



MINISTERIO
DE FOMENTO

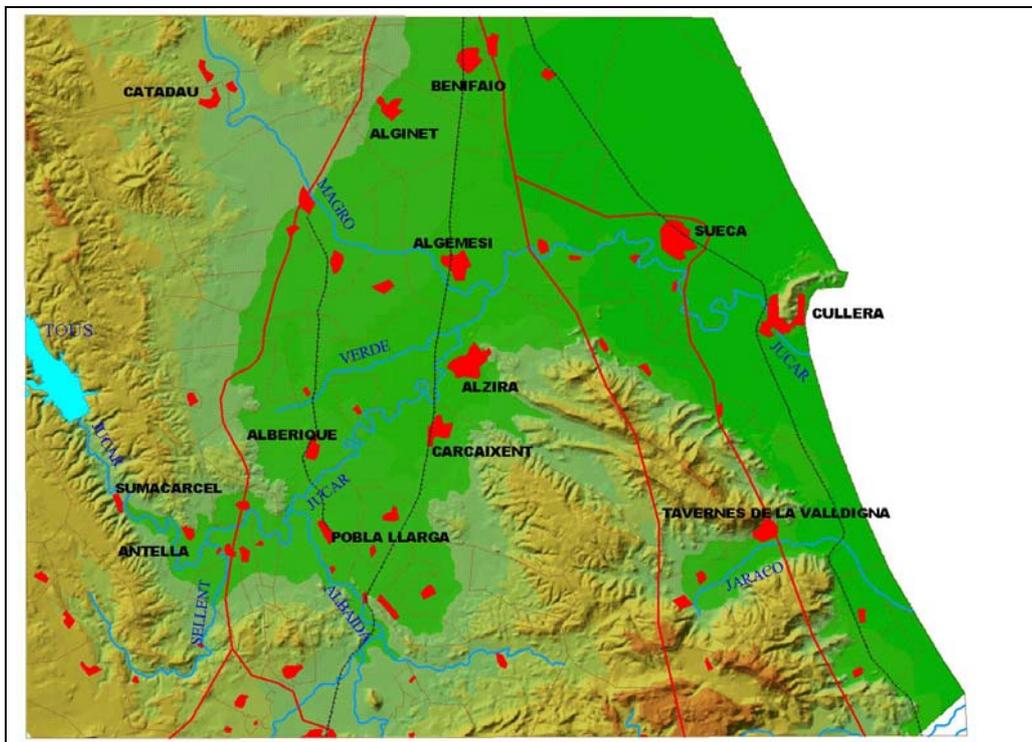
MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

SECRETARÍA DE ESTADO DE AGUAS Y
COSTAS
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS
Y CALIDAD DE LAS AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

MEMORIA RESUMEN

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA RIBERA DEL JÚCAR



Abril 2002

MEMORIA RESUMEN

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL DOCUMENTO	4
2	EL PLAN GLOBAL FRENTE A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL JÚCAR.....	7
3	EL PROGRAMA DE CARTOGRAFÍA DE RIESGO	11
4	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES.....	16
5	ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO	21

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL DOCUMENTO

El Júcar es un río que se caracteriza por tener un régimen hidrológico con importantes crecidas que producen desbordamientos de los cauces, inundan las márgenes y son causa de daños considerables en los terrenos y poblaciones que alcanzan. La gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios del río hace que el problema de las inundaciones en la cuenca del Júcar revista una especial importancia, sobre todo en las zonas inundables de las Riberas Alta y Baja, tal como han puesto de manifiesto las distintas avenidas históricas que se han producido, entre las que cabe destacar la de 1864, con un caudal máximo a la entrada a la Plana de inundación de 13.000 m³/s o las más recientes de 1982 y 1987 con 15.000 m³/s y 5.200 m³/s, respectivamente.



Inundación de 1987 en la Ribera Baixa del Júcar



Inundación de 1987 en el cruce del río Júcar con la autopista A-7



El río Júcar aguas arriba de Alzira

Como consecuencia de la avenida catastrófica de octubre de 1982, que produjo la rotura de la presa de Tous, se realizaron una serie de actuaciones en la cuenca, entre las que destaca la construcción de la nueva presa de Tous en el río Júcar, la de Bellús en el río Albaida y la de Escalona en el río del mismo nombre, lo que ha contribuido a que se produzca una disminución muy significativa de la frecuencia y magnitud de las crecidas en la Ribera. Sin embargo, a pesar de esta nueva situación, los posibles vertidos de las presas mas las escorrentías naturales de las cuencas no controladas, son aún capaces de producir inundaciones en el territorio.



Rotura de la presa de Tous y nueva presa

La complejidad y magnitud de los problemas de inundaciones que todavía sufre la Ribera del Júcar ha conducido a que la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), con la asistencia técnica del CEDEX, haya puesto en marcha el *Plan Global frente a las inundaciones en la Ribera del Júcar*, basado en estudios técnicos rigurosos y en un proceso de participación pública e institucional. Este Plan incluye una serie de Programas que cubren el conjunto de actuaciones estructurales y no estructurales propuestas y cuya

eficaz ejecución requiere una adecuada cooperación entre las distintas administraciones e instituciones implicadas.

El eje conductor de las medidas no estructurales previstas en este Plan es el Programa de Cartografía de Riesgo, que se encuentra en este momento en fase de desarrollo. El objeto de este documento es precisamente presentar los mapas de inundabilidad en la Ribera del Júcar en la situación actual y una zonificación del riesgo que actualiza la realizada a una escala de menor detalle en el marco del Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA).

2 EL PLAN GLOBAL FRENTE A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL JÚCAR

La avenida extraordinaria de octubre de 1982, que provocó la rotura de la presa de Tous e importantes inundaciones en la Ribera del río Júcar planteó la necesidad de estudiar distintas medidas estructurales para reducir los efectos de las inundaciones y condujo al *Plan General de Defensas contra avenidas en la cuenca del Júcar*, que incluía los embalses de Escalona, Tous y Bellús, actualmente ya construidos.

El conjunto de las presas citadas resulta de gran efectividad para las avenidas que se producen en la cuenca alta y disminuye significativamente el riesgo de inundación. No obstante, si las avenidas se producen en la cuenca baja, su papel es mucho menos efectivo. Un ejemplo de ello fueron, entre otras, las recientes crecidas de septiembre de 1997 y octubre de 2000, que a pesar de no ser de una gran magnitud, provocaron desbordamientos en algunos tramos del río Júcar y de sus afluentes.



Inundación del año 2000 en el río Magro



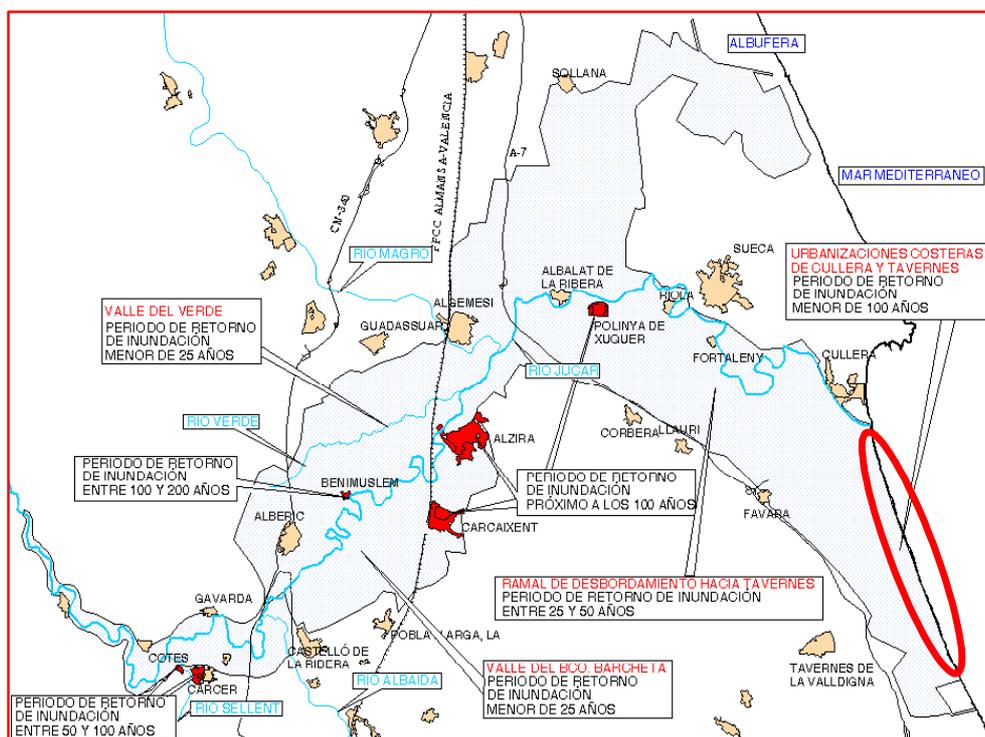
Inundación del año 2000 en el río Magro

La vigencia y magnitud del problema de inundaciones en la Ribera del Júcar y la necesidad de un tratamiento global que coordine a las distintas administraciones dificulta el diseño de soluciones factibles desde el punto de vista de inversión pública, de impacto ambiental y territorial y de aceptación generalizada por parte de los agentes sociales implicados.

En este sentido, la Confederación Hidrográfica del Júcar consideró que la disponibilidad de estudios técnicos rigurosos que puedan ser analizados de forma transparente, así como el diseño de sistemas de participación pública e institucional adecuados, resultaban imprescindibles para alcanzar un Plan Global en la Ribera del Júcar, que planteara de forma más general la resolución del problema.

Las estrategias de actuación en materia de avenidas incluidas en el Plan Global admiten la clásica distinción entre medidas estructurales, que actúan sobre los mecanismos de formación y propagación de las avenidas mediante la construcción de obras, y las no estructurales, que reducen o palian los daños o los impactos sociales que la avenida produce.

La forma de obtener la protección más eficaz consiste en elaborar estrategias de actuación que combinen ambos tipos de medidas. En este sentido, el Plan fija como objetivo unos umbrales de protección estructural adecuados que permitan lograr niveles homogéneos de seguridad en todo el territorio y cubren los riesgos superiores con programas de medidas no estructurales. El objetivo del Plan es alcanzar los siguientes umbrales de protección estructural: caudales con períodos de retorno comprendidos entre 100 y 250 años para zonas urbanas y entre 25 y 50 años para zonas agrícolas.



Zonas con mayor riesgo de inundación por las avenidas del río Júcar. Fuente: Plan Global frente a las inundaciones en la Ribera del Júcar

Las actuaciones previstas en el Plan se agrupan en los siguientes Programas:

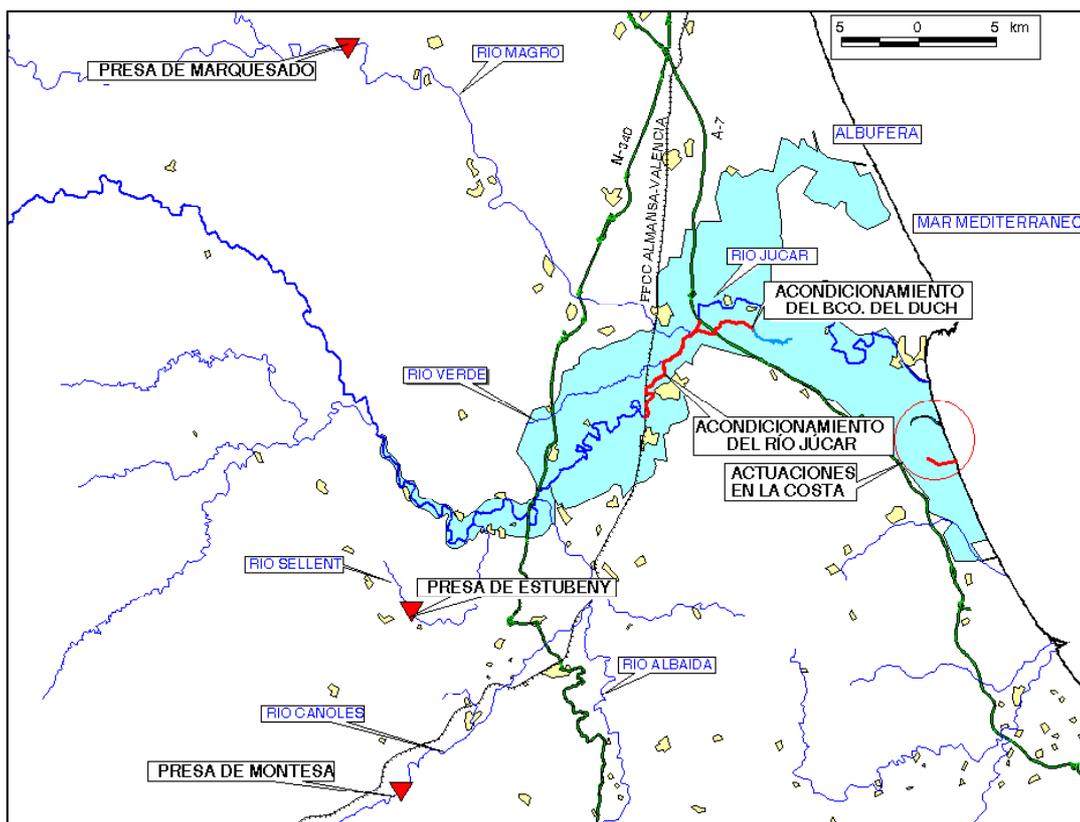
A.- Actuaciones estructurales

- Programa de estructuras de laminación
- Programa de acondicionamiento de cauces
- Programa de restauración hidrológico-forestal
- Programa de mejora del drenaje transversal de las vías de comunicación

B.- Actuaciones no estructurales

- Programa de cartografía de riesgo
- Programa de actuación en protección civil
- Programa de ordenación territorial
- Programa de seguros

Las principales actuaciones estructurales propuestas en el Plan tienen un doble objetivo: reducir los caudales generados mediante presas de laminación en los ríos Sellent, Cánoles y Magro y rebajar los niveles en el cauce del río Júcar acondicionando el tramo comprendido entre la autopista A-7 y la incorporación del barranco de Barxeta.



Principales actuaciones estructurales propuestas. Fuente: Plan Global frente a las inundaciones en la Ribera del Júcar

Estas actuaciones estructurales, a realizar fundamentalmente por la administración hidráulica, se completan con distintas actuaciones no estructurales, entre las que el Programa de Cartografía de riesgo es claramente el eje conductor.

La puesta en práctica efectiva de las actuaciones incluidas en los ocho Programas en que se estructura el Plan requiere un importante esfuerzo por parte de las distintas instituciones y administraciones implicadas en el mismo. Este esfuerzo no es sólo inversor, sino también de medios técnicos y humanos para materializar las distintas propuestas de forma coordinada. Esta coordinación se ha iniciado de forma relativamente informal creando una Comisión de Seguimiento del Plan, en la que están representadas las siguientes instituciones y organismos:

- Ministerio de Interior
- Ministerio de Fomento
- Ministerio de Medio Ambiente
- Consellería de Presidencia de la Generalitat Valenciana
- Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Generalitat Valenciana
- Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana
- Consellería de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana
- Diputación Provincial de Valencia

- Mancomunidad de la Ribera Alta
- Mancomunidad de la Ribera Baja
- Comunidades de Regantes
- Organizaciones profesionales agrarias
- Organizaciones ecologistas

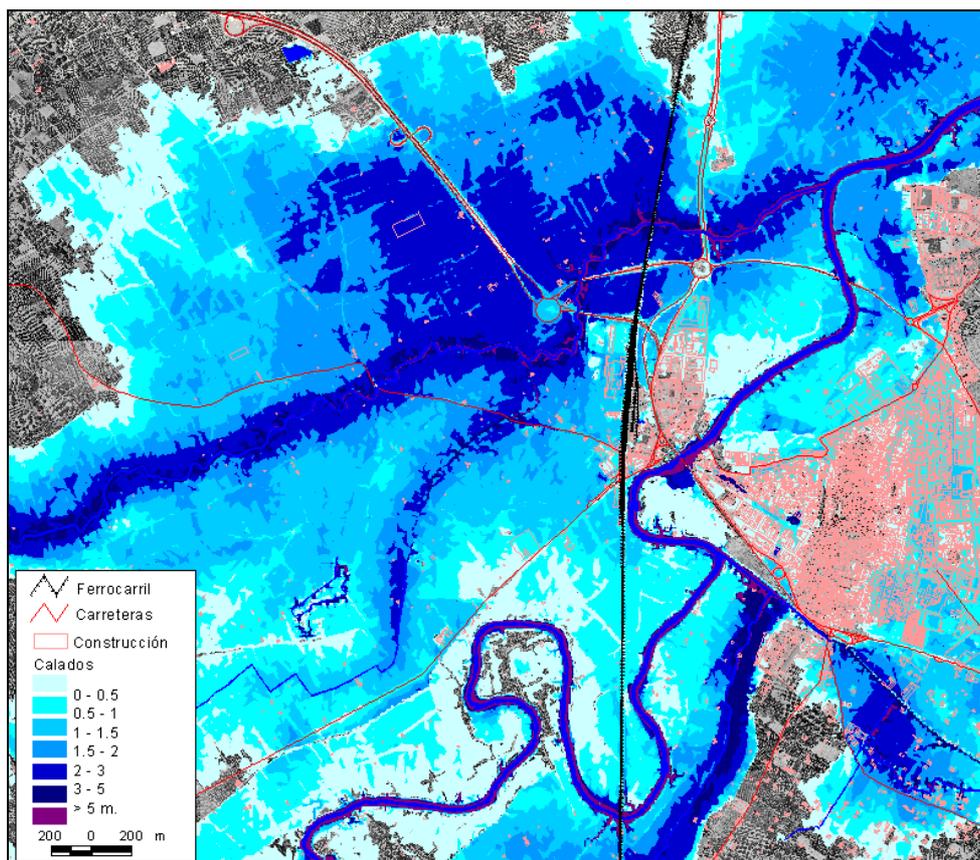
En la actualidad, esta Comisión está configurada como un foro que enriquece los distintos trabajos técnicos realizados por la Confederación Hidrográfica del Júcar en colaboración con el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

3 EL PROGRAMA DE CARTOGRAFÍA DE RIESGO

Las actuaciones no estructurales complementan las medidas estructurales por encima de su umbral de protección, teniendo una gran efectividad y en general un coste económico sensiblemente inferior a éstas. No obstante, plantean dificultades de aplicación y requieren una difícil coordinación entre las distintas administraciones implicadas. Esta coordinación debe realizarse en un marco legal complejo con distintos ámbitos competenciales, lo que hace que sean escasas las experiencias significativas en nuestro país.

La realización de una cartografía de riesgo es un paso previo ineludible a la puesta en práctica de cualquier tipo de medida no estructural y por tanto esencial para poder llevar a cabo una gestión eficaz de las zonas inundables. Esta realidad es recogida expresamente por la Comisión del Senado sobre riesgos naturales al incluir como primera acción preventiva no estructural a corto plazo la elaboración de un *Programa Nacional de Cartografía Temática de Zonas Potencialmente Inundables y su Nivel de Riesgo Asociado*. A este respecto, en esa Comisión del Senado se indica expresamente que este Programa *debería ser el instrumento capital que oriente e informe todas las políticas, estrategias y medidas que deben acometerse para prevenir las inundaciones y reducir sus consecuencias*.

La cartografía de riesgo debe reflejar a una escala adecuada la peligrosidad de cada zona frente a las inundaciones, caracterizando para ello tanto la frecuencia de las mismas como la magnitud de las principales magnitudes hidráulicas.



Calados máximos para la avenida de 100 años en Alzira

La relación entre cartografía de riesgo y las medidas de protección civil y de ordenación del territorio es indudable, por lo que la participación de la administración local y autonómica en estos trabajos cartográficos es necesaria. No obstante, la competencia de la administración hidráulica en las actuaciones estructurales y en la vigilancia de la zona de policía del dominio público hidráulico justifica que la Confederación Hidrográfica del Júcar haya iniciado el Programa de Cartografía de Riesgo.

En particular, este programa se ha iniciado con la *Elaboración de una cartografía de riesgo de inundación en la Ribera del Júcar* incluida en el Convenio de colaboración entre la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA) y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para el *Estudio del análisis de distintas actuaciones de defensa frente a las avenidas del río Júcar*.

La existencia de una cartografía de riesgo común a disposición de la administración local y autonómica permitirá un mejor desarrollo de los Planes de Actuación municipal ante el riesgo de inundaciones, que deben ser elaborados de acuerdo con el Plan Especial ante el riesgo de inundaciones en la Comunidad Valenciana y la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones*. Asimismo, la utilidad de esta cartografía resulta evidente para las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo y el traslado a las mismas por parte del organismo de cuenca es un mandato expreso en el marco legal español.

Es evidente por otra parte que esta cartografía de riesgo va a estar muy relacionada con las actuaciones de distintos estamentos de la Administración.

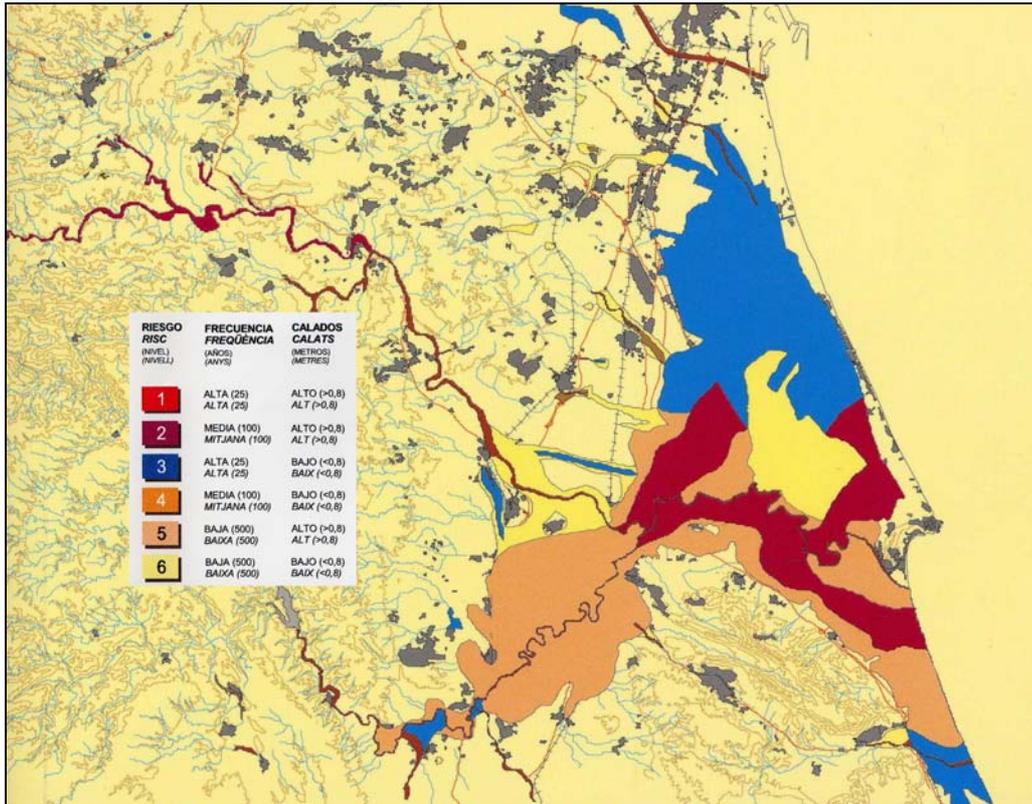
El sistema Español de Protección Civil, aunque de creación relativamente reciente, ha tenido en los últimos años un importante desarrollo normativo y una acelerada implantación a escala local, autonómica y estatal.

Las Norma Básica de Protección Civil, aprobada por Real Decreto 407/1992 de 24 de abril, determina que este riesgo frente a las inundaciones será objeto de Planes Especiales en aquellos ámbitos territoriales que lo requieran. El establecimiento de los requisitos mínimos de estos Planes Especiales es el objeto de la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones* publicada mediante resolución de 31 de enero de 1995 de la Secretaría de Estado de Interior.

En la Comunidad Valenciana el *Plan Especial ante el Riesgo de Inundaciones* ha sido formalmente aprobado por Decreto 156/1999, de 17 de septiembre del Gobierno Valenciano. Entre sus contenidos se incluye la realización de un análisis del riesgo frente a las inundaciones en la Comunidad Valenciana. Estos trabajos han conducido a la elaboración de una cartografía de riesgo a escala 1:50.000 adaptada a los criterios de la Directriz Básica, clasificando el territorio en 3 zonas de riesgo en función de la peligrosidad (6 niveles) y de los usos del suelo existentes.

Un interesante y valioso antecedente del trabajo que aquí se presenta es el Mapa Regional del Riesgo de Inundación (primero realizado en España a escala 1:50.000), elaborado por la Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte (COPUT) y contenido en la Cartografía Temática sobre *Delimitación del Riesgo de Inundación a Escala Regional en la Comunidad Valenciana* publicada por la COPUT en 1997. Para la realización del citado mapa se aplicó una metodología de análisis regional para definir el riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana a partir de la probabilidad de ocurrencia de la inundación en una determinada zona y de los calados alcanzados. Este mapa de riesgo es de obligada consulta en la redacción de los planes urbanísticos y territoriales que se formulen en el ámbito de la Comunidad (orden de 8 de marzo de 1999).

Un paso más en esta dirección lo constituyó el *Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)*, que es uno de los instrumentos de ordenación del territorio previsto en la Ley 6/1989 de Ordenación del Territorio de la Comunidad Valenciana. El contenido de este Plan está organizado en los siguientes documentos: Memoria, Programa de Actuaciones, Planos de Ordenación y Normativa y destaca el establecimiento de una normativa técnica y de protección relacionada con una zonificación del riesgo realizada para todo el territorio de la Comunidad Valenciana. El PATRICOVA, a los efectos de cuantificación del riesgo, toma como base los mapas contenidos en el documento *Delimitación del Riesgo de Inundación a Escala Regional en la Comunidad Valenciana* antes citado.



Zonificación del PATRICOVA en la llanura de inundación del Júcar

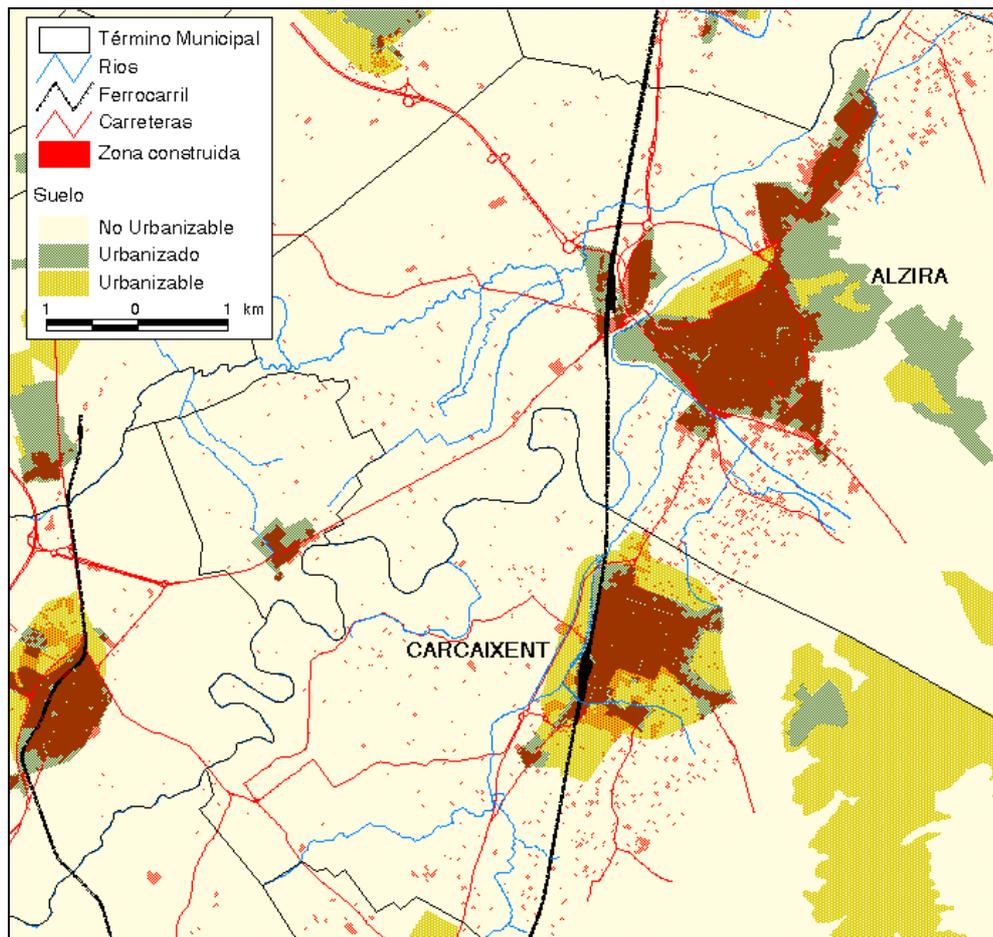
La zonificación realizada dentro del Programa de Cartografía de Riesgo del Plan Global contribuye a la actualización de la cartografía de riesgo del PATRICOVA en la llanura de inundación del Júcar.

Por otra parte, es evidente la relación entre la magnitud de los daños provocados por inundación y el emplazamiento de las zonas urbanas, por lo que es imprescindible incluir la inundabilidad, adecuadamente caracterizada en términos cartográficos, en la ordenación territorial, de forma que oriente el futuro desarrollo urbano y de equipamientos.

Las medidas a adoptar en el planeamiento urbano futuro son esencialmente dos:

- Revisión o modificación del Planeamiento urbanístico en los municipios cuya expansión urbana esté más afectada por la inundación.
- Aplicación de normativa sobre diseño de viviendas, instalaciones e infraestructuras que necesariamente tengan que implantarse en zonas de riesgo, para disminuir los daños posibles.

La aplicación de estas medidas, que fundamentalmente afectarán a los Planes Generales, requieren unos trabajos cartográficos que deben basarse en el Programa de Cartografía de Riesgo y en concreto en los mapas de riesgo que se presentan en este documento.

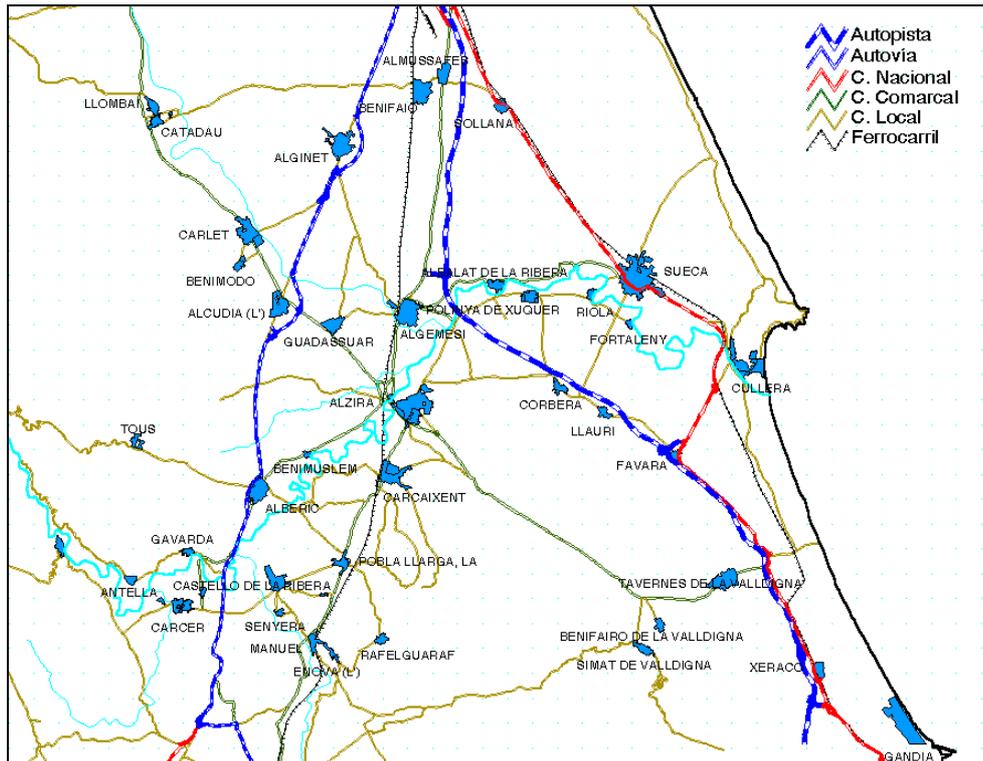


Planeamiento urbano en Alzira y Carcaixent

Por otra parte, es también evidente la necesidad de tener en cuenta las crecidas en el planeamiento de infraestructuras lineales en una zona de gran dinamismo y en constante crecimiento como la Ribera del Júcar, donde además, los flujos económicos, principalmente en dirección N-S, son difícilmente compatibles con una compleja red fluvial organizada en dirección W-E.

Una adecuada planificación de las nuevas vías de comunicación teniendo en cuenta la inundabilidad debe abordarse desde dos puntos de vista:

- Punto de vista territorial, pues indudablemente unos determinados trazados modifican el propio modelo del territorio, favoreciendo el crecimiento de las zonas urbanas y de nuevos equipamientos en determinadas direcciones no siempre favorables.
- Punto de vista de diseño, buscando un compromiso entre un coste económico asumible, una modificación del esquema de flujo de las aguas desbordadas neutro o incluso positivo y una irrenunciable seguridad y continuidad en el servicio de la infraestructura.



Principales vías de comunicación en la Plana del Júcar

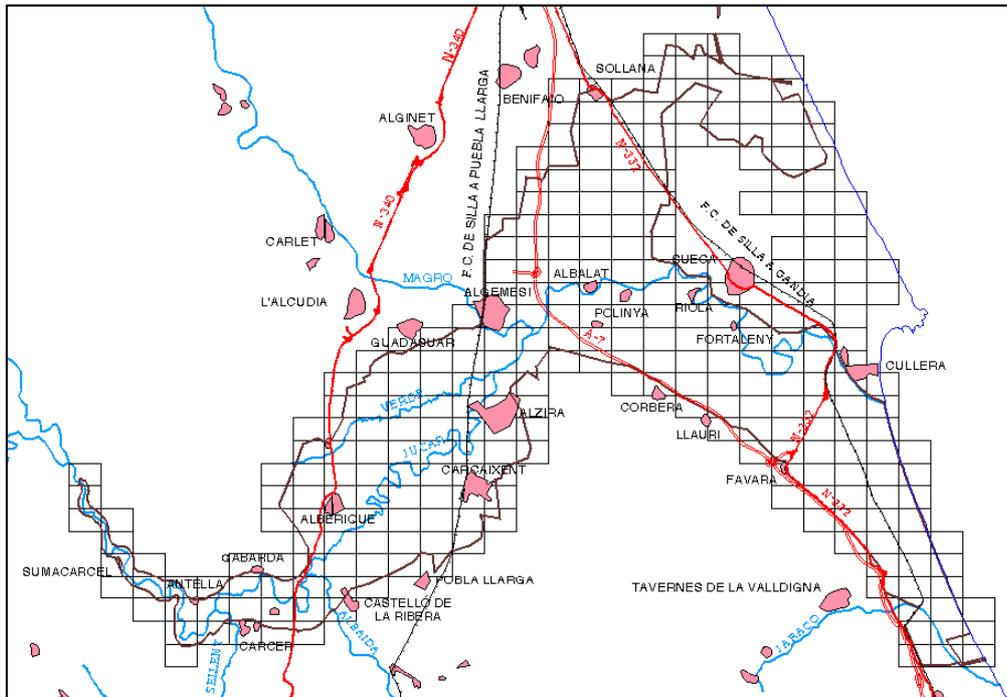


Estructuras de drenaje en la Autopista A-7

4 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES

El análisis de inundabilidad de un territorio debe apoyarse en una cartografía actualizada que se adecue a sus objetivos. Por esta razón se ha elaborado una cartografía a escala

1:2.000 (actualizada al año 2000) de toda la llanura inundable del río Júcar aguas abajo de la presa de Tous, a partir de la cual se ha elaborado un modelo digital del terreno (MDT) con una resolución de 5 m x 5 m. Toda esta cartografía tiene entre sus características el estar disponible en formato digital con tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG).



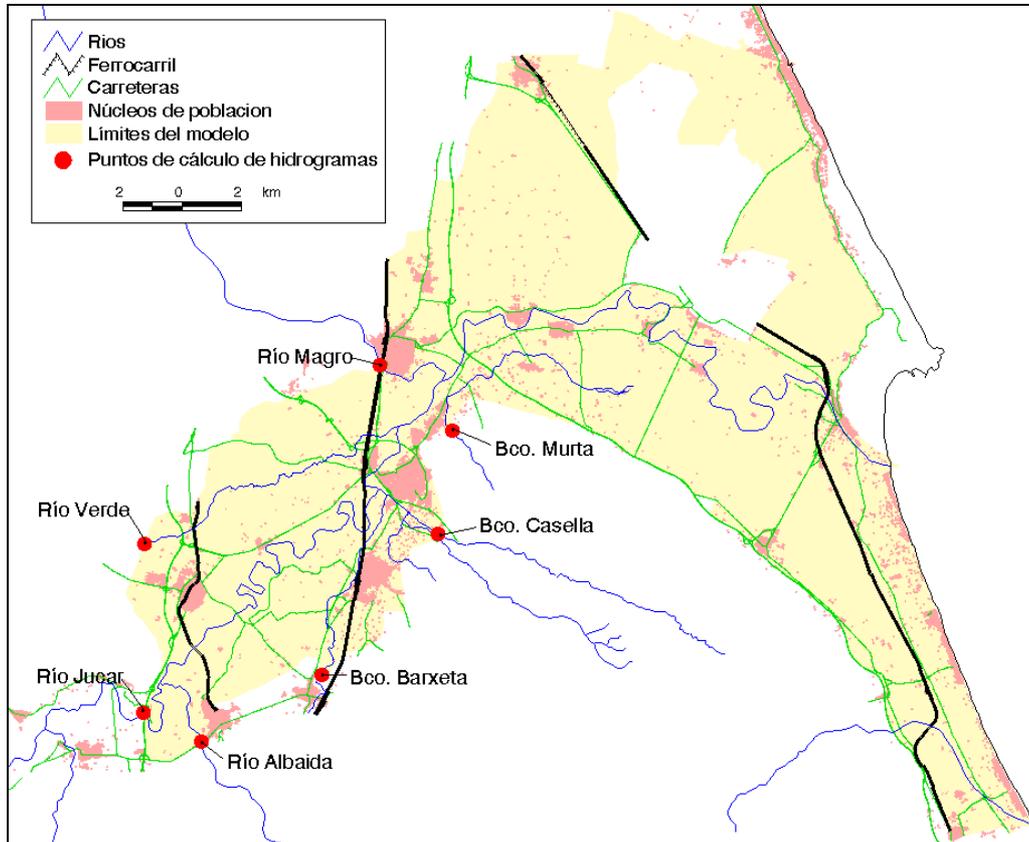
Distribución de hojas cartográficas a escala 1:2.000

El grado de inundabilidad de una determinada zona está asociado al caudal que produce su inundación. Para caracterizar dicho caudal suele utilizarse un concepto estadístico denominado caudal de un período de retorno. Se dice que un determinado caudal Q tiene un período de retorno de T años, cuando se ve superado en media cada T años. Es pues un concepto estadístico y se refiere al valor medio de la separación entre sucesos que superaron el caudal Q , por lo que no asegura que un caudal con período de retorno de 100 años no pueda ser superado dos veces en pocos años, como sucedió en particular con las avenidas del Júcar de 1982 y 1987.

Para determinar los niveles de inundación de una avenida correspondiente a un periodo de retorno dado es necesario realizar los siguientes estudios:

- Hidrológicos, para calcular los hidrogramas (evolución temporal de caudales) de avenidas con distintos periodos de retorno en el río y en sus principales afluentes.
- Hidráulicos, para calcular los niveles del aguas en los cauces y llanuras de inundación a partir del conocimiento de los hidrogramas, del modelo del terreno (incluyendo obstáculos existentes, como vías de comunicación, acequias, etc) y los usos del suelo del territorio, por el efecto que estos últimos tienen sobre las rugosidades del terreno.

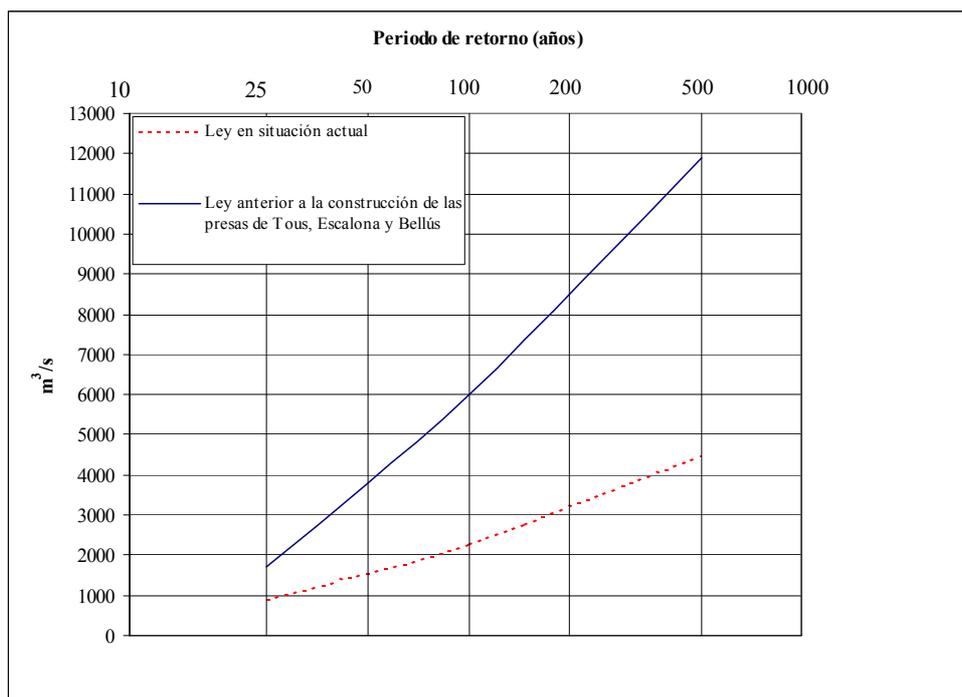
Se han realizado estudios hidrológicos para estimar los caudales de los cursos de agua siguientes: río Júcar aguas arriba de la confluencia con el Albaida, ríos Albaida, Verde y Magro y barrancos de Barxeta, Casella y Murta.



Puntos de cálculo de hidrogramas

Deberá tenerse en cuenta sin embargo que los caudales correspondientes a un determinado periodo de retorno están asociados a un determinado escenario de infraestructura y que una modificación de este escenario, por ejemplo con la construcción de presas de laminación o por una restauración hidrológico-forestal, produciría modificaciones en los caudales y consecuentemente en los mapas de riesgo.

La ley de frecuencia de caudales máximos del río Júcar en la Plana en la situación anterior a la construcción de las presas de Tous, Escalona y Bellús se ha visto modificada de forma muy importante en la situación actual, con la entrada en funcionamiento de las mencionadas presas. El riesgo de ocurrencia de avenidas como las de 1982 ó 1987, desgraciadamente muy recientes en la memoria de los habitantes de la zona, sería realmente muy pequeño en la actualidad. El intervalo medio entre avenidas similares a la de 1987 estaría próximo a los mil años, y sería mucho mayor para la de 1982. Efectos del mismo signo se prevé que se produzcan con las actuaciones estructurales previstas en el Plan Global.



Mejora de la ley de frecuencia de caudales máximos en la entrada en la Plana con la puesta en servicio de los embalses de Escalona, Tous y Bellús

Los estudios realizados y los mapas de riesgo que se presentan en este documento corresponden al régimen hidrológico para la situación de infraestructura actual.

Los caudales máximos para las avenidas de 25, 100 y 500 años en los ríos Sellent, Albaida, Júcar a la entrada en la plana y Magro en la situación actual se muestran en la tabla adjunta. Si se comparan los caudales del Júcar con la capacidad de su cauce, que en algunos tramos no alcanza los 1.000 m³/s, es comprensible que todavía existan problemas de inundación en la Ribera a pesar de las actuaciones estructurales realizadas en la cuenca.

Río	Caudal de retorno 25 años (m ³ /s)	Caudal de retorno 100 años (m ³ /s)	Caudal de retorno 500 años (m ³ /s)
Sellent	450	880	1500
Albaida	580	1720	2800
Júcar a la entrada a la plana	920	2290	4480
Magro	270	600	1140

Caudales máximos en la Ribera del Júcar en la situación actual

La caracterización espacial de los riesgos de inundación requiere conocer el comportamiento hidráulico de la zona inundable para caudales de distintos periodos de retorno. El estudio hidráulico de la plana inundable del Júcar es especialmente complejo debido a su especial morfología, en la que las márgenes del río se encuentran elevadas sobre la misma, lo que da lugar a que las aguas desbordadas fluyan con independencia de las aguas del cauce por depresiones y cauces extraordinarios. Este hecho, unido al gran

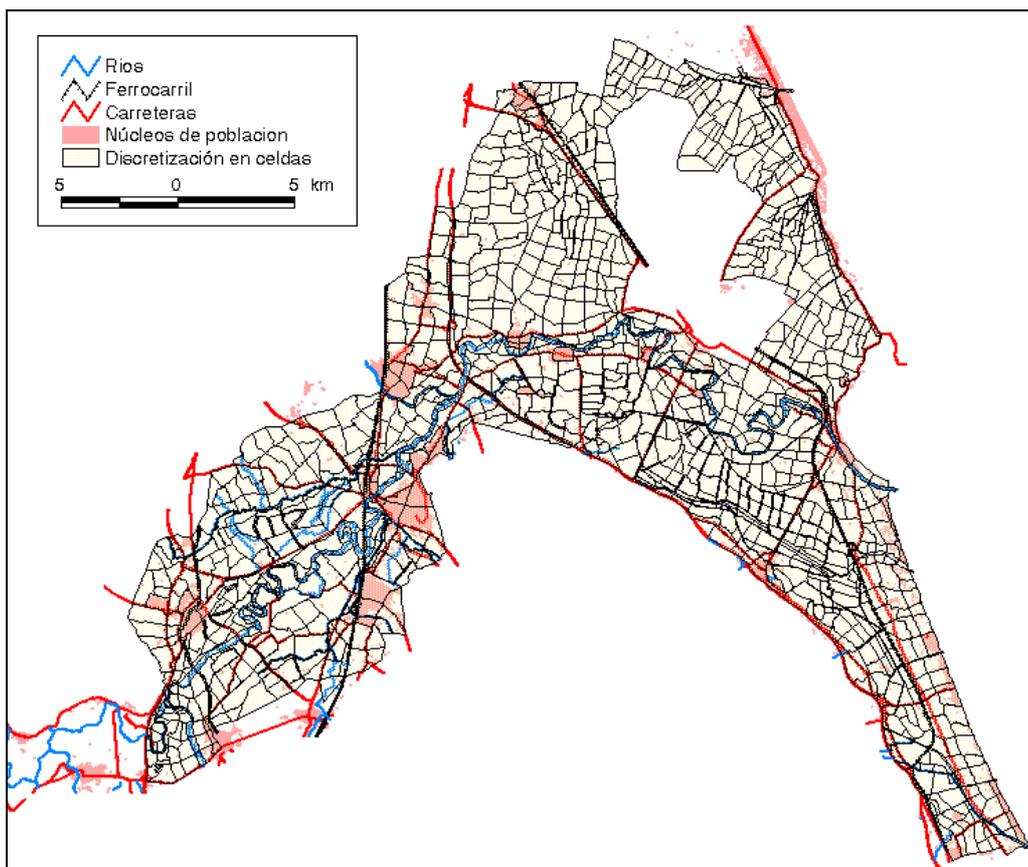
número de obstáculos existentes en la plana (vías de comunicación, redes de acequias ...), provoca que el comportamiento hidráulico de la zona tenga un fuerte carácter bidimensional.

Este complejo esquema de flujo ha sido simulado en los últimos años con el modelo matemático GISPLANA, que simula la evolución espacio temporal de niveles de inundación y caudales en los elementos en los que se discretiza la zona de estudio, denominados celdas. Este modelo fue calibrado con las referencias de niveles y caudales correspondientes a la avenida de 1982 y posteriormente validado con las referencias de niveles y caudales de la avenida de 1987.

Durante el año 2001 se ha formulado una versión actualizada del modelo GISPLANA, que contempla un nuevo modelo conceptual hidráulico de la llanura de inundación del Júcar acorde con la nueva cartografía existente. Este modelo discretiza el territorio en 2.160 celdas y establece 6.600 conexiones hidráulicas de tipo cauce, vertido y carga, lo que supone un notable avance sobre el antiguo modelo, que utilizaba 403 celdas y 959 conexiones y por tanto permite simular con mayor precisión y detalle las inundaciones en la plana. De esta forma ha sido posible elaborar mapas de riesgo de inundación en una zona hidráulicamente tan compleja como es la llanura de inundación del Júcar. La calibración y validación del modelo se ha realizado, además de con las avenidas históricas de los años 1982 y 1987, con las más recientes ocurridas en los años 1996, 1997 y 2000.



Portada del modelo GISPLANA



Discretización en celdas de la llanura de inundación

Este modelo está siendo utilizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) para la realización de distintos trabajos del Plan Global frente a inundaciones en la Ribera del Júcar, entre ellos el que aquí se presenta.

5 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO

La zonificación del riesgo en la llanura de inundación se ha realizado siguiendo los criterios del PATRICOVA, que adopta un esquema de cuantificación del riesgo en 6 niveles, producto de la combinación de los 3 niveles adoptados para las dos variables seleccionadas: frecuencia y calado.

Por lo que se refiere a los niveles de frecuencia se distinguen los 3 siguientes:

- Alta, que se corresponde con el de las zonas sometidas a inundaciones con periodo de retorno inferior a 25 años (probabilidad anual del 4%).
- Media, para periodos de retorno entre 25 y 100 años (probabilidades anuales entre el 1 y el 4 %)

- Baja, para periodos de retorno de 100 a 500 años (probabilidades anuales entre el 0,2, y el 1%).

El calado es la variable adoptada como representativa de la magnitud de la avenida, puesto que es el factor más importante y el de estimación más sencilla. En todo caso, otros factores de interés, como la velocidad o el volumen de acarreo, mantienen una elevada correlación con el calado.

Los niveles adoptados para la discretización del calado fueron los dos siguientes:

- Bajos, cuando el nivel general esperado en la zona es inferior a 80 cm. Se considera que conlleva pérdidas de menor cuantía y que las medidas a adoptar son las más sencillas.
- Altos, para calados por encima de 80 cm. Suponen daños de gran importancia.

De acuerdo con estos niveles de frecuencia y calado, se obtiene los 6 niveles de riesgo que se muestran en la tabla adjunta.

Nivel de calado	Frecuencia baja 100 a 500 años de retorno	Frecuencia media 25 a 100 años de retorno	Frecuencia alta < 25 años de retorno
Bajo (< 80 cm)	6 (BAJO)	4 (MEDIO)	3 (MEDIO)
Alto (> 80 cm)	5 (BAJO)	2 (ALTO)	1 (ALTO)

Niveles de peligrosidad por combinación de intervalos de frecuencias y calados

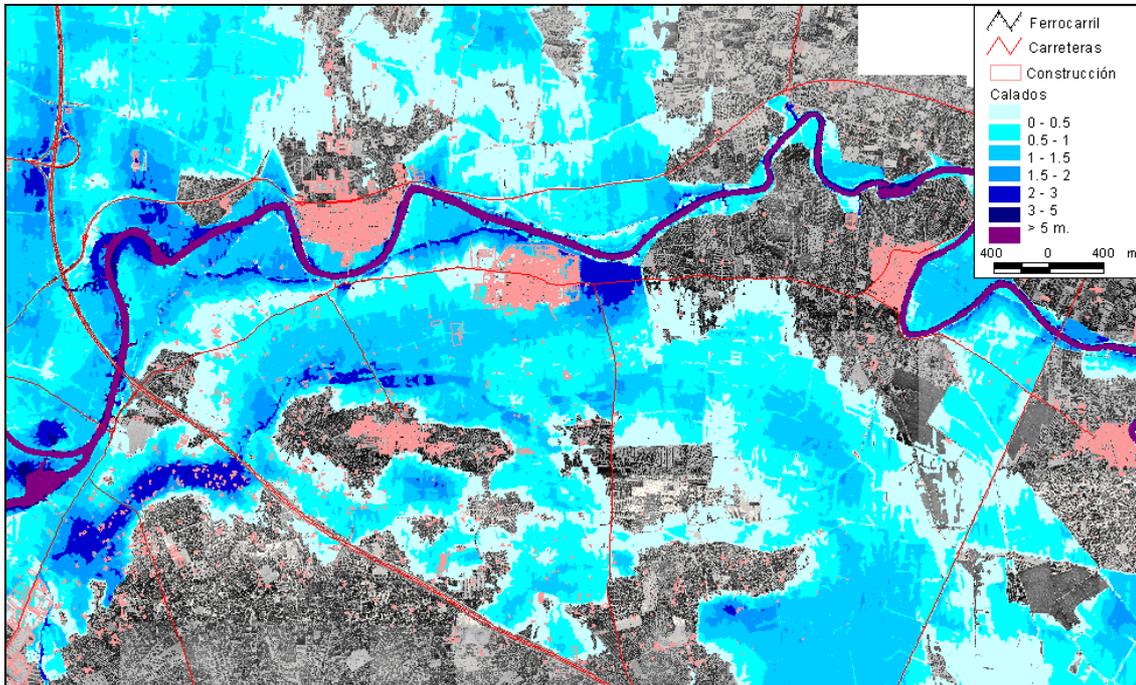
La elaboración del mapa de zonificación del riesgo según los criterios del PATRICOVA requiere conocer por tanto los niveles de inundación para las avenidas de 25, 100 y 500 años de periodo de retorno.

El modelo hidráulico utilizado proporciona un nivel de agua horizontal para cada una de las celdas en las que se ha discretizado la llanura de inundación. A partir de esos niveles, discretos en el espacio, se obtiene un mapa continuo de niveles máximos mediante la creación de un modelo en 3 dimensiones denominado TIN (Red de triángulos irregulares). Los triángulos que se forman en este modelo se han construido:

- En las conexiones tipo cauce, uniéndose linealmente los niveles del agua en los centros de las celdas.
- En las conexiones de tipo carga o vertido, apoyándose en dos niveles horizontales aguas arriba y aguas abajo del obstáculo, para simular la falta de continuidad existente.

La aplicación de los esquemas de interpolación anteriores proporciona los mapas de niveles máximos para las avenidas de 25, 100 y 500 años de periodo de retorno. A partir de esos mapas de niveles máximos y de las cotas del modelo digital del terreno derivado de la

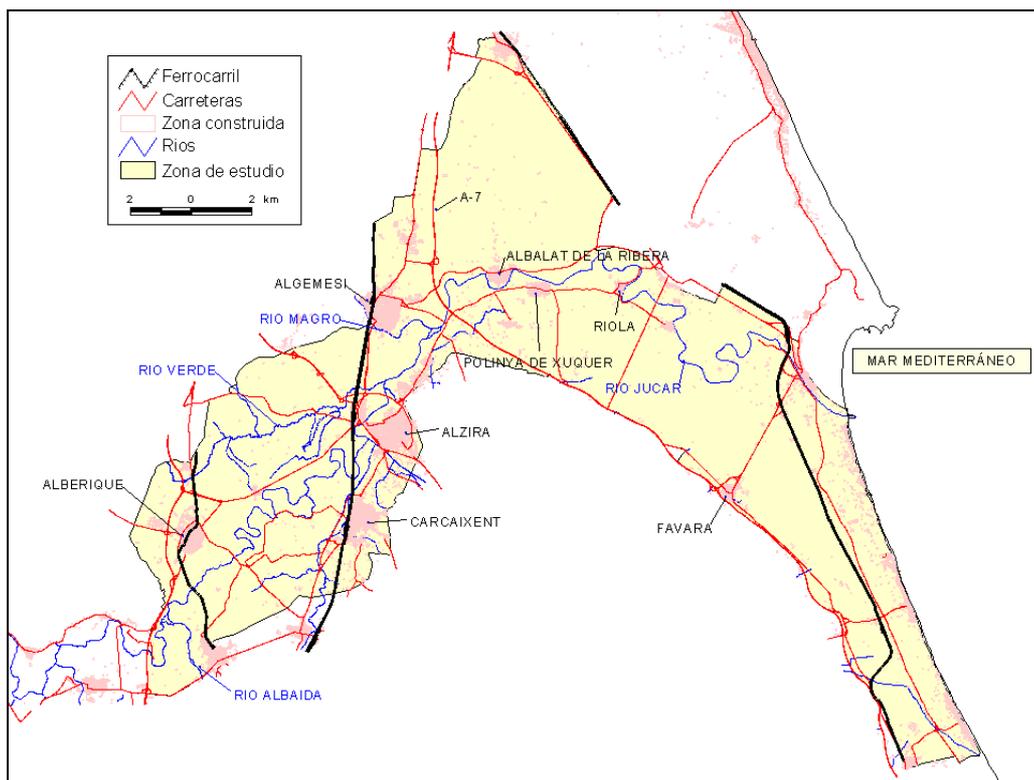
base cartográfica a escala 1:2000, se han obtenido los calados máximos para las citadas avenidas. La resolución espacial adoptada corresponde a un tamaño de celda de 5 m x 5 m, con la cual se han podido representar adecuadamente cursos de aguas y vías de comunicación, que son los obstáculos principales que condicionan el movimiento del agua en la llanura.



Calados máximos en el entorno del barranco del Duch para la avenida de 100 años

Los mayores calados se producen, además de en el cauce del río Júcar, en la zona del río Verde y del barranco del Duch, al actuar estas zonas como vías de intenso desagüe durante las avenidas.

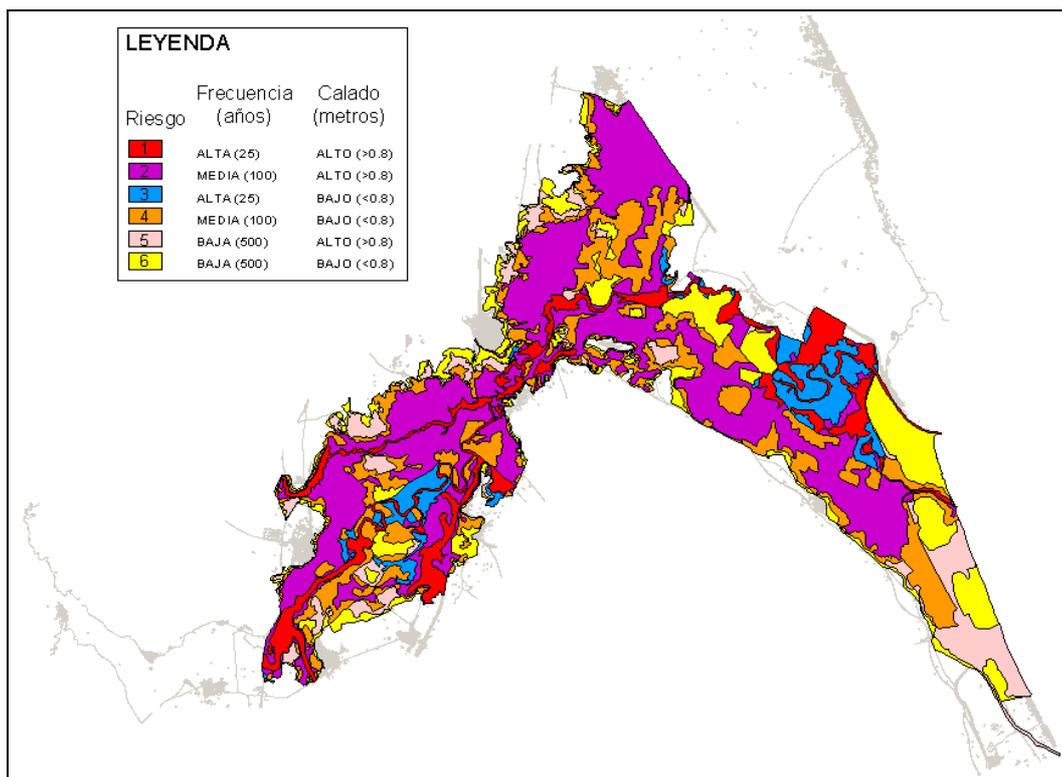
Los límites de la zona de estudio y consecuentemente de los mapas de riesgo comprenden la zona inundable con las avenidas extraordinarias del río Júcar y de sus principales afluentes, desde la confluencia con el Albaida hasta el mar. Tiene anchuras de unos 2 km aguas abajo de la confluencia con el Albaida, aumenta a la altura de Carcaixent a unos 7 km y después disminuye progresivamente hasta unos 2 km a la altura de Algemesí. A partir de este punto y hasta Albalat, el área de las inundaciones se extiende hacia la Albufera por el Noreste (el límite del área de estudio la define el ferrocarril Sollana-Sueca) y hacia Tavernes de la Valldigna por el Sureste.



Límites de la zona de estudio

El procedimiento seguido para obtener el mapa de zonificación de riesgo en la zona de estudio, según el criterio del PATRICOVA, ha consistido en:

- Determinar el nivel de peligrosidad en cada una de las celdas de 5 m x 5 m en que se ha discretizado la llanura de inundación. Se han combinado, de forma automática y mediante el uso de herramientas de análisis SIG, los intervalos de frecuencia y calados definidos en PATRICOVA.
- Modificar automáticamente zonas aisladas con superficies reducidas con los valores de peligrosidad predominantes en su entorno. Con esta modificación se pretende una homogeneización o suavización espacial del riesgo, quedándose siempre del lado de la seguridad.
- Modificar automáticamente la zonificación tras analizar la sensibilidad de los límites de las distintas zonas a los valores de los calados, cuando estos se encuentran próximos a 0,8 m. Con esta modificación se pretende, fundamentalmente, suavizar los límites que definen las zonas de riesgo.
- Definir finalmente las distintas zonas mediante el trazado manual de su contorno, buscando la ya mencionada homogeneidad espacial pero teniendo en cuenta cursos de agua, obstáculos significativos, características principales del terreno, etc.



Mapa de zonificación del riesgo

Conviene tener presente para analizar los mapas y resultados obtenidos con el modelo que sólo se han tenido en cuenta, y de forma agregada, los barrancos afluentes directamente al río Júcar, en concreto los de Barxeta, Murta y Casella. No se han considerado, por tanto, otros barrancos menores en el entorno de Carcaixent y Alzira, los barrancos existentes en el término municipal de Tavernes, los existentes entre Corbera y Favara y los barrancos vertientes directamente a la Albufera.

Otras poblaciones situadas fuera de la Plana del Júcar que podrían sufrir inundaciones son las situadas en la ribera del río Magro, por las crecidas de dicho río, así como otras afectadas por los caudales de los diversos barrancos que desaguan en la Plana (situación en la que se encuentra L'Alcudia debido al Bco. de la Prada, La Pobla Larga debido al Barxeta o en menor medida Favara debido al Bco. del Poble) aunque, en general, con un riesgo de inundación moderado. De la misma forma, el riesgo de inundación de las urbanizaciones costeras de Cullera y Tavernes de la Vallidigna podría ser también mayor si se consideran los caudales aportados por el río Vaca o por los barrancos Badell y Masalari. El análisis de estos cursos de agua está incluido en el *Plan de Defensa contra Avenidas de la comarca de La Safor*.

Esta cartografía de riesgo tiene un carácter general y debería particularizarse posteriormente para su uso en el resto de programas, incluyendo aspectos como la valoración de daños económicos o la realización de estudios de detalle a escala municipal. Estos trabajos complementarios, a incluir en cada uno de los Programas, deberían contar con la colaboración de diversos organismos de carácter técnico de las distintas administraciones.