

CAPÍTULO

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Marta González del Tánago

E.T.S. Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

Las inundaciones de los ríos han sucedido de forma tradicional en numerosos ríos de la Península Ibérica, aportando grandes beneficios en la agricultura y en la disponibilidad de recursos hídricos, pero en la historia más reciente han originado graves daños en personas y bienes haciendo que hoy día predomine una percepción de las inundaciones como “catástrofes”.

En el origen del incremento de la frecuencia de las inundaciones hay que mencionar la intensificación del uso del territorio, sellando y compactando los suelos haciendo que aumenten las escorrentías rápidas, y la alteración hidromorfológica de los ríos, concentrando las aguas y favoreciendo la ocurrencia de avenidas y desbordamientos. En el incremento exponencial de las pérdidas que las inundaciones han originado en los últimos años hay que referirse a la intensa ocupación de las riberas de los ríos y sus llanuras de inundación por personas y actividades económicas, con un desarrollo en dichas zonas no compatible con la dinámica fluvial.

El cambio climático es considerado un factor de riesgo adicional muy variable según las regiones, y la estimación de sus efectos sobre las inundaciones presenta todavía numerosas incertidumbres. Atendiendo a ello se revisan algunos estudios e informes relacionados con el fenómeno de las inundaciones y su posible relación con el cambio climático, y se propone la restauración de los sistemas fluviales y la restricción de usos en las zonas inundables como estrategias más acertadas para hacer frente a la mencionada problemática de las inundaciones y a la incertidumbre creada con el cambio climático.

El análisis de los sucesivos paradigmas históricos planteados por el hombre frente a las inundaciones de los ríos pone en evidencia el interés de cambiar unas estrategias de “defensa” en contra de ellas, tratando de evitar que ocurran, por otras de “convivencia” con las mismas gestionando de la forma más apropiada el riesgo de los daños que pueden generar, atendiendo al espíritu de las Directivas europeas Marco del Agua y de evaluación y gestión del riesgo de la inundación.

1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son un fenómeno natural que ha sucedido de forma recurrente en numerosos puntos de nuestra geografía a lo largo de la historia, formando parte de la variabilidad natural del régimen de precipitaciones y de caudales de los ríos de la Península Ibérica, especialmente en las cuencas mediterráneas (Gil Olcina y Morales Gil, 1989; Olcina y Ayala, 2002).

En la antigüedad las inundaciones aportaban importantes beneficios económicos y sociales, al representar un mecanismo natural de fertilización y recarga de humedad de las vegas fluviales, siendo la causa de un aumento significativo de las cosechas agrícolas en los años siguientes a su ocurrencia (Pocklington, 1989). En la actualidad no se mencionan estos aspectos beneficiosos que se siguen produciendo con las inundaciones, y es más frecuente que éstas se perciban como “catástrofes” debido a los daños que causan en personas y bienes, en ocasiones irreversibles, los cuales han ido aumentando progresivamente según se ha ido intensificando la ocupación de las zonas naturalmente inundables por usos del suelo no compatibles con el fenómeno de la inundación, y se ha incrementado la vulnerabilidad de dichas zonas y su riesgo hidrológico.

La frecuencia de las inundaciones en épocas recientes ha aumentado significativamente en muchas regiones, y se admite de forma general que las inundaciones asociadas a desbordamientos de los ríos van a ser cada vez más frecuentes debido a una combinación de factores, referidos a las alteraciones de los sistemas terrestres y socio-económicos por actuaciones humanas que degradan el funcionamiento natural de los ríos a escala global (Kundzewicz y Menzel, 2003), y también al cambio climático.

En Europa las grandes inundaciones ya constituyen el tipo de catástrofe natural más habitual, representando el 43 % de todas las catástrofes acaecidas durante los años 1998 a 2002. En este periodo se produjeron unas cien inundaciones graves que ocasionaron cerca de 700 muertes, el desplazamiento de casi medio millón de personas y más de 25.000 millones de euros de pérdidas económicas (EEA, 2005).

Debido a las repercusiones sociales y económicas que tienen las inundaciones, ligadas en su mayor parte a las ocupaciones humanas de zonas naturalmente inundables, tiene gran interés analizar con detalle su origen, las causas que determinan su riesgo, y las alternativas que hoy día se plantean para mitigar sus efectos en el contexto de las Directivas europeas Marco del Agua (DOUE, 2000) y de evaluación y gestión de los riesgos de inundación (DOUE, 2007).

En este trabajo se comentan dichos aspectos relacionados con las inundaciones, haciendo hincapié en la formación de avenidas ligadas a un cambio climático y en el paradigma de un desarrollo sostenible que exige la restauración de los ríos y sus llanuras de inundación.

2. AVENIDAS, INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

A lo largo de este documento solo nos referimos a las inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos como consecuencia de avenidas o crecidas fluviales, dejando aparte las inundaciones originadas por otros fenómenos naturales que tienen lugar en determinadas zonas costeras (figura 1).

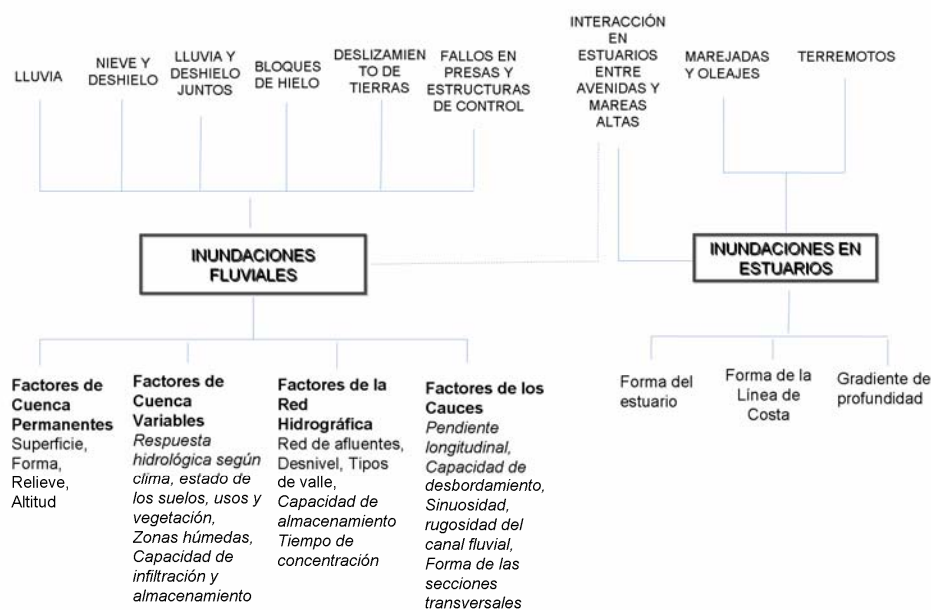


Figura 1.- Tipos de inundaciones, indicando sus causas naturales y los factores que pueden intensificar sus efectos. En letra cursiva se resaltan las características relacionadas con actividades humanas que modifican la capacidad natural de infiltración y almacenamiento del agua en laderas, zonas húmedas y llanuras de inundación, haciendo que aumente la proporción de escorrentía en los cauces, y que favorecen la concentración de dichas escorrentías en determinados tramos fomentando el desbordamiento de los caudales (Smith y Ward, 1998).

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Desde el inicio de este análisis es interesante diferenciar el concepto de *avenida* o *crecida* de un río del concepto de *inundación*, entendiendo que la primera es un fenómeno más ligado a “condiciones naturales” determinadas en gran medida por la climatología de la cuenca vertiente, especialmente por su régimen de precipitaciones, y que la segunda es un proceso que tiene mucha más relación con “intervenciones humanas”, estando determinada por la capacidad de desagüe y estado de conservación de los cauces fluviales.

Una **avenida** se define como un caudal extremo en la serie de registros históricos de caudales, que está referido a un determinado periodo de retorno. Habitualmente se distinguen las avenidas “ordinarias”, como aquellos caudales máximos que suponen un aumento del caudal habitual del río relativamente menor y que suceden con cierta frecuencia (periodos de retorno inferiores o en torno a 10 años), de las avenidas “extraordinarias”, como aquellos caudales de mayor magnitud que suceden cada más tiempo. Las avenidas son predecibles en su magnitud y en la probabilidad de que sucedan cada año a partir de modelos hidrológicos y series de registros históricos, y tienen su origen fundamental en precipitaciones máximas también de carácter ordinario o extraordinario.

La **inundación** se refiere a la ocupación de terrenos por el agua debida a desbordamientos de los cauces fluviales, lo cual sucede habitualmente como consecuencia de las avenidas, pero puede suceder también como consecuencia de un inadecuado estado de los cauces. Avenidas ordinarias o de menor periodo de retorno pueden generar inundaciones de carácter extraordinario, según se disminuye la capacidad de desagüe de los cauces, constreñidos por desarrollos urbanísticos o infraestructuras de transporte; y la magnitud y frecuencia de las inundaciones, así como los daños que producen, pueden ser cada vez mayores sin que necesariamente haya aumentado la magnitud o la frecuencia de las avenidas que las generan.

La relación entre avenidas, inundaciones y cambio climático debido al efecto invernadero reviste hoy día un gran interés y ha sido estudiada por numerosos autores, encontrando muchas incertidumbres y una gran dificultad en la generalización de los resultados, como así se pone de manifiesto en los numerosos informes técnicos y científicos disponibles hasta el momento.

En el informe del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación de dicho impacto (IPCC, 2007) se resalta el aumento esperado de la frecuencia de episodios de precipitaciones fuertes, en concordancia con el calentamiento y el incremento de vapor de agua observados en la atmósfera, que teóricamente podría inducir a un aumento paralelo de la frecuencia de avenidas en los ríos ligadas a dichas precipitaciones extremas. No obstante, también se considera en términos globales que en muchos países van a disminuir las precipitaciones anuales, como consecuencia de un aumento de la evapotranspiración debido al

incremento de las temperaturas, y que ello va a producir una disminución de las escorrentías y de los caudales medios y extremos de muchos ríos, especialmente en las regiones de latitudes medias o subtropicales.

Numerosos trabajos y experiencias con modelos combinados de cambio climático y de circulación general de la atmósfera coinciden en predecir un aumento de la temperatura global media debido al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero, y un aumento de la precipitación y de la evapotranspiración global, produciendo como consecuencia una reducción también global de la humedad del suelo (Manabe *et al.*, 1987; Roads *et al.*, 1996, etc.). Ello va a determinar en muchas regiones una disminución significativa de las escorrentías, reconociéndose que los cambios previstos pueden resultar muy diferentes según los países, y que van a afectar también de forma muy diversa a la disponibilidad de recursos hídricos y a la magnitud y frecuencia de las avenidas e inundaciones según regiones.

En este contexto de cambio global, Arora y Boer (2001) han aplicado modelos hidrológicos a las grandes cuencas fluviales y obtenido resultados de gran interés, constatando que en la mayoría de los casos se puede predecir una disminución de los caudales medios de los grandes ríos y de sus avenidas para los diferentes periodos de retorno analizados (2, 5, 10, 25 y 50 años). Dichos autores han cuantificado esta disminución en los ríos Amazonas, Yangsé y Mekong, cifrándola en algo más del 30 % para el caudal medio anual y en algo más del 20 % para las avenidas ordinarias anuales, siendo menor la disminución de las avenidas menos frecuentes, correspondientes a los periodos de retorno estudiados de 25 y 50 años. Únicamente en el río Ganges dichos autores han obtenido unos resultados contrarios a esta tendencia, prediciendo un aumento del 5 % en el caudal medio anual y del 10 % en el de la avenida ordinaria, siendo en este caso mayor el aumento (en torno al 20 %) de las avenidas estimadas para periodos de retorno de 25 y 50 años.

En España se han hecho trabajos e investigaciones similares a los comentados, y en ellos se ha previsto también de forma general una disminución de las escorrentías y aportaciones de las principales arterias fluviales, habiendo valorado las connotaciones de estos efectos en la disponibilidad de recursos hídricos, que se prevee sean cada vez menores (Iglesias *et al.*, 2005), y en el aumento de la variabilidad de las crecidas y de las crecidas relámpago, que pueden ser cada vez mayores (MMA, 2007).

En este sentido Benito (2006) detalla con mayor precisión estos efectos, haciendo una revisión muy interesante de las tendencias históricas y las perspectivas de futuro de las inundaciones de los ríos ibéricos en el contexto del cambio climático.

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

En base a la revisión de datos y registros históricos, Benito señala que, en sentido amplio, los intervalos en que la frecuencia de crecidas de los ríos ha sido mayor han tenido lugar durante los periodos de enfriamiento global, aunque en ellas pueden haber influido otras variables. Dichos intervalos se han producido en España a lo largo de los últimos 1000 años, durante la denominada Pequeña Edad del Hielo, siendo los más recientes y donde se han producido inundaciones catastróficas los comprendidos entre 1840 y 1870 en las cuencas mediterráneas y entre 1870 y 1900 en las cuencas atlánticas (Benito *et al.* 1996), coincidiendo también con una fuerte variabilidad climática y un incremento en la frecuencia de lluvias torrenciales y en la aparición de sequías prolongadas de carácter climático. A partir de estas fechas, las avenidas registradas en los ríos españoles han sido considerablemente menores.

En relación a las perspectivas de futuro ligadas al cambio climático, en el trabajo de Benito (2006) se resalta una tendencia clara a la disminución de las crecidas ordinarias en las cuencas atlánticas de la Península Ibérica, concordante con la disminución de la humedad del suelo estimada de forma global, y unas previsiones más inciertas para las cuencas mediterráneas, donde las relaciones entre clima y crecidas son mucho más complejas, y el incremento de la temperatura puede no solo disminuir las escorrentías sino también generar tormentas y lluvias torrenciales de ámbito local, así como favorecer los fenómenos de gota fría al inicio del otoño, provocando crecidas relámpago de mayor incidencia en cuencas de pequeño tamaño.

Todos estos resultados inducen a pensar que la respuesta hidrológica al cambio climático es todavía incierta y puede ser muy variable de unas regiones a otras, y que no se puede establecer con base científica una relación causa-efecto entre el cambio climático debido a un calentamiento global y el aumento de las crecidas e inundaciones de los ríos.

Por el contrario, cada vez se tiene más constancia de que el aumento de las inundaciones observado en numerosos países europeos y en otros continentes y, sobre todo, el incremento de los daños que generan ligados a la frecuencia con que ocurren y a los efectos perjudiciales que provocan en personas y bienes, se deben más a la alteración de los sistemas naturales por parte del hombre, y a la degradación y pérdida de la integridad hidrológica de las cuencas vertientes (Blackwell y Maltby, 2006).

3. PARADIGMAS PROPUESTOS FRENTE A LAS INUNDACIONES DE LOS RÍOS

Según el hombre ha ido aprovechando con mayor intensidad las zonas próximas a los ríos, ha sufrido con mayor rigor los efectos de las inundaciones por crecidas y desbordamientos, siendo en la mitad del siglo XX cuando más se ha acentuado el uso de las llanuras de inundación y actuado de forma más agresiva en los ríos para el control de los procesos naturales inherentes a ellas.

Son muchas las estrategias seguidas a lo largo de la historia para evitar las inundaciones o paliar sus daños (ver Smith y Ward, 1998), pudiendo agruparlas en torno a diferentes paradigmas que se han ido sucediendo a lo largo del tiempo, y que reflejan el grado de conocimiento disponible sobre los ríos y las líneas de pensamiento dominantes en cada época.

Paradigma de la “Ingeniería hidráulica” (Medidas estructurales)

El paradigma de la ingeniería hidráulica tradicional surge como la respuesta más elemental al fenómeno de las inundaciones: El desbordamiento de los ríos se puede evitar mediante obras de ingeniería, que eleven el nivel de las orillas (construcción de motas y diques longitudinales) o que aumenten la velocidad del agua (dragado y rectificación de los cauces para aumentar la pendiente y eliminación de la vegetación de orillas y riberas para disminuir la rugosidad del canal fluvial), haciendo que circule más cantidad de agua sin desbordarse por una misma sección.

Esta estrategia de canalización de los ríos se potencia fuertemente desde el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (*Army Corps of Engineers*) después de la II Guerra Mundial, con la publicación de numerosos manuales, ábacos, y modelos matemáticos para el cálculo y diseño de diques, revestimientos de hormigón, escolleras, etc., haciendo que el paradigma de la ingeniería hidráulica tradicional se extienda y sea asumido por la gran mayoría de los técnicos e ingenieros hidráulicos de todo el mundo, a través de una bibliografía básica y de referencia a estudiar en la mayoría de las escuelas de Ingeniería Civil, incluyendo las de Caminos, Canales y Puertos de nuestro país.

Esta forma de actuación e intento de control de los procesos naturales de los ríos mediante estructuras de ingeniería hidráulica ha marcado la gestión de las avenidas e inundaciones durante muchísimas décadas, y ha provocado fuertes impactos ambientales en los ecosistemas fluviales a la vez que se ha manifestado incapaz de resolver la problemática creada por las grandes avenidas superiores al caudal para el que se diseñan las correspondientes infraestructuras.

Basado en una percepción de posibilidad de dominar la naturaleza a través de la técnica, al uso durante el periodo desarrollista del pasado siglo, el paradigma

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

de la ingeniería hidráulica tradicional ha generado una gran oferta de espacio en las llanuras de inundación de los principales ríos canalizados, y propiciado su ocupación por usos no compatibles con la inundación. Las grandes inversiones realizadas en su mayoría por las administraciones públicas para esta oferta de espacio han beneficiado a un número reducido de propietarios o usuarios ribereños, pero han ocasionado simultáneamente al resto de la sociedad graves daños ambientales, en un principio no percibidos como tales pero hoy día valorados como una gran pérdida del capital natural de los ríos y sus riberas.

Aunque al final de la década de los años 70 comienza a surgir una gran crítica internacional a los grandes proyectos de canalización de los ríos, coincidiendo con el desarrollo incipiente de líneas de investigación sobre la ecología de los ríos y las riberas que reivindican su conservación, este paradigma de la ingeniería hidráulica tradicional predomina todavía en muchas regiones, e inspira una gran parte de las actuaciones que se llevan a cabo en ríos españoles para la defensa y prevención de las inundaciones.

Paradigma de la aceptación y financiación del riesgo (Medidas no estructurales)

La falsa seguridad creada con las infraestructuras de la ingeniería hidráulica para el control de las inundaciones incrementa la ocupación de las zonas adyacentes a los ríos aumentando la vulnerabilidad de estas últimas, y pronto se comprueba que según crecen las inversiones para las canalizaciones de los ríos también van creciendo los daños y pérdidas económicas que producen las inundaciones, las cuales siguen sucediendo con menor frecuencia pero con mayor intensidad, sobre todo en los tramos aguas abajo de las infraestructuras de canalización.

Surge entonces una nueva corriente de pensamiento basada en la filosofía liberal de la Escuela de Chicago, en la que se reconoce la incapacidad de la ingeniería hidráulica para resolver la problemática de las avenidas y se adopta la conveniencia de que cada dueño de los terrenos afectados asuma su riesgo individual y sea capaz de financiarlo mediante una política de seguros, reforzada por medidas preventivas y de detección y predicción de la avenida por parte de las administraciones públicas.

Esta nueva estrategia de “defensa” frente a los daños de las inundaciones requiere disponer no solo de tecnologías sofisticadas para la estimación y predicción de las avenidas, cada vez más potentes con el desarrollo de la informática y los sistemas de información geográfica, sino también de cuantiosos

recursos económicos para financiar la ocupación de las zonas inundables y el seguro de su persistencia mediante valiosas pólizas en compañías aseguradoras.

El paradigma de estas medidas no estructurales aporta sobre el anterior la asunción de un riesgo permanente de inundación en las zonas próximas a los ríos que no se puede eliminar con la ingeniería hidráulica, pero fracasa a largo plazo por el coste tan elevado de su mantenimiento. Incluso en los países más desarrollados y de mayor fuerza económica, al cabo de los años se manifiesta insostenible, como sucedió con las inundaciones centroeuropeas del verano de 2002, que provocaron unas pérdidas estimadas en más de 20 billones de euros que hicieron quebrar numerosas compañías de seguros internacionales. Por otra parte, resulta inviable exportar este procedimiento a los países menos desarrollados, o con menos recursos económicos para la predicción de las avenidas y la financiación de inversiones y seguros.

Paradigma del desarrollo sostenible (Límites al uso del territorio)

En la década de los 80, coincidente con la organización de varias reuniones internacionales (Río de Janeiro, Agenda 21, etc.) se va desarrollando un nuevo enfoque del desarrollo humano que afecta a todos los aspectos de uso y aprovechamiento de los recursos naturales por parte del hombre, acuñado como "desarrollo sostenible".

Se trata en este caso de adoptar un modelo de desarrollo económico y social compatible con el mantenimiento de los recursos naturales, el funcionamiento de los ecosistemas naturales, la persistencia de las especies y sus relaciones con el territorio que ocupan, etc., donde el hombre progresa en su bienestar sin alterar la dinámica de la Naturaleza, haciéndola duradera para las generaciones venideras.

Desde esta nueva forma de pensamiento surge un nuevo paradigma ante el fenómeno de las inundaciones, en el que se reconoce la necesidad de poner límites al uso y ocupación de las zonas inundables, a través de una ordenación del territorio que permita un aprovechamiento de los recursos naturales compatible con la dinámica del sistema fluvial.

Bajo estos conceptos se cuestionan tanto las grandes obras de ingeniería hidráulica para la defensa de las avenidas, con esquemas de grandes canalizaciones, trasvases, regulación de caudales, etc., como las inversiones en infraestructuras y pólizas de seguros para mantener al borde de los ríos ocupaciones de gran valor y riesgo económico (complejos industriales, autopistas, ferrocarriles de alta velocidad, etc.), cuya defensa contradice la dinámica y funcionamiento natural de la llanura de inundación.

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

El desarrollo de la ecología del paisaje fomentado por Forman y Godron (1986) impulsa las metodologías de ordenación del territorio, a partir de las cuales se proponen conceptos como los de “espacio de libertad del río” o “territorio de movilidad fluvial” (Piegay *et al.* 2005; Ureña y Ollero, 2000; Ollero, 2007; etc.), y atendiendo a principios geomorfológicos se proponen una serie de criterios para establecer restricciones de uso de las márgenes fluviales, que hagan compatible su aprovechamiento con la conservación de la dinámica fluvial.

Se trata en este caso de dar prioridad a los procesos naturales del río en las zonas más próximas a los cauces, reconociendo la inutilidad de la defensa de las inundaciones en dichas zonas, bajo ningún precio, y de establecer una graduación de usos del suelo en las zonas inundables que permita su aprovechamiento pero minimice los daños originados por las inundaciones, reconociendo su persistencia.

Paradigma del buen estado ecológico de los ríos (Directivas Europeas)

El paradigma del desarrollo sostenible estableciendo límites al uso de las zonas inundables se solapa en el tiempo con el del buen estado ecológico de los ríos impulsado por la Directiva Marco del Agua. La creciente sensibilización ambiental de la sociedad en numerosos países europeos como consecuencia de un deterioro profundo de los sistemas naturales y de una fragmentación y artificialización cada vez mayor del paisaje, propicia la promulgación de esta Directiva en el año 2000 (DOUE, 2000), cuyo primer objetivo es evitar todo deterioro adicional de las masas de agua.

Este nuevo paradigma aporta sobre el anterior la necesidad no solo de limitar el uso de las zonas inundables, sino de llevar a cabo su restauración con el fin de recuperar gradualmente el buen estado ecológico de los ríos y sus riberas.

En la Directiva Marco se establecen varios indicadores para la evaluación del estado ecológico, entre ellos los de carácter “hidromorfológico” que hacen especial mención al régimen hidrológico de los caudales y al estado geomorfológico de los cauces, y se propone estimar el grado de alteración de estos indicadores a través de su diferencia con el régimen natural y con la morfología y dinámica previas a la canalización y deterioro del cauce.

De esta forma, las avenidas de los ríos y sus inundaciones periódicas pasan a ser consideradas signos de naturalidad de los sistemas fluviales y factores primordiales para la restauración de los bosques aluviales y el mantenimiento de las comunidades acuáticas primitivas, y la recuperación de las características del régimen natural de caudales, incluyendo crecidas ordinarias y extraordinarias, un requisito indispensable para alcanzar el buen estado ecológico de los respectivos tramos fluviales.

Más recientemente, en el año 2007 se ha publicado una segunda Directiva europea relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (DOUE, 2007) que incide en los mismos conceptos de la Directiva Marco del Agua, obligando a la publicación de cartografías de zonas inundables y a la disposición de planes de medidas para la gestión de los daños originados por las inundaciones, en un intento de contribuir a la coordinación de dichas medidas entre los diferentes países, de especial relevancia en las cuencas intercomunitarias.

Ambas Directivas reflejan una nueva línea de pensamiento sobre la gestión de los sistemas fluviales que empieza a ser preponderante en Europa, en la que se reconoce la importancia de frenar el deterioro de los ríos y sus alteraciones hidromorfológicas, y el interés económico y social de recuperar las funciones hidrológicas y ecológicas de las llanuras de inundación para mitigar el efecto de las inundaciones.

Las Directivas europeas mencionadas están ejerciendo un gran papel didáctico en los diferentes países y administraciones del agua, al identificar como referencia del mejor estado ecológico de los ríos la morfología primitiva de los cauces y el régimen natural de los caudales, y propiciar su restauración. Al mismo tiempo, están promoviendo numerosos trabajos y estudios científicos que incluyen el análisis del papel de las inundaciones en la ecología de los ríos y su importancia en los sistemas riparios, y su posible relación con el cambio climático.

Los sucesivos paradigmas propuestos frente a las inundaciones han ido aportando diferentes enfoques complementarios sin que ninguno de ellos haya eliminado por completo el anterior; más bien se han ido solapando unos a otros, y hoy día se mantienen todos vigentes reconociendo que la problemática de las inundaciones se ve influida por múltiples factores y numerosas interrelaciones entre el medio natural (condiciones del clima y funcionamiento hidrológico) y el medio social (poblaciones y actividades económicas), y que dicha problemática debe ser abordada con una óptica multidisciplinar y de solidaridad y cooperación entre países y regiones (Nijland y Menke, 2005).

4. LA RESTAURACIÓN DE LOS RÍOS COMO ALTERNATIVA DE CONVIVENCIA CON LAS INUNDACIONES Y LAS INCERTIDUMBRES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Como ya se ha puesto de manifiesto, el cambio climático representa un factor de incertidumbre en la predicción de las crecidas de los ríos, haciendo que las

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

series de registros históricos existentes pierdan representatividad para estimar la magnitud y frecuencia de las avenidas en los años venideros.

Las tendencias temporales de aumento o disminución de las crecidas fluviales como consecuencia del cambio climático no son generalizables hasta la fecha, y tampoco se puede establecer una relación contundente entre inundaciones y cambio climático. Lo que sí parece mucho más evidente es una relación entre la intensificación de la regulación del régimen de los caudales y de la canalización de los ríos, y el aumento de la vulnerabilidad y grado de exposición de poblaciones y actividades económicas al fenómeno de las inundaciones, junto al aumento de los daños que generan unido un riesgo adicional debido al cambio climático.

Ante este nuevo escenario de mayor vulnerabilidad e incertidumbre respecto a las inundaciones, se propone cambiar el enfoque “defensivo” que ha imperado hasta ahora tratando de evitar que ocurran, por un enfoque de “convivencia con las inundaciones” sabiendo que van a ocurrir. Como medidas más acertadas para la prevención, protección y mitigación de sus daños se recomienda analizar con una visión a escala de cuenca vertiente el origen de las inundaciones y los factores que inciden en su ocurrencia, así como mejorar la capacidad de predicción de las mismas, la conciencia social de su riesgo y la cooperación y participación pública en la gestión de este último (Dworak y Hansen, 2003).

La restauración de los ríos proponiendo la recuperación de las características del régimen natural de caudales, incluyendo avenidas ordinarias y extraordinarias, y la disponibilidad de espacio libre donde el río pueda recuperar su dinámica ligada a las crecidas e inundaciones, unida a la ordenación del territorio para hacer mínimos los riesgos de inundación, son las líneas de actuación que hoy día se plantean con mayor insistencia en los diferentes grupos de investigación y foros de debate sobre las inundaciones, surgidos ante la evidencia del incremento de su magnitud y su frecuencia (Nijland y Menke, 2005).

En lugar de hacer grandes inversiones en infraestructuras de ingeniería hidráulica y regulación de los caudales, tratando de modificar los ríos y su régimen de caudales para permitir el desarrollo de actividades económicas en sus márgenes con un permanente riesgo de inundación, parece más razonable ajustar dichas actividades y usos del suelo a los procesos naturales que son inherentes a dichas márgenes, y llevar a cabo otro tipo de actuaciones de mayor eficacia a medio y largo plazo.

Potenciar un mejor conocimiento de las inundaciones, con la predicción y difusión de cartografías de riesgo; explicar a la ciudadanía sus efectos beneficiosos en términos ecológicos y económicos, cambiando su percepción de “catástrofes naturales que se pueden evitar” por la de “eventos naturales con los

que hay que convivir"; desarrollar normativas para una ocupación más racional del espacio en zonas inundables y más concordante con la frecuencia de la inundación; promocionar prácticas agrícolas que faciliten la infiltración del agua y el drenaje del suelo, así como criterios para la arquitectura y el urbanismo que eviten daños por inundación de los ríos en viviendas e infraestructuras; mejorar las medidas de alerta y protección civil, así como poner en marcha programas de educación sobre los factores que originan las inundaciones, de voluntariado y de participación para la mitigación de sus daños, etc., son medidas que pueden contribuir notablemente a disminuir los daños por inundaciones, cambiando las estrategias de defensa predominantes hasta la fecha por otras de disminución del riesgo.

Las graves inundaciones acaecidas en los últimos años en muchos países centroeuropeos, junto a la incertidumbre que introduce el cambio climático, donde no solo debemos referirnos a las crecidas e inundaciones de los ríos sino también y con más precisión a la frecuencia e intensidad de las sequías, que en el ámbito mediterráneo pueden tener mayor incidencia negativa, nos obligan con mayor urgencia a desarrollar una nueva cultura de convivencia con los ríos, y a iniciar un profundo debate social. Parece urgente poner límites a la ocupación del territorio y a la degradación de las funciones naturales de las llanuras de inundación, así como iniciar una política de restauración de los cauces fluviales y sus zonas inundables, con el fin de asegurar la garantía de utilización de los recursos hídricos y la persistencia de los bienes humanos, en armonía con un funcionamiento más natural de los ríos y sus riberas.

4. REFERENCIAS

1. Arora, V.K. y G. J. Boer. Effects of simulated climate change on the hydrology of major river basins. *Journal of Geophysical Research*, 106, D4, 335-3348. 2001.
2. Benito, G., M.J. Machado y A. Pérez-González. Climate change and flood sensitivity in Spain. En: Branson, J., A.G. Brown y K.J.Gregory (eds.), *Global Continental Changes: The context of Palaeohydrology*. Geological Society of London Special Publication No. 115: 85-98. 1996.
3. Blackwell, M.S.A. y E. Maltby. *Ecoflood Guidelines: How to use floodplains for flood risk reduction*. European Commission, Ecoflood project, Bruselas. 2006.

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO

4. DOEU (Diario Oficial de la Unión Europea). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial L 327 de 22/12/2000, 1-73.
5. DOEU (Diario Oficial de la Unión Europea). Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Diario Oficial L 288 de 6/11/2007, 27-34.
6. Dworak, T. y W. Hansen. The European Flood Approach. *Proceedings of the International Conference Ecoflood, Towards natural flood reduction strategies*, Varsovia, 6-13 Sept. 2003.
7. EEA (European Environmental Agency). El cambio climático y las inundaciones fluviales en Europa. Agencia Europea de Medio Ambiente, Briefing 01. 2005.
8. Forman, R.T.T. y M. Godron. *Landscape Ecology*. John Wiley & sons, New York. 1986.
9. Gil Olcina, A. y A. Morales Gil (eds.). *Avenidas e Inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Publ. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante. 1989.
10. Iglesias, A., T. Estrela y F. Gallart. 7. Impactos sobre los recursos hídricos. En: *Impactos del cambio climático en España*, 303-353. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 2005.
11. IPCC. *Cambio climático 2007: Las bases científicas y físicas*. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. París, Febrero de 2007.
12. Kundzewicz, Z.W. y L. Menzel. Flood risk and vulnerability in the changing World. *Proceedings of the International Conference Ecoflood, Towards natural flood reduction strategies*, p. 67. Varsovia. 6-13 Sept. 2003.
13. Manabe, S. y R.T. Wetherald. Large scale changes of soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. *J. Atmospheric Science*, 44: 1211-1235. 1987.

14. MMA (Ministerio de Medio Ambiente). El cambio climático en España: Estudio de situación. Documento resumen del informe elaborado por expertos en cambio climático para el Presidente del Gobierno Noviembre 2007 www.mma/secciones/cambio_climatico.
15. Nijland, H. y U. Menke. Water and flood risks: Taking stock of Interreg IIIB projects and looking ahead. En: *Flood risk management and multifunctional land use in river catchments*. Conference Proceedings, H. Nijland y U. Menke (eds.), 11-21. RIZA, The Netherlands. 2005.
16. Olcina, J. y F. Ayala-Carcedo. Riesgos naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. En: *Riesgos Naturales*. F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina (eds.), 41-73. Ariel Ciencia, Barcelona. 2002.
17. Ollero, A. *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bakeaz, Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao. 2007.
18. Piégay H., S.A. Darby, E. Mosselmann y N. Surian. The erodible corridor concept : applicability and limitations for river management. *River Research and Applications* 21:773- 789. 2005.
19. Pocklington, R. Observaciones sobre el aprovechamiento del agua torrencial para la agricultura en Murcia y Lorca durante la época árabe. En: *Avenidas fluviales e Inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. A. Gil Olcina y A. Morales Gil (eds.), 395-402. Publ. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante-Caja de Ahorros del Mediterráneo. 1989.
20. Roads, J.O., S. Marshall, R. Oglesby y S.C. Chen. Sensitivity of the CCM! Hydrologic cycle to CO2. *Journal of Geophysics Research*, 101(D3): 7321-7339. 1996.
21. Smith, K. y R. Ward. *Floods. Physical Processes and Human Impacts*. John Wiley & sons, Chichester, Reino Unido. 1998.
22. Ureña, J.M. y A. Ollero. Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, XXXII (126): 689-710. 2000.

INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO