

# Evaluación y gestión de inundaciones y sequías

## Flood and drought evaluation and management

**Fernando Girón Caro.** Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Secretario de la Q.87 del XXII Congreso de ICOLD de Barcelona. fgiron@chguadalquivir.es*

**Luis Berga Casafont.** Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Presidente de la Q.87 del XXII Congreso de ICOLD de Barcelona. spancold@caminos.recol.es*

**Resumen:** Los desastres naturales son un serio peligro para la vida en la tierra y para el desarrollo sostenible de la humanidad. Entre los desastres naturales destacan los relacionados con el agua (inundaciones, sequías y huracanes), que representan un 85% del número total de catástrofes naturales, el 80% de los daños económicos, y cerca del 60% de las víctimas producidas por los desastres naturales. Dentro del marco de la Gestión Integrada del Agua, y de las Inundaciones y Sequías, las presas y embalses constituyen una medida estructural muy efectiva, por lo que, en general, deben considerarse como una alternativa viable a implementar para mitigar los impactos de las inundaciones y sequías, conjuntamente con otras actuaciones y medidas estructurales y no-estructurales.

En este artículo se presenta el desarrollo de la Q.87 del XXII Congreso Internacional de Grandes Presas de Barcelona, sobre la "Evaluación y gestión de inundaciones y sequías", analizando los informes presentados, la ponencia del Relator General, y las comunicaciones seleccionadas para su presentación oral, dedicando una especial atención a los informes y comunicaciones españolas. Finalmente se describe el desarrollo de las sesiones.

**Palabras Clave:** Presas, Embalses, Inundaciones, Sequías, Gestión integrada de recursos de agua, Laminación de avenidas

**Abstract:** Natural disasters pose a serious danger to life and the sustainable development of mankind. Natural disasters related to water (floods, droughts and hurricanes) represent 85% of the total number of natural catastrophes, 80% of the economic damage caused by the same and high on 60% of the victims caused by natural disasters. Within the framework of the Integrated Water Management, and that of Floods and Droughts, dams and reservoirs serve as a very effective structural measure and should generally be considered as a viable alternative to mitigate the impacts of floods and droughts, in association with other action and both structural and non-structural measures. This article presents the development of Q.87 of the XXII International Congress on Large Dams in Barcelona, on 'Flood and Drought Evaluation and Management', analyzing the reports presented, the report by the Rapporteur General and the papers selected for oral presentation, placing particular emphasis on Spanish reports and papers. The article concludes with a description of the development of the sessions.

**Keywords:** Dams, Reservoirs, Flood, Drought, Integrated water resources management, Flood mitigation

### 1. Introducción

Una de las misiones principales de ICOLD es la de organizar Congresos, cada tres años, para la presentación de Comunicaciones y Ponencias, y para la discusión de las materias correspondientes a los objetivos de la Comisión, relativas a cuestiones y aspectos técnicos, económicos, financieros, medioambientales y sociales de las grandes presas.

Hasta el X Congreso de Montreal del año 1970, se habían tratado un total de 41 Cuestiones. La mayor parte de las Cuestiones se referían a temas técnicos, entre los que predominaban los relativos a las presas de hormigón y de materiales sueltos, y a sus cimentaciones. En el año 1955, y con más énfasis en el IX Congreso de Estambul en el año 1967, se empezaron a debatir con profundidad los temas sobre seguridad de presas.

Tabla 1. Congresos de ICOLD. Clasificación de las cuestiones		
Temas	Nº de Cuestiones	Año: Introducción
Técnicos	76	
Medioambientales	5	1973
Económicos	3	1997
Sociales. Benéficos	1	2000
<b>Total</b>	<b>85</b>	

Hasta el XXI Congreso de Montreal del año 2003, se han tratado un total de 85 Cuestiones, que se pueden clasificar de acuerdo con su temática, de la manera que se muestra en la Tabla nº 1.

Puede observarse, que aparte de los temas técnicos, ICOLD ha dado una gran importancia, desde hace más de 30 años, a los aspectos sociales y medioambientales, sobre los que ha publicado numerosos trabajos, informes y Boletines, habiendo expresado su opinión en el "Position paper on Dams and Environment" del año 1995 (1).

De las Cuestiones tratadas hasta el Congreso de Montreal, dos se han referido a la evaluación de las avenidas en las presas: Q.12: "Métodos para la determinación de la avenida máxima que es posible prever y para la que se tiene que proyectar las presa", en el Congreso de New Delhi en 1951, y Q.63: "Avenida de proyecto y gestión de avenidas en la explotación de embalses", en el Congreso de San Francisco en 1988. También hay otras cuatro cuestiones que de alguna manera están relacionadas con esta Cuestión del Congreso de Barcelona, aunque estas cuestiones básicamente tratan de la seguridad hidrológica, y de temas hidráulicos de los aliviaderos y desagües:

Q.41. Madrid, 1973. Control de caudales y de la disipación de energía durante la conservación y explotación.

Q.50. New Delhi, 1979. Aliviaderos y desagües de gran capacidad.

Q.75. Florencia, 1997. Accidentes y roturas de presas.

Q.79. Pekín, 2000. Aliviaderos con compuertas y otros órganos de desagüe, y seguridad de presas.

En el Congreso de Barcelona se ha tratado la Q.87: "Evaluación y gestión de inundaciones y sequías",

tema de gran importancia dado los graves y crecientes impactos que las inundaciones y las sequías producen en el desarrollo sostenible.

Aparte de los análisis y discusiones sobre esta Cuestión en el XXII Congreso, hay que señalar que ICOLD viene trabajando desde años en varios Comités Técnicos sobre las presas y las avenidas, mostrando el papel que las presas y embalses pueden jugar en la lucha contra las inundaciones. El lector interesado puede consultar diversos Boletines de ICOLD que se refieren a las avenidas e inundaciones. Boletín 82 "Selección de la avenida de Proyecto. Métodos actuales", Boletín 125 "Presas y avenidas. Recomendaciones y casos históricos", y en este año 2007 el Boletín 131, una revisión sobre el "Papel de las presas en la mitigación de las inundaciones" (2,3,4).

El objetivo de este artículo es el de analizar y sintetizar la Q.87 del XXII Congreso Internacional de ICOLD de Barcelona. Para ello nos vamos a referir a los Informes presentados a esta Cuestión, destacando los Informes Españoles, al trabajo del Relator General, al desarrollo de las sesiones, y a las comunicaciones seleccionadas para ser presentadas en el Congreso.

## 2. Informes presentados a la Q.87

Para la Q.87 se presentaron un total de 41 informes, que se muestran en la Tabla nº 2, en la que se indica el número del Informe (R) que va a ser usado como referencia.

### Cuestión Q.87: Evaluación y gestión de inundaciones y sequías

#### Temas:

- 1) Evaluación y re-evaluación de avenidas y sequías para cuencas vertientes grandes y pequeñas. Influencia de los cambios climáticos. Revisión de los criterios para el proyecto o la rehabilitación de presas y aliviaderos.
- 2) Previsión de avenidas y sequías. Planes de emergencia.
- 3) Utilización de las presas y embalses en la gestión de avenidas y sequías.
- 4) Soluciones para la mejora de la seguridad hidrológica e hidráulica de las presas.

Tabla 2. Clasificación de los Informes de la cuestión Q.87

R	Título	Autores	País
1	UTILISATION DES BARRAGES HASSAN II ET SEHB EL MERGA POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS	BENABDELFADEL, A. FATHI, M. HIMMI, A.M. ROUGUI, H.	MAROC
2	THE LONG-RANGE HYDRAULIC INTERCONNECTIONS: A DAWNING POSSIBILITY	FANELLI,M.,PICOZZI,P. MAZZA,G.,CADEI,R.	ITALY
3	ATTEMPT OF ESTIMATION OF THE MAXIMUM DESIGN FLOOD DEPENDING ON FILL DAM OPERATING TIME	KLEDYNSKI, Z., FIEDLER, K.	POLAND
4	COPING WITH EXTREME FLOODS THROUGH DAM REBUILDING - A SWEDISH PRACTICE	YANG, J. CEDERSTROM, M.	SWEDEN
5	GESTION DES INONDATIONS CAS DES BASSINS D'EL MALLEH ET DE LA CHAOUIA	LHOSSAINE,O., EZZAOUINI, A.	MAROC
6	EXTREME FLOODS AND DEBRIS -THE CEATI DSIG DEBRIS MANAGEMENT PROJECT	RUNDQVIST,J.	SWEDEN
7	PECULIARITIES OF MANAGEMENT OF THE VOLGA RIVER RUNOFF FLUCTUATIONS BY CASCADE OF PROJECTS	ASARIN, A. KHAZIAKHMETOV, R.	RUSSIA
8	WATER RESOURCES CONTROL FOR DROUGHT CONDITIONS	FOSUMPAUR, P. KLOUCEK, F.	CZECH REP.
9	OPERATIVE EVALUATION OF PRECIPITATION-OUTFLOW RELATIONS AND RUNOFF MANAGEMENT AT THE PASTVINY DAM	REHAK, P. PETR,J.	CZECH REP.
10	RECOURS AUX BARRAGES POUR LA PROTECTION DE LA VILLE DE MOHAMMADIA (MAROC) CONTRE LES CRUES	ZIANI,M., LAHJOMRI,A.C., AKALAY,M.B.	MAROC
11	DISCUSSION ON THE MAJOR FLOOD WITHOUT DAM FAILURE AND ITS CONSEQUENCES INFLUENCE TO THE RISK ACCEPTANCE CRITERIA	LAASONEN,J.	FINLAND
12	MODIFICATIONS TO DAM REQUIRED DUE TO RE-EVALUATION OF DOWNSTREAM RISK	EGGERS,G.W., LAYMAN,K.L.	USA
13	AWARE-FMS-AN INTEGRATED FLOOD FORECAST AND WATER MANAGEMENT SYSTEM APPLIED TO THE LAM PAO BASIN, IN THAILAND	GUILLAUD,C., BOONLUE,C.	CANADA
14	THE ROLE OF DAMS IN FLOOD MITIGATION	BERGA,L.	SPAIN
15	FLOOD CONTROL AND SCARCITY MANAGEMENT IN A RESERVOIR. APPLICATION TO THE ULLÍVARRI AND URRÚNAGA DAMS	MARTÍN-CARRASCO,F.J., GARROTE,L.M., GRANADOS GARCÍA,A.	SPAIN
16	NEW TECHNOLOGIES APPLIED TO DAM MANAGEMENT: THE HYDROLOGICAL INFORMATION AUTOMATIC SYSTEM (HIAS) IN THE GUADIANA RIVER BASIN	BARBANCHO LÓPEZ,F., GUTIÉRREZ BERNABÉ,J.M., DE CAMPOS PAUS,S.	SPAIN
17	DROUGHT PREVENTION AND MITIGATION PROCEDURES IN MADRID SUPPLY SYSTEM	CUBILLO,F.	SPAIN
18	EVALUATION AND RE-EVALUATION OF FLOODS AND DROUGHTS FOR LARGE OR SMALL CATCHMENTS, INFLUENCE OF CLIMATE CHANGES.	DIAS,P.P.G.	SRI LANKA
19	APPLICATION OF RAINFALL PREDICTION TECHNOLOGIES TO WATER MANAGEMENT	TOMIZAWA, Y. KAWASAKI, M. MURASE, M. YASUDA, N	JAPAN
20	FLOOD CONTROL EFFECT OF DAMS IN THE UPPER KUZURYU RIVER DURING THE 2004 FUKUI HEAVY RAINFALL	SUMI, T. TANIZAKI, T.	JAPAN
21	THE INCREASE OF DAM HYDRAULIC SAFETY BY BUILDING CONTROLLED INSTABILITY STRUCTURES	OPRISAN,E., TECUCI,I.	ROMANIA

Tabla 2. Clasificación de los Informes de la cuestión Q.87 (continuación)

R	Título	Autores	País
22	AN UNUSUAL DAM IN THE MIDDLE OF A MAJOR CITY	MARULANDA, C. MARULANDA, A. AMAYA, F.	COLOMBIA
23	FLOOD MANAGEMENT WITH NON-STRUCTURAL INTERVENTIONS	HUANG JINCHI	CHINA
24	ESTIMATING FLOOD EXPECTED ANNUAL DAMAGE WITH UNCERTAINTY AND SELECTING A COMBINATION OF FLOOD CONTROL STRUCTURAL AND NON-STRUCTURAL ALTERNATIVES	MOKHTARE,A.	IRAN
25	DROUGHT ANALYSIS AND NECESSITY FOR A DROUGHT MANAGEMENT PLAN	SABETRAFTAR,A., ABBASPOUR, M.	IRAN
26	IMPROVING HYDRAULIC PERFORMANCE AND DECREASING VORTEX FLOW AT INTAKES OF ABBASPOUR DAM	NASIBIFARD,R.	IRAN
27	RE-EVALUATION OF THE 10,000 YEAR FLOOD FOR SALMAN FARSI DAM	JABARROOTI,M.R.	IRAN
28	PLANETARY INFLUENCE ON HYDROLOGICAL EXTREMES	SENEVIRATNE,L.W.	SRI LANKA
29	UTILISATION DE MODELES DE TRANSFORMATION DE LA PLUIE EN DEBIT POUR LA PREVISION DES CRUES. ANALYSE DES PERFORMANCES DE DIFFÉRENTES MODELISATIONS	LAVABRE,J, FROMENTAL, A.M., FINE,J.A., FOURMIGUE,P., ARNAUD,P.	FRANCE
30	PRISE EN COMPTE DE L'INCERTITUDE POUR LE CALCUL DES CRUES EXTREMES	DEROO,L., BONVILLER,A. DE	FRANCE
31	ANALYSE DE RISQUES APPLIQUEE A L'EVALUATION DES PERFORMANCES D'UN BARRAGE VANNE EN PERIODE DE CRUE, TENANT COMPTE DE LA FIABILITE DES ORGANES ET DU FACTEUR HUMAIN	PEREZ,M., BERNARD,O.	FRANCE
32	ANALYSE HYDROLOGIQUE ET COMPORTEMENT DES BARRAGES LORS DE LA CRUE DES 8 ET 9 SEPTEMBRE 2002 SUR LE BASSIN VERSANT DU VIRDOURLE (DEPARTEMENT DU GARD - FRANCE MEDITERRANEENNE)	LAVABRE,J., ROYET,P.	FRANCE
33	UPGRADING THE MAIGRAUGE DAM	MIVELAZ, L. FAVEZ, B. LAZARO, P.	SWITZERLAND
34	PREVISION ET GESTION DES CRUES PAR OPERATIONS PREVENTIVES SUR LES RETENUES ALPINES	JORDAN, F. BOILLAT, J-L. DUBOIS, J. SCHLEISS, A.	SWITZERLAND
35	HEIGHTENING OF THE MACCHERONIS DAM IN SARDINIA (ITALY)	LAZARO,P., DE CESARE,G., MADAU,A., BUSSALAI,S.	SWITZERLAND
36	EVOLUTION DES REGIMES HYDROLOGIQUES AVEC LE CLIMAT: INCIDENCES SUR LES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES	FROSSARD,E., GARROS-BERTHET,H., LE CLERC,S.	FRANCE
37	ACCOUNTING FOR RESERVOIRS IN A LUMPED RAINFALL-RUNOFF MODEL - EVALUATION OF ARTIFICIAL RESERVOIRS DIFFUSE IMPACTS ON DOWNSTREAM FLOWS	PAYAN,J-L., PERRIN,C., MICHEL,C., ANDREASSIAN,V., CHASTAN,B.	FRANCE
38	DESIGNS FOR RESTORATION OF BREACHED PORTIONS OF DAMS FOUNDED ON MODERATELY DISPERSIVE CLAY SHALES - TWO CASE HISTORIES.	NADPARA,C.V., PATEL,D.H., GOLWALA,M.G.	INDIA
39	RESULTS OF SOME "PIANO KEYS" WEIR HYDRAULIC MODEL TESTS IN VIETNAM	TRUONG CHI HIEN, HUYNH THANH SON, HO TA KHANH,M.	VIETNAM
40	LESSONS LEARNED FROM THE ANALYSIS OF THE EXTREME 2002 FLOOD IN SAXONY/GERMANY: NEW DAMS IN THE MÜGLITZ WATERSHED	HORLACHER, H.-B. POHL, R. MULLER, U.	GERMANY
41	ANALYSIS OF THE OVERTOPPING PROBABILITY OF DAMS AND VERIFICATION OF THE RESULTS WITH EXTREME FLOOD DATA	HORLACHER, H.-B. POHL, R. SIEBER,H.U., WINKLER,U.	GERMANY

Tabla 3. Distribución de Informes por países

País	Número
Francia .....	6
Irán .....	4
España .....	4
Marruecos .....	3
Suiza .....	3
República Checa .....	2
Alemania .....	2
Japón .....	2
Sri Lanka .....	2
Suecia .....	2
Canadá, China, Colombia, Finlandia, India, Italia, Polonia, Rumanía, Rusia, USA, Vietnam .....	1

La distribución de los informes por países, se muestra en la Tabla nº 3.

Estos informes están publicados en el Volumen IV de las "Transactions" del XXII Congreso (5).

### 3. Informes españoles presentados a la Q.87

#### España, presento 4 informes para la Q.87.

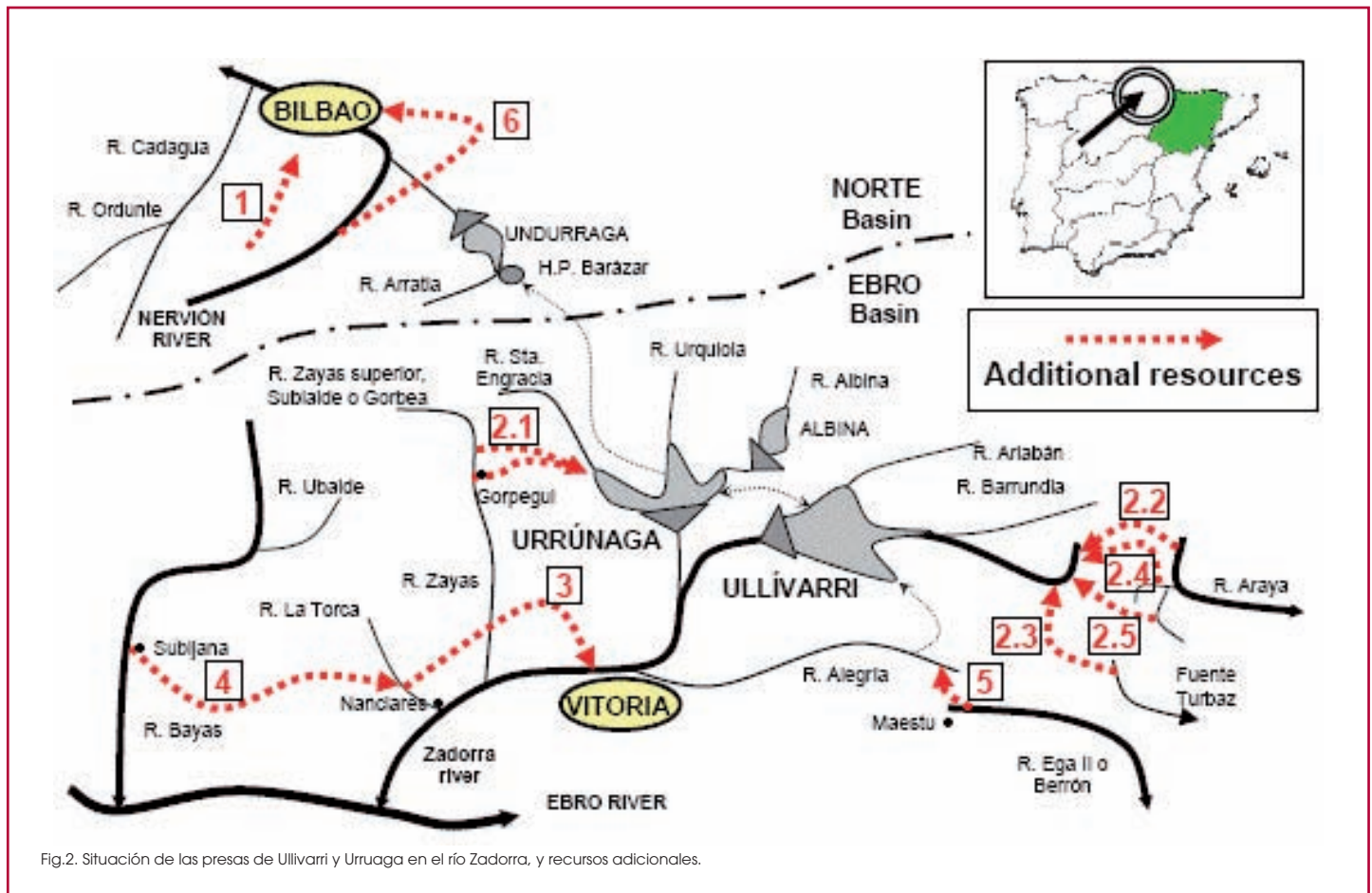
En el R. 14, de **L. Berga**, titulado " El papel de las presas en la mitigación de las inundaciones" se enmarcan las inundaciones como el desastre más importante entre los riesgos naturales, ya que significan alrededor del 30% del número total de desastres naturales, el 30% de los daños económicos, y el 20% de las víctimas producidas por los desastres naturales. En el informe se resalta que las presas y embalses desempeñan un importante papel en la mitigación de los impactos producidos por las inundaciones, función que hay que contemplar dentro del marco de la Gestión Integrada de las Inundaciones (GII). Las presas constituyen una medida estructural muy efectiva, ya que pueden laminar las avenidas, almacenando importantes volúmenes de avenida y modificando su propagación, con lo que se pueden reducir significativamente los caudales punta de avenida. En el informe se describen casos reales significativos de mitigación de inundaciones mediante presas y embalses en Japón, USA, China, Corea, Brasil, España, América Central, etc. (Fig.1). Estos casos demuestran su efectividad en la reducción de los caudales punta de avenida, así como



Fig.1. Laminación de avenidas. Presa de La Baells. Nov.1982.

en otros indicadores de mitigación tales como la reducción de las áreas de inundación, la pérdida de vidas, la prevención de impactos sociales y medioambientales y la reducción de los daños económicos.

En el R15, de **F.J. Martín-Carrasco, L.M. Garrote, y A. Granados García**, titulado " Gestión de avenidas y sequías en embalses. Aplicación a las presas de Ullivarri y Urrúnaga", los autores proponen un método para la gestión de la operación de embalses a nivel mensual. El método, que tiene por objetivo compatibilizar las demandas de agua con la laminación de avenidas, se basa en la división del volumen disponible de embalse en tres partes: prevención de inundaciones, conservación y volumen de reserva estratégica. Esta metodología también se aplica para definir el nivel de penuria, que es el nivel mínimo de embalse para garantizar la disponibilidad de agua durante un cierto periodo. Cuando el nivel de agua desciende por debajo del nivel de penuria los autores describen la aplicación de consignas de explotación para reducir las demandas o incorporar recursos complementarios al sistema. En el informe se indica que la metodología propuesta puede usarse para resolver los conflictos entre los diferentes usos del agua de los embalses, y lo aplican a los embalses de Ullivarri y Urrúnaga en el río Zadorra (Fig.2).



En el R16, de **F. Barbancho López, J.M. Gutiérrez Bernabé y S. DE Campos Paus**, titulado "Nuevas tecnologías para la gestión de embalses: El Sistema Automático de Información Hidrológica en la Cuenca del río Guadiana" describen el Sistema implementado en la cuenca hidrográfica del Guadiana, y sus ventajas para la gestión de los recursos de agua y de las inundaciones. El sistema permite conocer el estado de los embalses en tiempo real, por lo que es posible una gestión óptima de los recursos, y también poder prevenir y gestionar los riesgos que suponen las avenidas y las sequías. El informe señala que si la adquisición de datos en tiempo real se basa en nuevas tecnologías punta se obtienen importantes mejoras del sistema aumentado su capacidad, flexibilidad, y sinergias en la organización. La infraestructura del sistema SAIH puede trasladarse a un nivel superior de sistemas de información corporativos revalorizando así las inversiones (Fig.3).

En el R17 de, **F. Cubillo**, titulado "Procedimientos de previsión y mitigación de sequías en el sistema de abas-

tecimiento de agua de Madrid" indica que la aparición frecuente de periodos de pocas precipitaciones, que dan lugar a desequilibrios entre los recursos y disponibilidades de agua y las demandas, crean situaciones de

Fig.3. Portal Web del Saih de la cuenca del Guadiana.



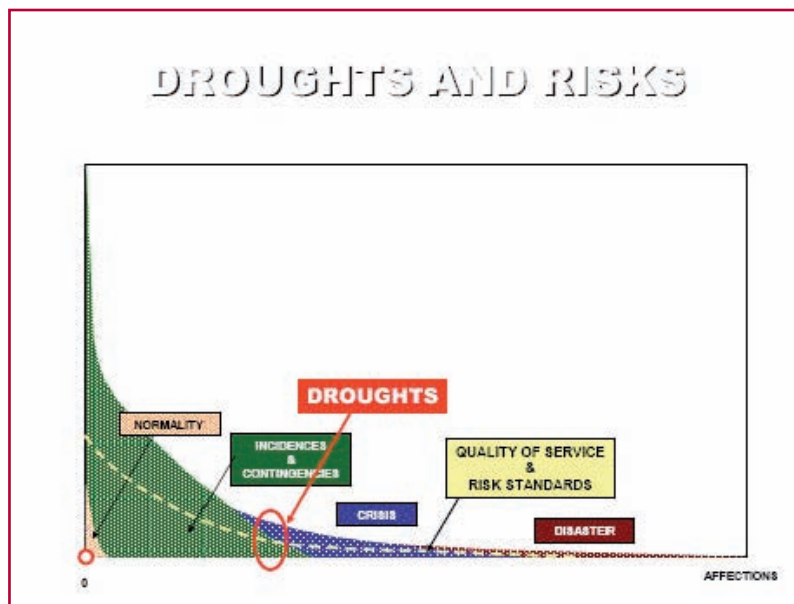


Fig.4. Riesgos durante las sequías.

sequía con consecuencias sobre las condiciones de servicio a los usuarios, y sobre los costes de explotación del sistema de abastecimiento. Por ello es necesario tener en cuenta estas situaciones dentro de los procedimientos convencionales de planificación y gestión del agua. En el informe se describe el Manual del Canal de Isabel II, que se aplica al abastecimiento de la Comunidad de Madrid, y que es un buen ejemplo de las formas de proceder para prevenir y atenuar los efectos de las sequías. El Manual se basa sobre una evaluación de los riesgos (Fig.4), y su versión actual es el resultado de las experiencias desde el año 1992. El informe indica que el Manual no solo garantiza un mejor servicio y calidad para los usuarios, sino que es una guía para la toma de decisiones en los abastecimientos de agua.

#### 4. Informe del Relator General

El Relator General de esta cuestión fue el Prof. Xiaotao Cheng del "Institute of Water Resources and Hydropower Research" de China.

El Relato General estaba dividido en los siguientes temas:

1. Introducción.
2. Temas relacionados con la gestión de presas en inundaciones y sequías.
  - 2.1. Papel de las presas en la gestión de inundaciones y sequías.

- 2.2. Mitigación de inundaciones.
- 2.3. Evaluación de avenidas y sequías.
- 2.4. Seguridad Hidrológica de las presas.
3. Revisión de los informes presentados.
4. Conclusiones.

No es el momento de hacer en este artículo una descripción amplia del informe del Relator General, por lo que nos vamos a limitar a sintetizar y presentar los puntos más relevantes. El lector interesado puede consultar para más detalles la Ponencia General en (5).

#### 4.1. Introducción

En la introducción se indica que las inundaciones y las sequías son los desastres más importantes entre los riesgos naturales. Además en las últimas décadas presentan una tendencia creciente debido al aumento de la población mundial, a la galopante urbanización y a los efectos del cambio climático.

Las presas y embalses desempeñan un importante papel en la laminación de las avenidas y en la mitigación de las sequías. Pero debido a la evolución de estos desastres naturales existen una serie de demandas urgentes para la gestión óptima de las presas y para la gestión de riesgos, tales como:

- Necesidad de mejorar los conocimientos y la adaptación a los regímenes cambiantes de avenidas y de sequías. Re-evaluación de las Avenida Máxima Probable (PMF), y de las incertidumbres de la hidrológica de las avenidas, dentro del contexto de las variaciones en las cuencas vertientes y del cambio climático.
- Análisis de riesgos de las potenciales roturas de presas en situaciones de avenidas extremas. Modificaciones de los criterios de seguridad hidrológica de presas y aliviaderos.
- Integración de las reglas de explotación de presas en los sistemas de previsión de avenidas. Mejora de la fiabilidad de los sistemas de previsión.
- Análisis de la reducción de los caudales punta de avenidas laminadas por los embalses.
- Aumento de las garantías para los abastecimientos de agua a las poblaciones y para los regadíos en situaciones de sequía.
- Explotación óptima de los embalses para obtener los máximos beneficios y efectos económicos sociales y medioambientales.

## 4.2. Temas relacionados con la gestión de presas en inundaciones y sequías

### 4.2.1. Papel de las presas en la gestión de inundaciones y sequías

El informe se refiere a la problemática de la gestión de los recursos de agua en el marco del desarrollo sostenible. Relata la crisis del agua en diversas regiones, especialmente en los países en vía de desarrollo, debido a la escasez de recursos de agua, el deterioro de los ambientes acuáticos, y los impactos producidos por las inundaciones y las sequías.

Para resolver esta importante problemática se refiere a la "Gestión Integrada de los Recursos de Agua", analizando sus antecedentes y formulaciones actuales, y señalando el papel que pueden desempeñar las presas y embalses, teniendo en cuenta que los embalses deben ser proyectados y explotados de manera más racional dentro de este marco, para mitigar alguno de sus efectos negativos.

A continuación el informe se refiere a los beneficios de las presas en la gestión de inundaciones y sequías, y a las diferentes etapas de la implantación de actuaciones y medidas. Presenta algunos ejemplos como la cascada de presas en el río Volga, y las inundaciones de Praga en el año 2002.

### 4.2.2. Mitigación de inundaciones

En este apartado el Relator General describe el papel de las presas y embalses en el marco de la "Gestión Integrada de las Inundaciones", en el que es necesario adoptar unas estrategias que combinen las actuaciones estructurales y las medidas no-estructurales. A continuación presenta diversos casos reales en los que se muestran los beneficios de las presas en la mitigación de las inundaciones, y relata diversos trabajos realizados por el Comité de Avenidas y Presas de ICOLD.

Finalmente se refiere a los sistemas de previsión de avenidas y a los planes de emergencia frente a las inundaciones, señalando su importancia, e indicando la evolución que has tenido durante las últimas décadas, con la aplicación de nuevas tecnologías de captación y transmisión de datos en tiempo real, y de mejores modelos hidrológicos e hidráulicos. Todo ello ha supuesto una mayor fiabilidad de las previsiones, lo que permite una mejor explotación de los embalses en situación de avenida, con lo que se pueden cum-

plir de manera más adecuada los objetivos relativos a la seguridad hidrológica y a la reducción de los impactos de las inundaciones.

### 4.2.3. Evaluación de avenidas y sequías

El Relator describe la variabilidad climática experimentada durante las últimas décadas, y la potencial intensificación del ciclo hidrológico debido al calentamiento global del planeta, que puede dar lugar a una mayor frecuencia de los fenómenos hidrológicos extremos, tales como las sequías e inundaciones, mostrando algunos ejemplos en Sri Lanka y China. En China se estima que en el 2050 la población será de unos 1.500-1.600 millones de habitantes, con un porcentaje urbano de alrededor del 60%. (La población actual es de unos 1.300 millones de habitantes, con un 40% de población urbana). Con ello, se va a producir una mayor presión sobre los recursos de agua debido a unas mayores necesidades de alimentos y de abastecimiento de agua potable, y también una mayor vulnerabilidad frente a las inundaciones, debido a una mayor ocupación de las zonas inundables, por lo que se prevé que las presas y embalses puedan significar una alternativa eficaz en la resolución de estas problemáticas.

A continuación describe los diversos modelos hidrológicos para la evaluación de las avenidas y los efectos de los embalses, indicando sus ventajas e inconvenientes. También hace referencia a las incertidumbres de este tipo de formulaciones, y su evaluación con diversos enfoques probabilísticos y de análisis de riesgos.

Finalmente, indica que, debido a la mayor frecuencia y magnitud de las avenidas y sequías extremas, durante las últimas décadas se ha producido un mayor interés por estos desastres naturales, y se han intensificado las investigaciones relativas a su génesis, así como al análisis de las vulnerabilidades regionales y a las capacidades de respuesta.

### 4.2.4. Seguridad hidrológica de las presas

El Relator analiza la importancia de la seguridad hidrológica de las presas, ya que el vertido sobre coronación es la principal causa de rotura de presas, con cerca del 40% de las roturas. Describe los diversos criterios existentes para la evaluación de la avenida de proyectos de grandes presas, haciendo referencia a los últimos boletines de ICOLD sobre este tema (6,7), así como a las prácticas existentes en diversos países,



Suecia, Alemania, USA, China, etc. Señala que, en general, la situación actual consiste en la evaluación de dos avenidas a considerar en el proyecto y en la explotación de las presas y embalses: la avenida de proyecto, y la avenida extrema.

El Relator indica que, aunque la selección de las avenidas extremas actuales suponen una gran seguridad hidrológica para las nuevas presas, estas evaluaciones constituyen un problema para las presas existentes, ya que se deben cumplir en ellas los nuevos requerimientos de seguridad hidrológica, y acomodarlas a las nuevas avenidas extremas, lo que supone inversiones muy importantes.

**4.3. Revisión de los informes presentados**

En este apartado el Relator General presenta un resumen de cada uno de los 41 Informes presentados.

**4.4. Conclusiones**

El Relator General concluye que las presas son una alternativa estructural muy eficaz para la mitigación de inundaciones y sequías, ya que son capaces de almacenar volúmenes importantes de agua, ya sea para laminar avenidas, o para poder disponer de recursos en situaciones de sequía. Las presas y embalses desempeñan un papel que no puede ser sustituido por otras medidas en el marco de la gestión integrada de los recursos de agua y de inundaciones. Este papel debe encuadrarse dentro del desarrollo sostenible. Los informes presentados a esta Q.87 nos muestran el papel de las presas en el conjunto de las cuencas, no solo desde un aspecto técnico y económico, sino también desde las vertientes sociales y medioambientales.

En el futuro los impactos de las inundaciones y las sequías serán más significativos sobre el desarrollo de la humanidad y sobre la naturaleza, debido a una mayor presión de las actividades humanas y a las tensiones del cambio climático. Los enormes crecimientos de la población y sus rápidos asentamientos urbanos, han alterado el balance entre el hombre y la naturaleza. Las presas y embalses pueden jugar un importante papel en la creación de un nuevo equilibrio, proporcionando mayores beneficios y reduciendo los impactos adversos de las inundaciones y sequías. Para ello las presas deben ser proyectadas y explotadas de la manera más cuidadosa para cortar el círculo vicioso de interacción entre el hombre y la naturaleza.



Fig.5. Mesa de la Q.87.

En la gestión de las inundaciones y las sequías es esencial modular los riesgos e intereses entre las diversas comunidades afectadas, y entre el hombre y la naturaleza, mediante medidas integradas ingenieriles, técnicas, económicas, legislativas, administrativas, sociales, medioambientales, y de educación. En todo caso las actuaciones estructurales deben implementarse conjuntamente y coordinadamente no solo con medidas no-estructurales, tales como avanzados sistemas de previsión, sino también mediante la promoción de medidas en los aspectos jurídicos, financieros, administrativos, técnicos y de formación y educación.

**5. Desarrollo de las sesiones**

Las sesiones sobre la Q.87 se celebraron el jueves 22 de junio de las 14.30 a las 18.30, y el viernes 23 de junio de las 9.30 a las 12.30.

La mesa de las sesiones estaba formada por (Fig.5):

- Presidente: Prof. L. Berga  
Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas. España
- Vicepresidente: Soontak Lee  
Comité Coreano de Grandes Presas. Corea del Sur
- Relator General: Prof. Xiaotao Cheng  
Instituto de Recursos Hídricos e Investigación Hidroeléctrica (IWRHR). Cina
- Secretario: F.Girón  
Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. España

# La ROP en el Portal TECNOCIENCIA

El **Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos** editor de la **Revista de Obras Públicas**, ha firmado recientemente un convenio de colaboración de gran interés con el **Consejo Superior de Investigaciones Científicas**.

A través de este convenio, la **ROP** pasa a formar parte de una nueva plataforma de difusión, así como de una sección específica dentro del **Portal Tecnociencia** que patrocina y coordina la **Fundación de Ciencia y Tecnología (FECYT)** para las revistas electrónicas que cumplan los criterios de calidad exigidos por las normas internacionales Latindex.

Con este proyecto, ya se puede acceder a los artículos de la **ROP** desde el **Portal Tecnociencia** (<http://www.tecnociencia.es/e-revistas/>) en el cual están incluidos también otros 63 títulos que forman parte de este proyecto, destacando temas del mundo de la ingeniería civil, arquitectura, medicina, física y en general de todas las áreas del conocimiento.

Con ésta nueva iniciativa la **ROP** ve aumentada su presencia en Internet, medio que ha provocado un cambio revolucionario en las publicaciones y en general en la difusión del conocimiento gracias al aumento de la rapidez de distribución de los trabajos por medios electrónicos.

The image shows two overlapping screenshots of the e-revist@s website. The top screenshot displays the main navigation menu with options: Inicio, Búsqueda avanzada, Búsqueda por directorio, Mapa del web, Quiénes somos, and Ayuda. Below the menu, there are sections for 'Objetivos de e-revist@s' and 'Última incorporación' featuring the 'Revista HM/C' logo. The bottom screenshot shows a more detailed view of the website, including a search bar with a dropdown menu for 'Revista' and 'Nivel de relevancia', and a 'Directorio de revistas por temática' section listing various scientific fields like Agricultura, Biología, Medicina, etc.

Los temas propuestos para discusión en estas sesiones fueron los siguientes:

Tema 1: Papel de las presas en la gestión de inundaciones y sequías.

Tema 2: Mitigación de inundaciones.

Tema 3: Evaluación de inundaciones y sequías.

Tema 4: Seguridad hidrológica de las presas.

Se abrió la sesión con la intervención del presidente L. Berga en la que expuso la obligación de tener una visión holística que teniendo en cuenta todos los factores integrados en la resolución del problema se optimice sus consecuencias. Para ello no hay que olvidar el integral de la cuenca con medidas estructurales y no estructurales.

Para la presentación del **Tema I** fueron elegidos cuatro intervenciones correspondientes a:

- R.1. Beneficio de las Presas en la Gestión de sequías e inundaciones en Marruecos.  
Fue presentado por **A. Benabdelfadal** de Marruecos.
- R.22 Inusual Presa situada en medio de un gran ciudad.  
Fue presentado por **A. Marulalda** de Colombia.
- R.7. Peculiaridades en la gestión de escorrentías del río Volga por medio de embalses con centrales hidroeléctricas en cascada.  
Fue presentado por **A. Azarin** de la Federación Rusa.
- R.35. Grandes presas en Cerdeña.  
Fue presentado por **P. Lazaro** de Suiza.

Terminada la exposición se abrió un debate sobre las cuestiones presentadas, en el que intervinieron seis oradores cuyas preguntas y respuestas están contenidas en el volumen V de las transacciones del XXII Congreso de Grandes Presas de Barcelona de junio del 2006. ICOLD. Paris. (6)

Se concluyó con el resumen y puntualizaciones expuestas por el reporter general **X. Cheng**, manifestando la importancia de las presas como medida estructural para la defensa de avenidas aunque con la necesidad de analizar otras alternativas complementarias, considerando medidas no estructurales, junto con otras especialmente de gestión, económicas, y ambientales.

El **Tema II** estaba relacionado con la mitigación de las inundaciones.

El Presidente **L. Berga** realizó una introducción exponiendo casos reales de grandes reducciones de picos

de avenidas, así como del volumen total de las mismas, realizando los beneficios obtenidos por la existencia de grandes presas en avenidas históricas.

Posteriormente, comenzaron las presentaciones seleccionadas cuyas intervenciones fueron las siguientes.

- R.20. Efectos del control de avenidas por presas en la cabecera del río Kuzuryu.  
Fue presentado por **P. Zumi** de Japón.
- R.31. Eficacia de las presas para el control de avenidas, experiencias setiembre 2002.  
Fue presentado por **P. Rollet** de Francia.
- R.40. Experiencia del análisis de la avenida extrema del año 2002 en Savony. Nuevas presas.  
Fue presentado por **H. Orlacher** de Alemania.
- R.13. Sistema de predicción de avenidas, aplicación al nordeste de Tailandia.  
Fue presentado por **C. Guillaud** de Canadá.
- R.34. Gestión de Avenidas, mediante operaciones preventivas en embalses alpinos.  
Fue presentado por **A. Scheleiss** de Suiza.

Finalizadas las presentaciones se abrió una discusión general en la que intervinieron diez oradores, cuyos comentarios están recogidos en (6)

Finalmente el reporter general expuso sus conclusiones realizando la importancia del correcto manejo de los embalses al gestionar las avenidas, teniendo en cuenta no solo la disminución de los picos, sino compaginándolo todo mediante la búsqueda de actuaciones que tengan en cuenta la relación armónica entre regiones de la cuenca, buscando optimizar la gestión considerando los factores económicos, humanos y ambientales.

El **Tema III** estuvo relacionado con la evaluación de avenidas y sequías.

El presidente expuso en la introducción un resumen de las mayores avenidas registradas en el mundo, así como de los métodos de cálculo actualmente recomendados, igualmente expuso las definiciones de sequía y los índices para su medición, concluyendo que la selección de la avenida de proyecto, no solo no es una ciencia exacta, sino que ha de ser la consecuencia de la utilización de varios métodos, haciendo un análisis regional y de sensibilidad contrastándolo con hidrólogos experimentados, y no pudiendo finalmente eludir el hacer un juicio ingenieril para fijar sus valores.

Para la presentación oral se seleccionaron cinco comunicaciones, ampliándose posteriormente a seis:

- R.17. Indicadores de sequía. Gestión de un sistema complejo de abastecimiento.  
Fue presentado por **H. Sánchez** del Canal de Isabel II de España.
- Método aproximado para evaluación de avenidas extremas.  
Fue presentado por **F. Lemperiere** de Francia.
- R.19. Vaciados preventivos de presas de Japón.  
Fue presentado por **Thomizawua** de Japón.
- R.16. Nuevas tecnologías para la gestión de embalses. SAIH en la cuenca del Guadiana.  
Fue presentado por **P. Barbancho** de España.
- R. 29. Predicción de avenidas usando modelos de lluvia – escorrentía. Análisis de la eficiencia de varios modelos.  
Fue presentado por **J. Lavabre** de Francia.
- R.15. Control de avenidas y gestión de sequías en un embalse.  
Fue presentado por **A. Granados** de España.

Terminada la presentación se comenzó el debate en el que intervinieron catorce oradores, cuya exposición esta contenida en (6). Finalmente el raporter general expuso sus conclusiones en las que remarco la importancia de la puesta a punto de sistemas de predicción hidrológica con objeto de poder actuar coordinadamente y con antelación tanto en las avenidas como a las sequías.

El **Tema IV** trató sobre la Seguridad Hidrológica de las presas.

El presidente hizo una presentación del tema, remarcando lo esencial que es la seguridad para una presa. La demanda de seguridad que la sociedad moderna impone. La implicación que la seguridad de la presa tiene con el medio ambiente. Así mismo expuso las principales causas de fallos en las presas y la importancia de la evaluación del riesgo para una correcta aplicación de la seguridad.

Para la presentación oral se seleccionaron seis comunicaciones.

- R.4. Adaptación a la avenida extrema mediante la rehabilitación de presas.  
Fue presentado por **J. Nang** de Suecia.
- R.12. Modificación de características de la presa debido a la evolución del riesgo aguas abajo.  
Fue presentado por **K. Layman** de Estados Unidos.
- R. 33. Rehabilitación y mejora de la presa de Mairgrange.

Fue presentado por **Mivelaz** de Suiza.

- R. 30. Influencia de la incertidumbre en la evaluación de las avenidas extremas.  
Fue presentado por **L. Deroo** de Francia.
- R. 31. Nuevo método de evaluación del comportamiento de la seguridad de un aliviadero.  
Fue presentado por **M. Perez** de Francia.
- R. 36. Evolución del régimen hidrológico con el clima, incidencia en los planes hidrológicos.  
Fue presentado por **P. Frossard** de Francia.

Finalizadas las presentaciones se abrió la discusión con la intervención de nueve oradores, cuyos comentarios se han recogido en (6).

El raporter general presentó sus conclusiones remarcando que en la elección de la avenida de proyecto es necesario siempre tener en consideración el riesgo aguas abajo. Para la adaptación de las presas construidas hay que evaluar no solo el riesgo sino los costes, la viabilidad técnica, los impactos sociales, y el medio ambiente, fijando prioridades en todo plan de seguridad y minimizar los riesgos mediante los planes de emergencia.

Posteriormente el presidente **L. Berga** presentó sus conclusiones. Definiendo el análisis de riesgo como un método en fase de desarrollo permanente no totalmente extendido pero de gran importancia para definir el grado de seguridad requerido.

La información necesaria para un buen análisis de riesgo no suele estar disponible.

No es una alternativa a los estándares de seguridad tradicionales, aunque si es un complemento.

Se concluyó la sesión con unos comentarios al cambio climático y a los nuevos escenarios sobre avenidas exponiendo que en año 2050, 2.000 millones de personas estarán expuestos a las avenidas como consecuencia de habitar en zonas inundables.

A la hora prevista se concluyó la sesión terminando la discusión de la cuestión Q.87 para dar paso a la ceremonia de clausura de este 22 Congreso Internacional de Grandes Presas. Barcelona 2006. ♦

#### Referencias:

- ICOLD. (1995). "Position paper on dams and environment". ICOLD.Paris.
- ICOLD. (1992). "Selection of Design Flood. Current methods". Bulletin 82. Paris.
- ICOLD. (2003). "Dams and Floods. Guidelines and cases histories". Bulletin 125. Paris.
- ICOLD. (2007). "Review paper on the role of dams in flood mitigation". Bulletin 131 Paris.
- ICOLD. (2006). "Transactions XXII International Congress on Large Dams". Vol. IV. June 2006. Barcelona. ICOLD. Paris
- ICOLD. (2006). "Transactions XXII International Congress on Large Dams". Vol.V. Feb 2007. Barcelona. ICOLD.Paris.