara de la posibilidad de daños.

Junto con estas zonificaciones, y para dismi-

nir también la ocupación de los márgenes, se implantan sistemas de seguros, normas de concesión de hipotecas, y reglamentaciones para los fondos de compensación. Sin embargo, la realidad demuestra lo complejo que es el desarrollar la zonificación de los márgenes inundables, y ello creo que es debido a tres circunstancias principales: 1.^o) El fenómeno de las avenidas es de difícil evaluación precisa, y se produce ocasionalmente en el tiempo, por lo que la demanda social de actuaciones se produce principalmente después de los desastres, y al paso de los años se van olvidando los importantísimos riesgos que representan las inundaciones. 2.^o) La planificación del medio físico del entorno de los ríos es incompatible con otros usos del suelo, fundamentalmente urbano e industrial, y es precisamente en estas zonas donde existe más presión y demanda de desarrollo. 3.^o) La implantación de zonificación es una labor que debe realizarse de manera integrada y requiere una coordinación entre diversos organismos de la Administración.

Estados Unidos y Canadá son los países en los que se ha puesto más énfasis en las actuaciones no-estructurales, y también hay que tenerlas en cuenta en los proyectos de obras a realizar por las diversas administraciones.

En España ha estado vigente durante más de diez años el Decreto 2.508/1975 sobre previsión de daños por avenidas en el que se establecía "la necesidad de fortalecer la intervención administrativa en las zonas que alcanzan las máximas avenidas extraordinarias, a fin de garantizar el buen régimen de las corrientes, la seguridad de las personas y la integridad de las propiedades en dichas zonas". Para ello se regulaba que las Comisarías de Aguas determinaran la zona delimitada por la avenida de los 500 años, en las que las construcciones, extracciones de áridos, plantaciones y otras modificaciones debían de estar autorizadas por dichos organismos. La experiencia nos ha demostrado la poca efectividad que ha tenido este Decreto. En la Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985 (LA) y en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico de 11 de abril de 1986 (RDP) no se ha dado un tratamiento unitario a la problemática de las inundaciones, y podemos decir que existe un cierto vacío legal en este tema. Quizás sea un reflejo de la descompensación en la ponderación del agua como recurso, frente al agua como peligro.

En el artículo 6 de la LA se establece que las márgenes estarán sujetas a una zona de servi-

dumbre de cinco metros y a una zona de policía de 100 metros "en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen". Así, según dispone el artículo 78.1 del RDP, para realizar cualquier tipo de construcción en zona de policía de cauces, se exigirá la autorización previa del organismo de la Cuenca a menos que se hubiera informado con carácter general en algún Plan u Ordenamiento Urbanístico. Además, el artículo 11.2 de la LA dispone que "el Gobierno, por Decreto, podrá establecer las limitaciones en el uso de las zonas inundables que estime necesarias para garantizar la seguridad de personas y bienes", considerándose en el artículo 14.3 del RDP como "zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años, a menos que el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, a propuesta del Organismo del Cuenca fije, en expediente concreto, la delimitación que en cada caso resulte más adecuada al comportamiento de la corriente". Existe pues, una base legal que delimita dos zonas en las márgenes de los ríos, y que debería de servir para el desarrollo de normativas más precisas de los usos del suelo en las superficies inundables.

Finalmente, es importante citar los progresivos avances que se vienen produciendo en la aplicación de los Sistemas de Previsión de Avenidas cuyo objetivo principal es el conocimiento anticipado de las avenidas y de la magnitud de sus caudales, para utilizar el intervalo de tiempo entre la predicción y la llegada de la avenida en diversas actuaciones, pudiéndose así impedir o aminorar los daños producidos por las inundaciones.

Estos sistemas consisten en un conjunto de instalaciones, equipamientos y procesos que permiten conocer en tiempo real los valores de las variables hidrológicas (precipitaciones, niveles y caudales) con lo que se puede "predecir" el hidrograma de la avenida en determinados tramos del río (1, 16).

En nuestro país se está implantando un sistema de previsión de avenidas denominado "Plan SAIH" (Sistema Automático de Información Hidrológica), que además debe de contribuir a una mejor eficacia en la gestión de los recursos hidráulicos. Los antecedentes de este Plan se remontan al año 1983, cuando después de las trágicas inundaciones del Levante y del Norte de España

se redactó la "Programación del Proyecto de la Red Nacional para el seguimiento en tiempo real de Avenidas y Recursos Hidráulicos (Proyecto Rosario)".

En la actualidad se está desarrollando en las cuencas del Sur, Segura, Júcar, Ebro y Pirineo Oriental y está previsto su funcionamiento completo para dentro de unos cuatro años, con una inversión superior a los 40.000 millones de pesetas.

Así pues, vamos a disponer de un moderno sistema de previsión que, junto con la construcción de presas y obras en los ríos, y el desarrollo de soluciones no estructurales, contribuya a una sustancial reducción de los daños y víctimas que las inundaciones producen secularmente en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BERGA, L. (1984): "Avenidas: actuaciones en los cauces y sistemas de previsión y alarma". Curso sobre "Avenidas: cálculo, laminación y previsión". Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya.
- (2) HOYT, W., LANGBEIN, W. (1955): "Floods", Princeton University Press.
- (3) BROWN, W., BILLYE, W. (1975): "Historical Catastrophes: Floods", Addison-Wesley.
- (4) CLARK, C. (1983): "Planet Earth. Flood", Time-Life Books.
- (5) HUANG, W. (1978): "Conquering the Yellow River", Peking Foreign Languages Press.
- (6) XUELIANG, Y. (1986): "The fluvial processes of the Yellow River mouth", Journal of Sediment Research 4, 12-26, 1986.
- (7) SHOUFA, Y., RIEFANG, Z. (1985): "Flood and its control in China", Proceedings International Seminar on Water Management. Beijing.
- (8) MADDOX, J. (1985): "Avoiding recurrent catastrophes", Nature 315, pp. 453.
- (9) HAYS, W. (1981): "Facing Geologic and Hidrologic Hazards. Earth Science considerations", Geological Survey Professional Paper 1240-B.
- (10) UNITED NATIONS. OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF COORDINATOR (UNDRO) (1978): "Disaster Prevention and Mitigation. A compendium of Current Knowledge". Vol. 2. "Hydrological Aspects".
- (11) UNITED NATIONS. OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTERS RELIEF COORDINATOR (UNDRO) (1986): "El agua, recurso y peligro", Emergencia 86. Barcelona.
- (12) COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL. COMISION TECNICA DE INUNDACIONES (1984): "Las inundaciones en España". Informe-Resumen.
- (13) MOPU (1984): "Las inundaciones en España. Pasado, presente y futuro". Servicio de Publicaciones del MOPU.
- (14) COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL. COMISION TECNICA DE INUNDACIONES (1983): "Estudio de inundaciones históricas. Mapa de riesgos potenciales. Cuenca del Pirineo Oriental".
- (15) COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL. COMISION TECNICA DE INUNDACIONES (1983): "Estudio de las acciones para prevenir y reducir los daños ocasionados por inundaciones. Cuenca del Pirineo Oriental".
- (16) BERGA, L. (1987): "La problemática de las inundaciones y los sistemas de alarma y previsión de avenidas". Curso sobre "Avenidas: sistemas de previsión y alarma". Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya.
- (17) JOHNSON, W., DAVIS, D.: "Analysis of structural and non structural flood control measures using computer program HEC-5C. Hydrologic Engineering Center Corps of Engineers. 1975.
- (18) HUTCHINSON, I., WAT, W.: "A systematic approach to flood risk mapping. En Inputs for risk analysis in water systems". Ed.: E. McBean, K. Hipel, T. Unny, pp. 225-242. Water Resources Publications. Fort Collins. 1979.
- (19) UNITED NATIONS. OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTER RELIEF COORDINATOR (UNDRO): Guidelines for Disaster Prevention. Vols. 2 y 3. UN 1976.

L. Berga

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Catedrático del Área de Ingeniería Hidráulica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Director de la junta d'Aigües de Catalunya. Generalitat de Catalunya.

