

EL PLAN GLOBAL FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA RIBERA DEL JÚCAR

Gemma Barber Arlandis⁽¹⁾, Arturo Trapote Jaume⁽¹⁾ y José López Garaulet⁽²⁾

⁽¹⁾ Grupo de Investigación en Ingeniería Hidráulica y Ambiental (Universidad de Alicante)

⁽²⁾ Jefe de Actuaciones Especiales en Cauces (Confederación Hidrográfica del Júcar)

RESUMEN

El Plan Global del Júcar frente al riesgo de inundación pretende minimizar los daños causados por las avenidas que periódicamente afectan a la Ribera del Júcar. En el presente artículo se describen y analizan las actuaciones de este Plan, la génesis del mismo, el proceso de elaboración y sus resultados. La problemática es compleja, ya que el riesgo de inundación abarca un territorio muy poblado, con un importante desarrollo industrial y agrícola. Además, la existencia de espacios naturales de elevado valor ambiental, hace que las intervenciones derivadas del Plan consideren al mismo nivel la defensa frente a avenidas y las demandas sociales y ambientales, tras el consenso alcanzado en un proceso de participación pública. El Plan incorpora aspectos innovadores en ingeniería hidráulica, cuyo resultado es una actuación integrada y sostenible, que compatibiliza la protección frente a avenidas con la recuperación y mejora del ámbito fluvial, y su función como corredor vertebrador del territorio.

Palabras clave: Riesgo de inundación, restauración fluvial, desarrollo sostenible, ordenación del territorio.

ABSTRACT

The Júcar Global Plan that contemplates flood risk intends to minimize the damage caused by floodwaters to which the area is periodically exposed. The present article pursues to describe and analyse how the Plan was conceived, the approach taken, the different stages of its implementation, and the results obtained. Floods present very serious problems, especially in the Ribera del Júcar since the area is not only densely populated but also features an outstanding industrial and agricultural development. In addition, there are natural areas of great environmental value. The Plan actions, therefore, must necessarily account for the socio-environmental issues as well as for those arising from the defence against flood risk that the Friends and Neighbours Community Alliance require. The Plan introduces innovative aspects in hydraulic engineering with the aim of achieving an integral and sustainable action to make the protection against flood risk congenial with the recovery of the River area, and its main function, namely, to become the backbone corridor for the entire area.

Keywords: Flood risk, fluvial restoration, sustainable development, land-use regulation.

1. Introducción

El Júcar es un río de comportamiento claramente mediterráneo, caracterizado por una gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios, y por un régimen extremo de caudales con crecidas de elevada magnitud. Consecuencia de esta peculiaridad son los desbordamientos seculares que inundan las márgenes y originan daños considerables en los terrenos y poblaciones, que alcanzan, principalmente, las zonas inundables de las comarcas de la Ribera Alta y Ribera Baixa de la Comunitat Valenciana. Esto se debe a que en la cuenca media y baja del río Júcar es frecuente el desarrollo de episodios de lluvia intensa y/o torrencial originados por situaciones de elevada inestabilidad atmosférica, claramente manifestadas en las distintas avenidas históricas, entre las que cabe destacar las de 1864, 1982 y 1987.

Han sido especialmente documentadas las dos mayores avenidas registradas desde 1600: la riada de San Carlos los días 4 y 5 de noviembre de 1864, con un caudal punta estimado en 13.000 m³/s, y la del día 20 de octubre de 1982, que condujo al colapso de la presa de Tous, con un caudal punta de entrada a la Plana estimado en 8.500 m³/s, descontando el efecto inducido por la rotura de la propia presa. En esta última crecida se evacuaron unas 100.000 personas, con afecciones a una superficie agrícola de 24.000 hectáreas.

El peso de la problemática de Carcaixent y Alzira en el conjunto de la Ribera del Júcar es indudable, no sólo por presentar déficit de protección en sus núcleos urbanos, sino por el complejo esquema de flujo existente en el área circundante, que dificulta cualquier actuación, a lo que hay que sumar la creciente ocupación urbana de su entorno. Esta situación es especialmente problemática, ya que las inundaciones que han padecido ambos núcleos urbanos han sido provocadas frecuentemente no por el propio río Júcar, sino por los caudales que aportan varios barrancos que drenan en sus inmediaciones e incluso a través de los propios núcleos. Además, cuando coinciden las crecidas de estos barrancos con niveles de agua altos en el cauce del Júcar, el desagüe de los caudales de aquellos al río se ve muy dificultado. Conviene recordar además que el nivel en el río Júcar, dado su morfología de cauce colgado, es alto incluso para caudales inferiores a los 25 años de periodo de retorno.

La escasa capacidad del cauce del río Júcar provoca que en situación de avenida las aguas se desborden por ambas márgenes. En el tramo final aguas abajo de la autovía AP-7, parte de las aguas se dirigen hacia L'Albufera y parte hacia el Marjal del Sur del Júcar, incorporándose también a este último ramal de desbordamiento los caudales aportados por el barranco del Duch. El reparto de caudales desaguados hacia la Marjal Sur o hacia L'Albufera depende en gran medida de la magnitud de los caudales de avenida circulantes por el Júcar.

Los desbordamientos por la margen derecha del Júcar se producen con caudales de periodos de retorno del orden de 25-50 años. Las aguas discurren incontroladamente por las zonas más deprimidas (no siempre con cultivo de arroz) y quedan retenidas y almacenadas aguas arriba del ferrocarril Valencia-Gandía. Una vez superada la cota del terraplén del ferrocarril, vierten por encima y embalsan entre el propio ferrocarril y el cordón litoral, inundando las urbanizaciones existentes en la franja costera. Los daños se ven agravados por la gran duración de las inundaciones, debido a la escasa pendiente del terreno y a la presencia del cordón litoral, que dificultan el drenaje de la zona. La principal salida al mar en esta zona la constituye L'Estany de Cullera, pero la presencia del ferrocarril y los espigones construidos en la desembocadura de L'Estany reducen considerablemente su capacidad de desagüe, ya que se trata de un canal de 45 m de ancho y fondo horizontal a la cota -1.

La primera referencia sobre la necesidad de establecer un plan de regulación y aprovechamiento de los recursos del Júcar data de 1932, donde se definió un Plan de Estudios que concluyó con la construcción de la presa de Alarcón y Contreras, entre otras, así como el estudio inicial de la presa de Tous. Estas primeras actuaciones de envergadura sobre el Júcar estaban fundamentadas en regular los caudales para asegurar el abastecimiento de agua para los distintos usos, pero no incluyen medidas sustanciales para resolver el problema de las avenidas.

2. El Plan General de Defensa contra avenidas del Júcar (1985)

La «gota fría» ocurrida en octubre de 1982 provocó una avenida extraordinaria de dimensiones similares a la de 1864, que produjo la destrucción de la presa de Tous y cuantiosos daños humanos y materiales en toda la llanura de inundación.

Este hecho llevó a la redacción del Plan General de Defensa contra Avenidas del Júcar (Figura 1), finalizado en junio de 1985, cuyo objetivo fundamental era la laminación de avenidas para disminuir los caudales punta circulantes en la plana del Júcar. Paralelamente a la redacción de dicho Plan, la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) acometió con carácter de urgencia la reparación y restitución de las infraestructuras dañadas tales como acequias, el azud de Escalona, el azud de Antella, etc., así como otras actuaciones para la mejora del drenaje del propio cauce del Júcar.

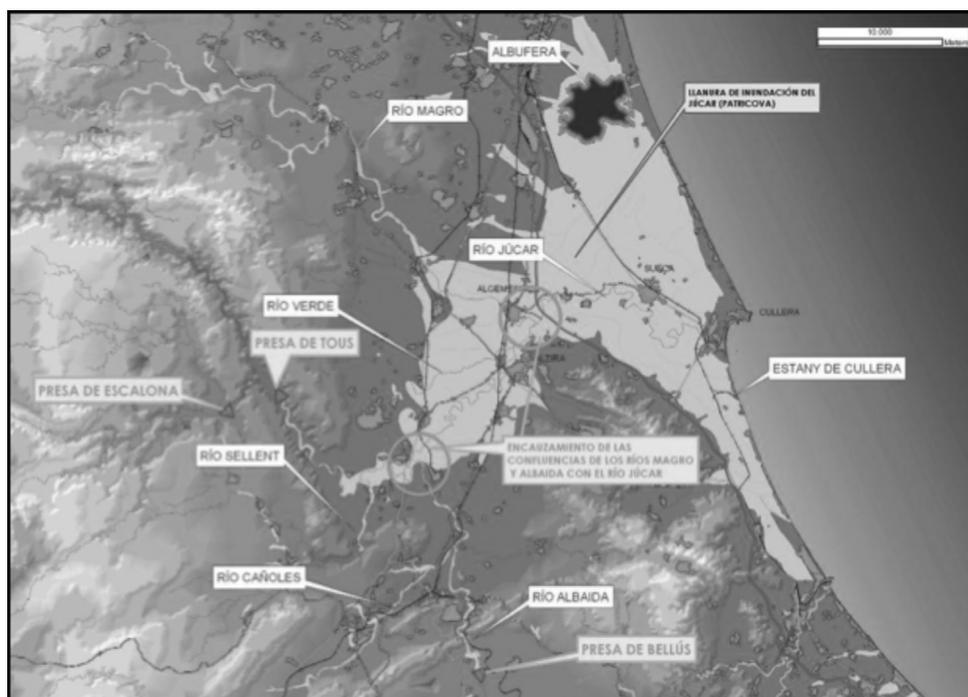


FIGURA 1. Principales actuaciones del Plan General de Defensa contra avenidas del Júcar (1985).

La avenida extraordinaria de 1987 (Figura 2) hizo que se diese un fuerte impulso a las actuaciones previstas en el Plan General de Defensa de 1985, decretándose de urgencia la

construcción de las presas de Tous en el río Júcar, Bellús en el río Albaida y Escalona en el río del mismo nombre.

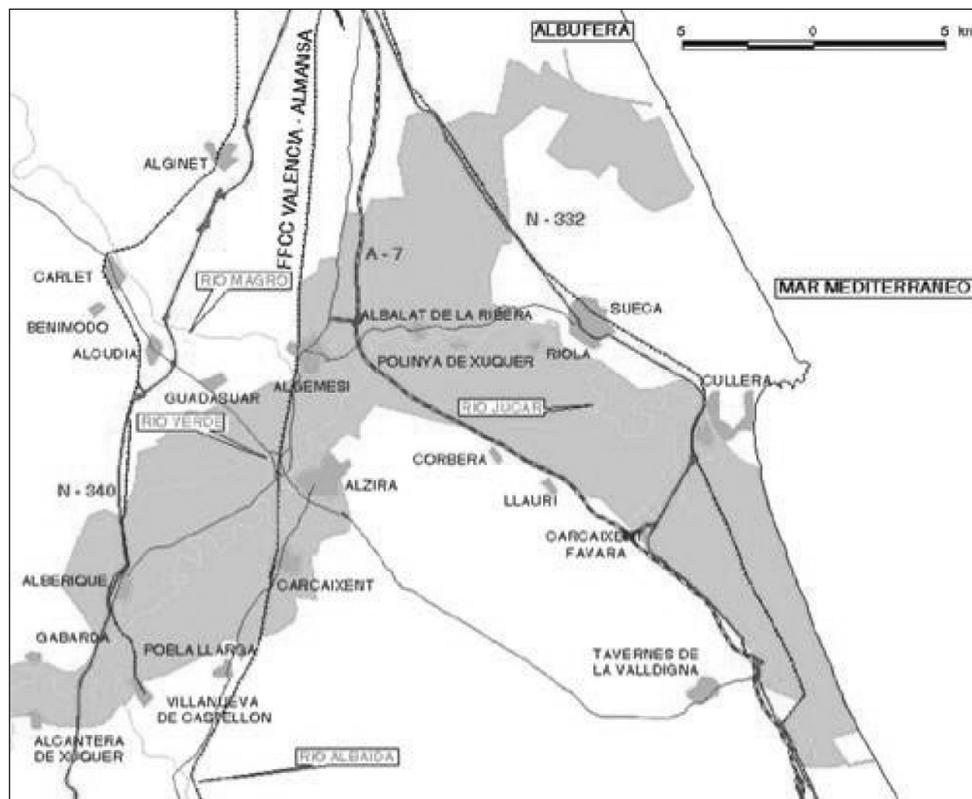


FIGURA 2. Límites de la inundación de 1987 en la llanura de inundación del Júcar.

Simultáneamente, se acometieron otras obras consideradas de gran importancia para la protección de las poblaciones ribereñas, tales como motas de construcción y el encauzamiento de los ríos Albaida y Magro en la confluencia con el Júcar.

Las obras del Plan de defensas quedaron prácticamente concluidas en la década de los 90 con la puesta en explotación de la presa de Tous en 1996, con lo cual a partir de ese momento se produce una notable disminución del riesgo de inundación en la Ribera del Júcar.

3. El Plan Global frente a inundaciones en la Ribera del Júcar (2000)

A pesar de las actuaciones realizadas en el marco del plan de defensas de 1985, persiste en la actualidad un considerable riesgo de inundación en la ribera del Júcar, en buena parte debido a las aportaciones no controladas de los ríos Magro (aguas abajo de la presa de Forata), Sellent y Cañoles (afluente del río Albaida aguas abajo de la presa de Bellús).

Con el fin de reducir el nivel de riesgo frente a las inundaciones, asegurando principalmente la protección de todas las zonas urbanas, a finales de la década de los 90 se comenzó a trabajar en la redacción de un Plan Global frente a inundaciones en la Ribera del Júcar.

En junio de 2000, la CHJ, con la colaboración de otros organismos de las administraciones, ayuntamientos, usuarios, organizaciones no gubernamentales y expertos, concretó la redacción del «Plan global frente a inundaciones en la Ribera del Júcar: Propuesta de Actuación», con el objetivo fundamental de alcanzar unos umbrales de protección entre 100 y 250 años de periodo de retorno para zonas urbanas y de entre 25 y 50 años para zonas agrícolas. Para ello se propusieron una serie de actuaciones estructurales y otras no estructurales, según se resume en la Tabla 1.

PRESAS	PRESA DEL MARQUESADO, EN EL RÍO MAGRO
	PRESA DE SELLENT, EN EL RÍO SELLENT
	PRESA DE MONTESA, EN EL RÍO CANYOLES, AFLUENTE DEL ALBAIDA
MEJORA DEL DRENAJE DEL MARJAL SUR	ACONDICIONAMIENTO DE LA ZONA DEL ESTANY DE CULLERA
	CORREDOR VERDE DEL MARJAL SUR
	ACONDICIONAMIENTO DE LOS BARRANCOS MURTA Y DUCH
	CORREDOR VERDE DE LA ALBUFERA
ACOND. DEL RÍO JÚCAR ENTRE CARCAIXENT Y LA AUTOVÍA AP-7	ACONDICIONAMIENTO DEL JÚCAR ENTRE EL TM DE ALBALAT Y LA AP-7
	ACONDICIONAMIENTO DEL JÚCAR ENTRE LA AP-7 Y EL TM DE ALZIRA
	ACONDICIONAMIENTO DEL JÚCAR ENTRE LOS TTMM DE ALZIRA Y CARCAIXENT
	ACONDICIONAMIENTO DEL RÍO VERDE
	ACTUACIONES EN BARRANCOS DE CASELLA, VILELLA Y ESTRET
	ACTUACIONES EN BARRANCO DEL BARXETA Y AFLUENTES

Tabla 1. Actuaciones contempladas en el Plan Global frente a inundaciones del Júcar (2000).

Dentro de las actuaciones no estructurales, la CHJ, en colaboración con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), realizó en el año 2002 la Cartografía de Riesgo de Inundación en la Ribera del Júcar, que sirvió para conocer el riesgo actual frente a las inundaciones de los territorios de la Ribera y como contribución a la actualización de la cartografía de riesgo del Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), redactado en octubre de aquel mismo año.

Por lo que se refiere a las actuaciones estructurales para reducir el riesgo de inundación existente, se propusieron las siguientes (Figura 3):

1. Estructuras de laminación (presas aguas arriba de la llanura de inundación)
2. Acondicionamiento de cauces y mejora red de drenaje (actuaciones en la llanura de inundación)

3.1. Estructuras de laminación

El objetivo de estas actuaciones es reducir los caudales entrantes a la llanura de inundación del Júcar. En el Plan Global se propone la construcción de las presas de laminación de Estubeny (más tarde presa de Sellent), Montesa y Marquesado en los ríos Sellent, Cañoles y Magro, respectivamente. Estas actuaciones presentan la ventaja de ser obras localizadas,

que permiten una importante reducción de los caudales que llegan a la llanura de inundación, con una afección territorial y un coste reducido en comparación con la disminución del riesgo frente a las inundaciones que consiguen.

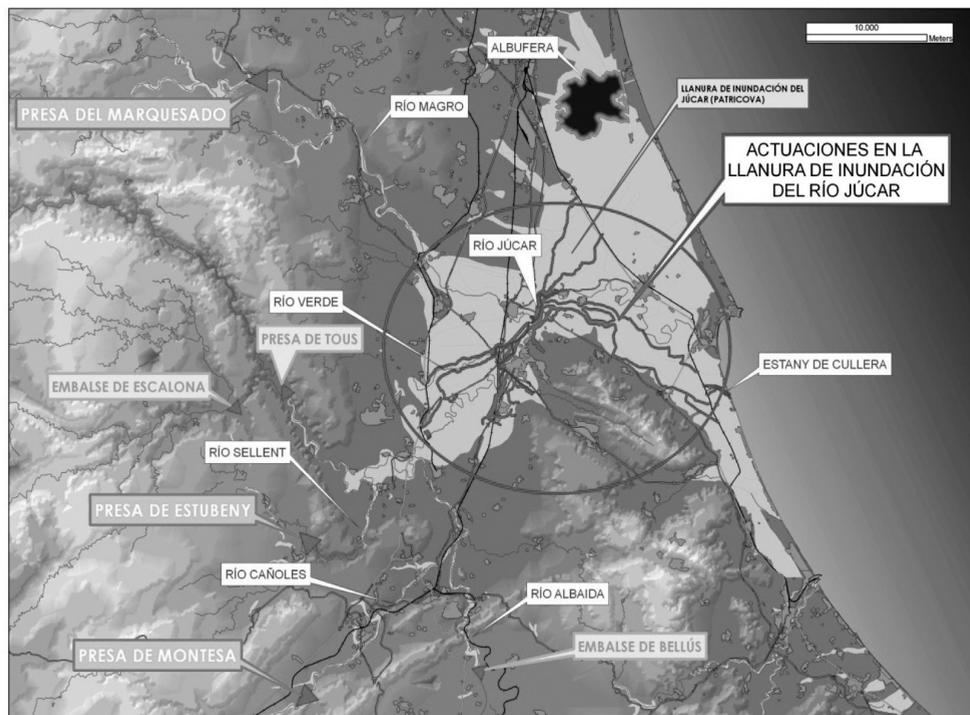


FIGURA 3. Principales actuaciones estructurales del Plan Global frente a inundaciones del Júcar (2000).

Para 250 años de periodo de retorno, esta reducción se ha estimado entorno al 40% en el punto de control situado en la AP-7, pues se pasaría de un caudal de 3.520 m³/s de la situación actual a un caudal 2.100 m³/s con las tres presas de laminación en funcionamiento.

3.2. Acondicionamiento de cauces y mejora de la red de drenaje en la llanura de inundación del río Júcar

No obstante la importante reducción de caudales que se conseguiría con las presas de laminación de Sellent, Montesa y Marquesado, continuaría existiendo un elevado riesgo de inundación en el tramo final del Júcar, que afectaría a numerosas poblaciones (en particular a Alzira y Carcaixent), a infraestructuras y a extensas superficies de cultivo, tal y como muestra la Figura 4, que corresponde a la modelización de la alternativa base de diseño, esto es, un escenario considerando la reducción de los caudales entrantes debida a las presas de laminación del Plan Global. Este riesgo elevado se debe fundamentalmente a la reducida capacidad del cauce del Júcar y a sus características de cauce colgado respecto a la llanura de inundación. Por esta razón, están previstas actuaciones de acondicionamiento de cauces y de mejora de la red de drenaje en la llanura de inundación del Júcar.

Inicialmente, estas actuaciones se plantearon desde un punto fundamentalmente hidráulico, lo que implicaban una intervención más «dura» sobre el territorio en cuanto que planteaba un gran cauce de avenidas excavado, con una anchura del orden de 400 m y una profundidad de unos 5 m, capaz de transportar la avenida de 250 años. Esta solución implicaría una modificación drástica del funcionamiento del río, al reducir enormemente la llanura de inundación y su capacidad de laminación y, por tanto, se debía incrementar de forma considerable el drenaje al mar a través de L'Estany de Cullera. Además, supondría la generación de un volumen de excedentes de excavación entorno a los 17 millones de m³ (que se sumaría a los 4 millones de m³ del resto de actuaciones), así como un coste económico, ambiental y paisajístico excesivo en relación con los beneficios obtenidos, y sería poco compatible con la ocupación actual de este territorio.

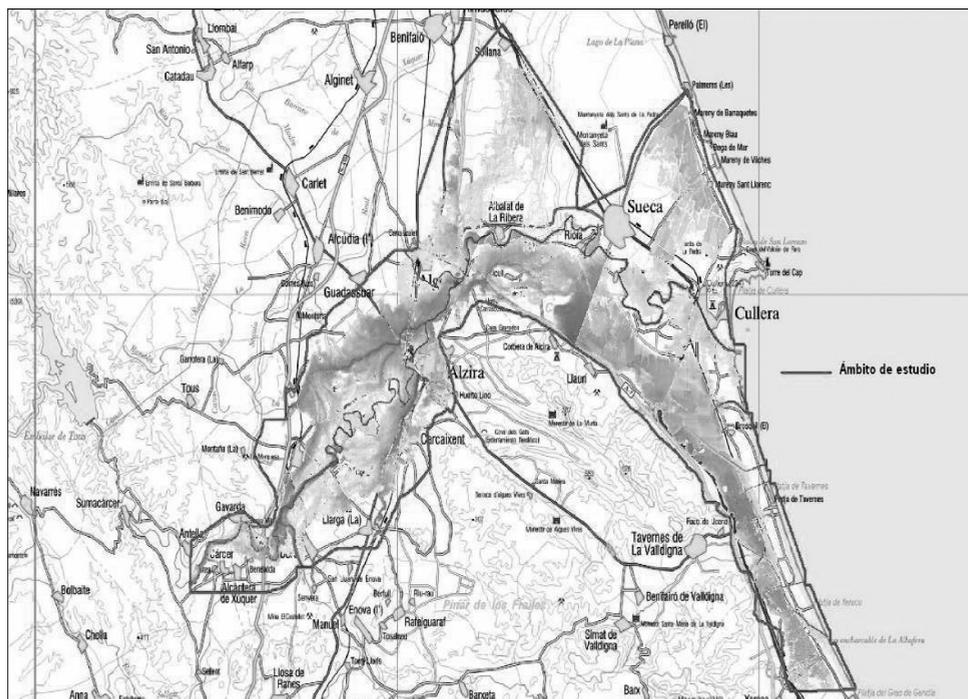


FIGURA 4. Simulación de calados para la avenida de periodo de retorno de 250 años en la alternativa base (situación actual + presas de laminación).

En consecuencia, se han estudiado soluciones más integradas en el medio, que imiten el funcionamiento natural del río en avenidas, delimitando corredores entorno a los cursos principales (ríos Júcar y Verde, barrancos Casella, Barxeta, Murta, Duc, etc.) y zonas de flujo preferente y de laminación hacia la Marjal Sur y L'Albufera, por donde discurrirán los flujos desbordados de forma controlada, de manera que los usos que se establezcan en estos corredores sean compatibles con su condición de zona inundable y con la conservación de los valores ambientales, paisajísticos y culturales que representan.

4. Objetivos y filosofía de los proyectos de acondicionamiento de cauces y mejora del drenaje

Las principales actuaciones estructurales derivadas del Plan Global se plasman en el desarrollo de dos proyectos constructivos:

- Proyecto de Acondicionamiento del Río Júcar entre Carcaixent y la Autopista AP-7 (Valencia).
- Proyecto de Mejora del Drenaje del Marjal Sur del río Júcar, T.M. de Alzira, Cullera y otros (Valencia).

Durante el proceso de redacción de los proyectos y el inicio de la evaluación de impacto ambiental, la Comisión de Protección frente a inundaciones del Plan de Recuperación del Júcar (PRJ) propuso nuevos criterios que se incorporaron a las soluciones propuestas, fundamentalmente:

- La conservación y restauración de ríos, teniendo en cuenta la visión de la conectividad longitudinal y transversal de la vegetación.
- La recuperación del uso público del espacio fluvial acorde con los valores ambientales y patrimoniales existentes, para conseguir así una mayor vinculación entre el río y la sociedad.

Los resultados de la fase de consultas de la evaluación de impacto ambiental obligaban a dar un enfoque integral, más dirigido hacia la restauración o recuperación del espacio fluvial y sus valores naturales, sociales y paisajísticos, que hacia actuaciones que pudiesen suponer una mayor «artificialización» del río. Este enfoque integral convergía hacia una solución que modificara lo menos posible el funcionamiento ordinario y en avenidas del río, buscando alternativas que consideren toda la llanura de inundación del Júcar como un conjunto, ya que es una única unidad hidrogeomorfológica, pero teniendo en cuenta los condicionantes territoriales existentes. Por otro lado, esta solución debe definir una llanura de inundación suficientemente amplia y claramente delimitada, y sentar las bases que permitan la futura ordenación de este territorio, haciendo compatible el desarrollo con la conservación del medio ambiente y la preservación del espacio propio del río Júcar, que éste reclama cada cierto tiempo. Para ello debe plantearse una solución compatible con el entorno en el que se enmarca, más completa que las soluciones puramente hidráulicas ejecutadas hasta la fecha.

En relación con las actuaciones estructurales en la llanura de inundación, su principal objetivo es ordenar las avenidas para reducir el riesgo de inundación que persiste, aún con las presas de laminación en funcionamiento, consiguiendo un nivel de protección razonable en las áreas urbanas y una reducción de los daños a cultivos durante los episodios de avenidas, tratando, al mismo tiempo, de respetar y potenciar la integridad de los valores ambientales, paisajísticos y culturales del entorno. Asimismo, se pretende mejorar la condición del río Júcar y de sus principales zonas de desbordamiento, de forma que constituyan un corredor ecológico que conecte esta ribera, la zona húmeda «Marjal y Estany de la ribera sur del Xúquer» y el parque natural de L'Albufera.

En el proceso de decisión se han considerado los siguientes aspectos, algunos de ellos innovadores en realizaciones de ingeniería hidráulica:

- Los objetivos medioambientales indicados en el texto refundido de la Ley de Aguas, DMA y de conservación de la naturaleza, en particular los de los espacios protegidos existentes en la llanura de inundación del Júcar.
- Funcionamiento de esta llanura de inundación, en particular, la extensión y las vías de evacuación de la inundación, compaginando el empleo de modelos físicos reducidos con programas informáticos de modelización, apoyados en topografía LIDAR de detalle.

- Estudio del tiempo de permanencia de la inundación y localización de las zonas con potencial de evacuación y/o retención de las inundaciones.
- Análisis de los costes y beneficios económicos y ambientales de las distintas alternativas.
- La ordenación del territorio y el futuro uso del suelo, en particular del espacio fluvial ampliado y de los corredores de avenidas.

4.1. Objetivos medioambientales

Estos objetivos se han establecido conforme a lo indicado en el texto refundido de la Ley de Aguas, en la Directiva Marco del Agua, los objetivos de conservación de los espacios y hábitats protegidos existentes en el ámbito de actuación (rio Júcar, Marjal Sur, Albufera de Valencia), así como los derivados del PRJ:

- Enfoque integral e integrado, basado en la restauración del espacio fluvial.
- Solventar el impacto social, económico y ambiental de las avenidas. Para ello y conforme a lo previsto en el Plan Global, el nivel de protección considerado es:
 - Zonas urbanas, entre 100 y 250 años
 - Zonas agrícolas y rurales, entre 25 y 50 años
- Proteger y mejorar las características ambientales de los espacios naturales presentes, al recuperar, conservar y/o ampliar el espacio fluvial, lacustre e inundable, en especial en las riberas de los ríos Júcar y Verde, Albufera, Marjal Sur y Estany de Cullera.
- Alterar lo menos posible la disponibilidad de recursos y los usos actuales del suelo.

4.2. Funcionamiento de la llanura de inundación del Júcar

Para conseguir estos objetivos ha sido fundamental el estudio detallado del funcionamiento de la llanura de inundación del Júcar en avenidas. De esta forma se ha podido determinar con gran exactitud la extensión y las vías de evacuación de la inundación, compaginando para ello el empleo de modelos físicos reducidos con modelos matemáticos de simulación hidráulica en dos dimensiones y en régimen hidráulico transitorio, debidamente calibrados y apoyados en MDT (con tamaño de celda 6 x 6 m) —obtenido a partir de cartografía LIDAR— y levantamientos topográficos de detalle de las infraestructuras relevantes.

Todo ello ha permitido obtener una gran precisión en los resultados que se extraen de las modelizaciones, tanto de la llanura de inundación en su conjunto, como de detalle para determinar el funcionamiento en los puntos más conflictivos.

Para la definición de las soluciones técnicas se ha analizado:

- La geomorfología del territorio, teniendo en cuenta las infraestructuras existentes que influyen en el flujo de la avenida.
- Los puntos conflictivos (cuellos de botella), que determinan los límites para las actuaciones estructurales, en especial:
 - Estrechamiento del río en el tramo urbano Alzira
 - Estrechamiento de la llanura de inundación en la confluencia del Magro, Murta-Duc y cruce de la AP-7
 - Desagüe de L'Estany de Cullera

De las modelizaciones de las avenidas y de los estudios geomorfológicos y del funcionamiento de la llanura aluvial se concluye que para mejorar el drenaje de la Ribera del Júcar y proteger a las poblaciones en caso de avenida sería conveniente potenciar y facilitar el funcionamiento natural de los fenómenos de avenidas, con actuaciones que mantengan

las direcciones preferentes de flujo y, en cierta medida, los caudales desbordados, pero de forma organizada y controlando la afección a poblaciones.

Es fundamental analizar el tiempo de permanencia de las avenidas, lo que permite localizar las zonas con potencial de retención de las inundaciones, para optimizar su funcionamiento y aprovechar al máximo su capacidad natural de laminación de las avenidas.

Así, se establecieron las siguientes directrices básicas de las actuaciones estructurales sobre la red de drenaje:

1. Potenciar el funcionamiento de la red de drenaje de la Ribera, manteniendo las cuencas de inundación contiguas (Rio Verde y Barranco Barxeta) y los flujos de desbordamiento preferentes (Albufera, Cullera, Marjal Sur) pero organizando el caudal de avenida de forma ordenada y protegiendo a las poblaciones que puedan verse afectadas mediante motas de protección.
2. Potenciar el desagüe en el Júcar de los caudales provenientes del Verde y del Barxeta, reduciendo el tiempo de inundación de sus correspondientes cuencas.
3. Potenciar el flujo del Júcar en las proximidades de Alzira, de forma que se favorezca el desagüe de los barrancos de la margen derecha.
4. Reducir el riesgo de aterramiento de L'Albufera y, al mismo tiempo, modificar lo menos posible su importante función de laminación. Igualmente, se deben reducir lo menos posible los aportes actuales de caudales en avenidas (sobre todo los menos extraordinarios: $T < 100$ años). Por ello se debe estudiar las posibilidades máximas de las otras salidas: desembocadura del río en Cullera y L'Estany, donde el agua con los sedimentos sí llega al mar.
5. Es preciso favorecer la salida al mar del flujo del Júcar dirigido por la Marjal Sur hacia Tavernes, ya que actualmente se encuentra muy reducida su salida y por lo tanto existe un elevado riesgo de inundación en las urbanizaciones de la playa de Tavernes, que se extiende hacia el sur hasta Xeraco. También hay que tener en cuenta que los marjales situados entre Tavernes y Xeraco, son zonas húmedas protegidas, que presentan un gran potencial para la laminación de avenidas y requieren para su conservación que se mantenga su carácter de zonas inundables por las avenidas del Júcar.
6. Los flujos de avenida de los ríos Xeraco y Vaca se dirigen por la marjal de Tavernes hacia la parte más baja de la Marjal Sur, buscando salida en L'Estany de Cullera, por lo que se debe mantener esta conexión de flujo para que funcione en ambos sentidos.
7. Permeabilizar las infraestructuras existentes, favoreciendo el drenaje en caso de avenida, evitando así el efecto barrera y los remansos que estas pueden producir, y reduciendo el tiempo de inundación.
8. Mantenimiento del sistema de acequias, potentes elementos articuladores de la red de drenaje y de los paisajes del agua, y fina adaptación a las geometrías aluviales del llano de inundación.

La conclusión fundamental es que se debe potenciar al máximo de sus posibilidades la red de drenaje actual de este territorio, ampliando el espacio fluvial pero de forma que pueda conservar unas cualidades ecológicas adecuadas.

4.3. Estudio del tiempo de permanencia de la inundación y localización de las zonas con potencial de evacuación y/o retención

A partir de las anteriores premisas, se plantearon distintas alternativas y se realizaron numerosas modelizaciones hidráulicas para diseñar actuaciones basadas en la geomorfo-

logía y funcionamiento en avenidas del llano de inundación del Júcar. Durante el proceso de decisión, se han estudiado comparativamente estas alternativas, analizado los costes y beneficios económicos y ambientales de cada posible solución, procurando minimizar al máximo los efectos negativos sobre población, espacios protegidos, infraestructuras, etc. Este estudio de soluciones se ha sometido a participación pública, para incorporar al proceso de decisión la opinión de las administraciones, grupos de interés, organizaciones y población interesada.

Una de las particularidades del proyecto es el establecimiento de amplios corredores de avenidas y de áreas de laminación naturales, para reducir la intervención sobre el territorio. Tras evaluar el coste-beneficio, se pueden establecer zonas de este tipo frente a actuaciones estructurales de mayor impacto económico y/o ambiental. Es recomendable que estas zonas, localizadas en torno a los cursos, masas de agua y zonas húmedas, coincidan con espacios protegidos, donde ya existen limitaciones de uso y cuyas propias características y adecuada gestión puede compatibilizar su conservación y mejora ambiental con la mitigación de daños sobre bienes y personas.

Como se indica en la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana (aprobada en fecha de 13 de enero de 2011, mediante el Decreto 1/2011, del Consell), la inclusión de los terrenos con riesgos significativos en el sistema territorial de la Infraestructura Verde conllevará efectos muy positivos por cuanto orientará la gestión de los suelos con valores naturales, paisajísticos y culturales a la mitigación de los riesgos. El sistema territorial de la Infraestructura Verde incorpora todos los espacios de mayor valor ambiental, paisajístico y cultural, así como los denominados críticos por ser susceptibles de riesgos naturales e inducidos. Todos estos espacios tienen que formar una red continua en el territorio para lo que se incluyen en esta infraestructura los elementos de conexión biológica y territorial que garanticen la permeabilidad de este sistema y, al mismo tiempo, contribuyan a mejorar la diversidad biológica global del territorio.

Las tendencias en este campo pasan por potenciar estas zonas de absorción del riesgo, estableciendo mecanismos de compensación, que pueden llegar incluso a su expropiación para evitar conflictos. No obstante, la planificación de estas zonas se debe compatibilizar con obras estructurales allá donde los riesgos afecten a las personas, tal y como ocurre en algunas áreas urbanas de la llanura de inundación del Júcar, como Alzira y Carcaixent.

Las acciones estructurales y las no estructurales deben favorecer los procesos naturales en la medida que éstos sean viables económica, social y ambientalmente. Hay que tener en cuenta que la naturaleza y la biodiversidad, en ocasiones, se benefician del fenómeno del riesgo de inundación, por lo que es recomendable convivir con un grado asumible de riesgo en aquellas zonas donde los posibles daños sean menores, sobre todo para la población.

En el caso del Júcar esta consideración se debe aplicar especialmente en el ámbito de las zonas húmedas incluidas en su llanura de inundación (Albufera, Marjal Sur, Marjal de La Safor) que constituyen las principales áreas naturales de laminación de las avenidas. En las zonas húmedas de L'Albufera y Marjal Sur se practica el cultivo del arroz, en extensas superficies inundables. Este cultivo constituye uno de los usos más compatibles con la inundación, ya que se trata de marjales transformados, con muy baja densidad de edificaciones e infraestructuras (generalmente de uso agrícola), donde el riego se realiza mediante inundación controlada y cuyo ciclo de cultivo ha finalizado en octubre, época de mayor riesgo de gota fría. Al mismo tiempo su consideración como zona inundable protegida permitirá conservar a largo plazo los valores ambientales, culturales y paisajísticos de estos marjales cultivados.

4.4. Análisis de los costes y beneficios económicos y ambientales de las distintas alternativas

La defensa frente a avenidas produce efectos positivos directos, principalmente por un incremento en la seguridad asociada a la ordenación del territorio (correcta ubicación de los crecimientos urbanísticos, de las dotaciones, de las zonas industriales, etc.), al adecuado diseño de las infraestructuras (carreteras, ferrocarriles, tendidos eléctricos, etc.), un efecto tranquilizador en los núcleos urbanos afectados por el riesgo, generación de de empleo durante la ejecución de las obras, y, tal y como está concebido el presente proyecto, diversos efectos sobre la mejora del medio ambiente ya comentados (recuperación y mejora del espacio fluvial y de la llanura de inundación del Júcar, restauración de hábitats fluviales y propios de zonas húmedas, ordenación mediante usos compatibles con la inundación, establecimiento de corredores ecológicos, etc.).

Igual de importante o más es la reducción de los efectos negativos de las avenidas, cuando se consigue evitar o disminuir los daños que afectan a la población, a los núcleos urbanos, industrias, a las vías de comunicación, cultivos y explotaciones agrarias, viviendas en medio rural, a la propia infraestructura hidráulica, al medio natural y los ecosistemas, etc. Además se producen durante las avenidas daños indirectos como consecuencia de la paralización de las comunicaciones, de las actividades económicas y laborales, etc., hasta que se normaliza la situación.

En el «*Estudio económico de las Presas de Tous, Escalona y Bellús para defensa contra avenidas en el Río Júcar*» (CEDEX, 1990), se valoraron económicamente estos daños con considerable precisión, ya que recientemente se habían producido las avenidas de 1982 y 1987. Estas cifras convertidas a euros corresponden a 935.775.847 € en el caso de la avenida del 82 y a 492.228.913 € en el caso de la del año 87. Estos importes actualizados a 2011 representan un importe de 2.217.789 € en el caso de la avenida del 82 y de 1.166.582 € en el caso de la del año 87. Según se indica en este estudio económico la primera avenida correspondería a un periodo de retorno de 500 años y la segunda a una avenida que se podría producir cada 50 años.

Como se indica en el documento referente a los riesgos naturales e inducidos de la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana, según un informe del Consorcio de Compensación de Seguros y el Instituto Geológico y Minero, en el periodo 1987-2002 las pérdidas por riesgos sitúan a la Comunitat Valenciana en segundo lugar detrás de Andalucía, totalizando el 28% de las pérdidas del conjunto nacional. Este mismo estudio estima unas previsiones para el periodo 2004-2030, el horizonte de esta Estrategia, que confirman esta realidad. Además, el Observatorio Europeo de Ordenación de Territorio (ESPON), señala a las provincias de la Comunitat Valenciana entre las de mayores riesgos en el conjunto europeo, destacando las inundaciones y sequías como más importantes además de la sismicidad, tormentas de granizo, olas de frío y calor y temporales de viento.

Según dicho informe, Valencia se incluye entre las provincias que sufrieron las mayores pérdidas por inundaciones en el periodo 1987-2001 (más de 1.300 M€) y que la estimación para el periodo 2004-2033 sitúa estas pérdidas por encima de los 2.500 M€. El principal riesgo de inundación de la provincia de Valencia corresponde a las avenidas masivas del río Júcar, objeto de los presentes proyectos de defensa frente a inundaciones.

Se ha estimado que el coste conjunto de todas las actuaciones derivadas del Plan Global, que incluye la construcción de las 3 Presas de laminación (Montesa, Sellent y Marquesado), el Proyecto de Acondicionamiento del Río Júcar entre Carcaixent y la AP-7, y el Proyecto de Mejora del Drenaje de la Marjal Sur del Júcar, sea inferior a los 2.500 M€, es decir por debajo de la estimación de daños por inundaciones en la provincia de Valencia para el

periodo 2004-2033, y ligeramente superior al coste actualizado de los daños producidos por la avenida del año 82.

En cualquier caso está previsto reducir el coste total de las actuaciones del Plan Global, en particular a lo referente a la reutilización de los excedentes de tierras (estimados en un total de 10 millones de m³), para la restauración de graveras y canteras próximas a las actuaciones. Además de los evidentes beneficios ambientales y paisajísticos, esto conseguiría abaratar sustancialmente esta partida de los proyectos, estimada actualmente entre 300 y 500 M€.

Además se deben considerar otros beneficios sociales y ambientales que implica la defensa frente a avenidas, de más compleja cuantificación, como la ampliación y mejora del espacio fluvial y de los ecosistemas asociados, el establecimiento de un amplio corredor verde que vertebré el territorio y donde se restrinjan los usos no compatibles con el riesgo de inundación y la conservación del medio ambiente.

Para el análisis de alternativas de las distintas actuaciones se ha considerado el coste-beneficio que implica cada una de ellas, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos, ambientales, etc. que implica cada posible solución.

Para la selección de la solución óptima, se ha analizado la relación entre las dimensiones del cauce de avenidas, el excedente de tierras generado que puede ser reutilizado, el incremento que se consigue de la capacidad de drenaje del Júcar y del desagüe de los barrancos de la margen derecha (Casella y Barxeta) y el potencial ecológico para la restauración del cauce resultante.

Atendiendo a estos factores, a los objetivos del Plan y al conjunto de condicionantes existentes, se consideró que la consistente en un cauce en tierras de unos 150 m de anchura, es la más adecuada porque permite mejorar sensiblemente la situación respecto a las avenidas del Júcar, alcanzar los umbrales de protección establecido en el Plan Global (25-50 años en zonas agrícolas y 100-250 en zonas urbanas, incluidos Alzira y Carcaixent) y, a la vez, acometer una rehabilitación y mejora de las riberas y del estado ecológico del Júcar, así como de su función como corredor biológico.

4.5. La ordenación del territorio y el futuro uso del espacio fluvial y de los corredores de avenidas

La mayor parte del corredor de avenidas y de las áreas de laminación corresponde a terrenos de cultivo, donde existe la posibilidad de compatibilizar los usos agrícolas con el carácter de zona inundable que poseen. En las **áreas donde es necesario modificar la morfología mediante excavaciones**, se recuperarán hábitats de ribera y marjal entorno a los cauces y masas de agua naturales, pero también es posible en algunas zonas establecer usos agropecuarios más compatibles que los actuales, como es el caso de la actuación de Derivación hacia la Marjal Sur (400 ha). Los usos a promover en esos terrenos agrícolas deberán ser acordes con las limitaciones precisas para el correcto flujo de las avenidas. Serían usos tradicionales y técnicas de producción ecológica que son más compatibles con la condición de zonas inundables y que producen menor impacto sobre el medio fluvial y humedales, como arrozales, cultivos hortícolas y la ganadería no intensiva, preferentemente de producción ecológica y/o integrada, para disminuir el riesgo de contaminación ya que se trata de corredores de avenidas.

Algunas de las opciones que se proponen para asegurar la correcta gestión de estas zonas son las siguientes, no excluyentes entre sí:

- Plan de gestión del riesgo de inundación (DI)
- Fórmulas de custodia del territorio

- Seguros, subvenciones lucro cesante, etc.
- Planes de protección de espacios y corredores ecológicos, y de ordenación.

Entre los criterios que se deberán considerar para la selección de los usos y modalidades de gestión se incluirá la minimización de daños por inundación, la compatibilidad y reducción del futuro mantenimiento de los corredores, la sostenibilidad a largo plazo de las soluciones, etc.

5. Diseño de las actuaciones

Con las premisas anteriores se han diseñado las actuaciones finalmente propuestas, evaluadas de forma conjunta mediante un modelo integral en el que se ha seguido el proceso sintetizado en el esquema de la Figura 5.

En el tramo de la ribera del río Júcar comprendido entre Carcaixent y la autopista AP-7 (ampliado finalmente hasta Albalat de La Ribera) se plantean las siguientes actuaciones (Figura 6):

- Acondicionamiento del río Júcar entre Carcaixent y la Autopista AP-7
- Mejora del Drenaje de la Marjal Sur

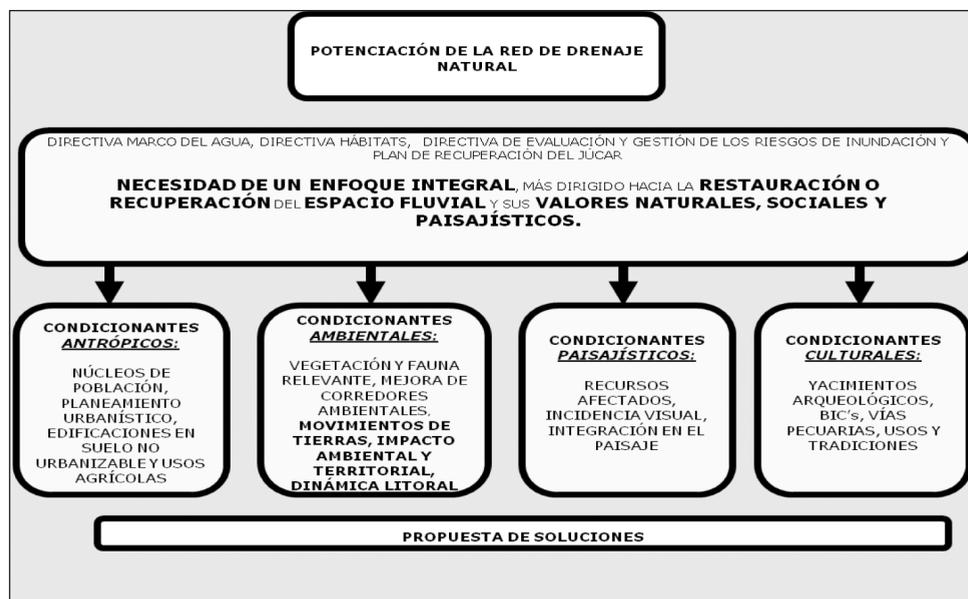


FIGURA 5. Proceso de diseño de las actuaciones.

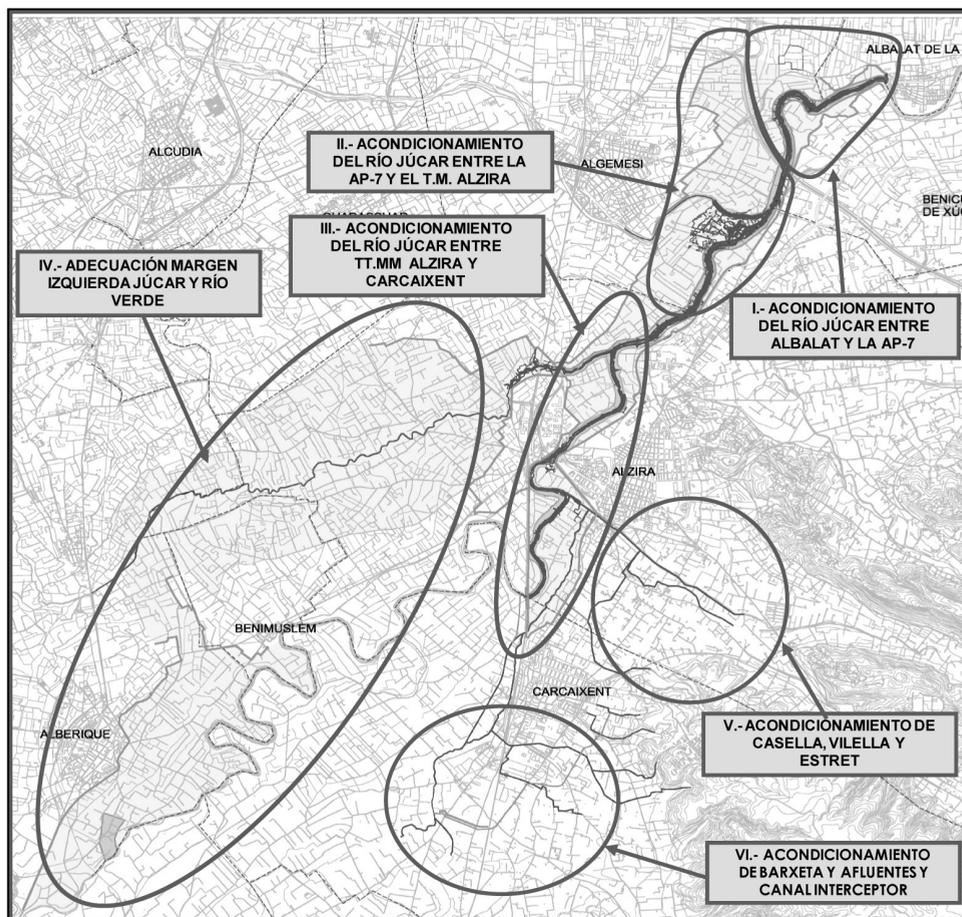


Figura 6. Planta general de actuaciones del Proyecto de Acondicionamiento del río Júcar entre Carcaixent y la Autopista AP-7.

5.1. Proyecto de Acondicionamiento del río Júcar entre Carcaixent y la Autopista AP-7

Comprende las siguientes actuaciones:

- Acondicionamiento del río Júcar (9 km) y río Verde (0,8 km) mediante la creación de un cauce de avenidas excavado, con capacidad para la avenida de 100 años, sin modificar el cauce ordinario (Figura 7). El resto de la avenida discurrirá por los cultivos contiguos, y se controlará la extensión de la inundación mediante motas de protección de zonas urbanas, diseñadas para la avenida de 250 años. Incluye también la restauración de la vegetación de ribera y su conservación en aquellos tramos donde presenta mayor valor. La superficie aproximada de los acondicionamientos del río Verde y del río Júcar es de 210 ha.
- Acondicionamiento de los barrancos de la margen derecha (33,1 km), que generan problemas de inundabilidad en el entorno (Barxeta y afluentes, Casella, Vilella y

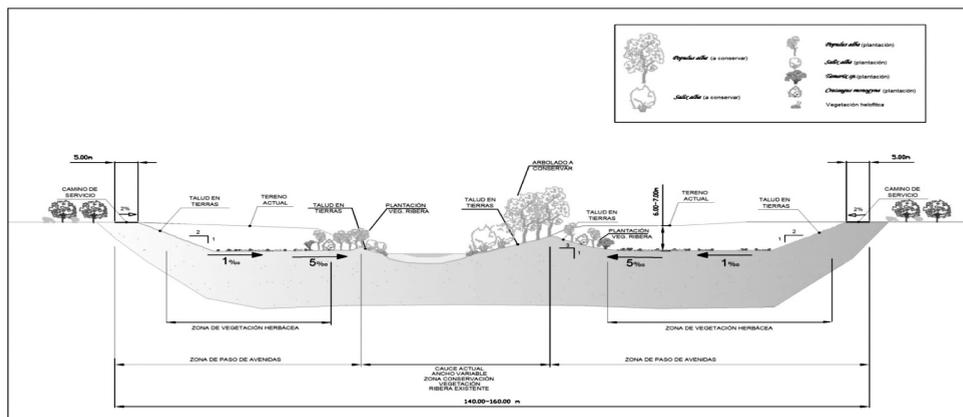


FIGURA 7. Sección tipo del acondicionamiento del Júcar.

Estret), con el lecho en terreno natural y taludes con geoceldas recubiertas de tierra vegetal e hidrosebradas. La superficie aproximada de la actuación es de 56 ha.

- Ordenación de las zonas de desbordamiento natural del río mediante motas de protección urbana mediante motas, como las que se proponen para proteger Alberique y Benimuslem del desbordamiento del Júcar hacia el río Verde. Las motas configuran sendos corredores fluviales en la ribera del río Júcar (788 ha) y en el río verde (1.756 ha).

La Figura 8 muestra una simulación en 3D de la solución propuesta.

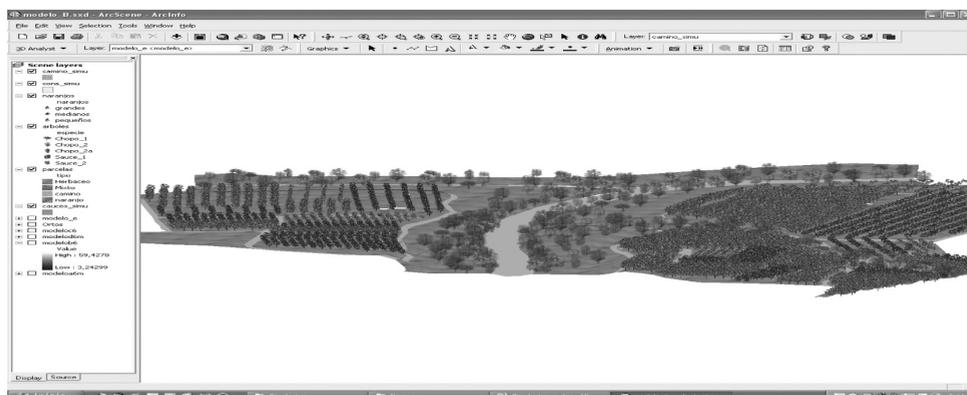


FIGURA 8. Simulación en 3D de la solución propuesta.

5.2. Proyecto de Mejora del Drenaje de la Marjal Sur

Se localiza en las áreas de desbordamiento del Júcar aguas abajo de la autopista AP-7, entre Alzira, Sollana y Cullera, en el Barranco del Duc y en el tramo final del Barranco de la Murta.

Las actuaciones propuestas son las siguientes (Figura 9):

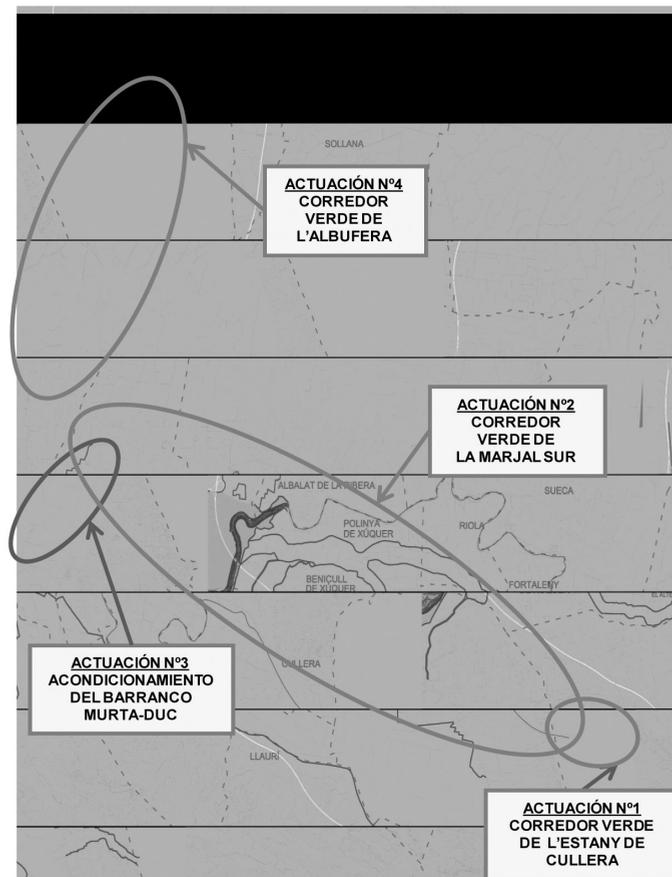


FIGURA 9. Planta general de actuaciones del Proyecto de Mejora del Drenaje de la Marjal Sur.

- Corredor verde entre motas (Figuras 10 y 11) para permitir el paso de la avenida de diseño sin afectar a las zonas urbanas y generar un espacio público que propicie la recuperación ambiental del entorno (riberas y marjal), así como otros usos compatibles con el carácter de zona inundable (huerta, pastizal-juncal, etc.). Asimismo, se contempla la mejora de la desembocadura del Júcar por L'Estany de Cullera. La superficie de la actuación es de unas 56 ha.
- Derivación y corredor verde de la Marjal Sur (Figura 12), de manera que la avenida discorra por los arrozales, controlada por pequeñas motas, buscando la salida por L'Estany de Cullera. La superficie aproximada de la actuación es de 2.400 ha, de las que 400 —correspondientes a la derivación— serán objeto de reconfiguración morfológica mediante excavación de tierras y cambio de uso.
- Acondicionamiento y adecuación del barranco Murta-Duc (5 km), con el lecho en terreno natural y taludes con geoceldas recubiertas de tierra vegetal e hidrosembradas.
- Ordenación y acondicionamiento de las zonas de desbordamiento natural del río Júcar hacia L'Albufera, Marjal Sur y marjal de Tavernes de la Valldigna mediante permeabilización de infraestructuras, creación (excavación) de depresiones fluviales



FIGURA 10. Trazado de las motas del corredor verde de L'Estany de Cullera y ampliación de la desembocadura al mar.



FIGURA 11. Sección tipo del corredor verde de L'Estany.



FIGURA 12. Sección tipo del corredor verde de la Marjal Sur.

y motas de delimitación de corredores y protección urbana. La actuación cubre una superficie aproximada de 2.000 ha.

6. Conclusiones

A la vista de todo lo anteriormente expuesto pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- 1) El Plan Global frente al riesgo de inundación en la Ribera del Júcar representa una solución integrada, integral y sostenible, basada en la recuperación y mejora del espacio fluvial y de su función como corredor vertebrador del territorio, que compatibiliza los criterios de defensa frente a avenidas con los aspectos sociales, paisajísticos, ambientales y económicos.
- 2) Las soluciones propuestas, consensuadas a través de procesos de participación pública, suponen una reducción importante de las actuaciones estructurales, más «duras», lo que implica conservar la función propia de la llanura de inundación en una mayor superficie. La mayor parte corresponde a terrenos de cultivo donde existe la posibilidad de compatibilizar los usos agrícolas con su carácter de zona inundable. En las áreas donde se modifica la morfología se recuperan hábitats de ribera y marjal, pero también es posible establecer usos agropecuarios compatibles.
- 3) Los usos a promover en esos terrenos agrícolas deberán ser acordes con las limitaciones precisas para el correcto flujo de las avenidas. El objetivo será favorecer aquellos usos tradicionales y técnicas de producción ecológica o integrada, que son más compatibles con las condiciones de zonas inundables y que producen menor impacto sobre el medio fluvial y los humedales, como son: los cultivos del arroz y horticolas, y la ganadería no intensiva.
- 4) Para asegurar la correcta gestión de estas zonas se plantean diversas opciones, no excluyentes entre sí, como son: plan de gestión del riesgo de inundación (Directiva 2007/60/CE), fórmulas de custodia del territorio, figuras de protección de espacios y corredores ecológicos, subvenciones por lucro cesante, seguros, etc.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a las empresas INTERCONTROL, S.A., INCLAM, S.A., PROINTEC, S.A. y PyG, S.L., redactoras de los proyectos «Acondicionamiento del río Júcar entre Carcaixent y la autopista AP-7» y «Mejora del Drenaje del Marjal Sur», sus decisivas contribuciones para la elaboración de este artículo.

Bibliografía

- CARMONA, P. y SEGURA F. (1989): *La inundación de la Ribera del Xúquer en noviembre de 1987*. Cuadernos de Geografía 46, 97-106.
- CEDEX: *Cartografía de riesgo de inundación en la ribera del Júcar*. Ministerio de Medio Ambiente.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR (1997): *Plan Hidrológico de cuenca del Júcar*.
- GENERALITAT VALENCIANA (1997): *Delimitación del riesgo de inundación a escala regional en la Comunidad Valenciana*.
- GENERALITAT VALENCIANA (2002): *Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación den la Comunidad Valenciana* (PATRICOVA).

- GIL, A. (2010): *Directiva 2007/60/CE sobre evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Investigaciones Geográficas* 51, 271-274.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (2006): *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación.*
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (2008): *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración.*
- LA ROCA, N. y CARMONA, P. (1983): *Fotointerpretación de la Ribera del Xúquer después de la inundación de octubre de 1982. Cuadernos de Geografía* 32-33.
- OLCINA, J. (2009): *Cambio climático y riesgos climáticos en España. Investigaciones Geográficas* 9, 197-220.

Referencias legales

- DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DMA): *Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.*
- DIRECTIVA DE INUNDACIONES (DI): *Directiva 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.*
- REAL DECRETO 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), modificado por el RD 9/2008, de 11 de enero.
- REAL DECRETO 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH).
- REAL DECRETO 903/2010, de 9 de julio: Evaluación y gestión de riesgos de inundación (transposición al ordenamiento jurídico español de la DI).
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA).