



*Asistencia Técnica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables en la Demarcación Hidrográfica del Júcar.*

## **EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR**

Fecha: Julio 2010



## ÍNDICE GENERAL

### TOMO I

1. RESUMEN GENERAL DE LA METODOLOGÍA
2. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO Y LAS CONSECUENCIAS ADVERSAS QUE ORIGINARON
3. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO QUE PUEDAN TENER CONSECUENCIAS ADVERSAS SI OCURRIERAN EN EL FUTURO
4. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS FUTURAS INUNDACIONES POTENCIALES SIGNIFICATIVAS Y SUS CONSECUENCIAS ADVERSAS POTENCIALES
5. RESUMEN DE LAS TENDENCIAS RELEVANTES A LARGO PLAZO
6. APLICACIÓN DEL ARTÍCULO 13 Y RESUMEN DE CÓMO SE HAN CONSIDERADO CADA UNO DE LOS ASPECTOS RECOGIDOS EN EL ARTÍCULO 4(2)(D) DE LA DIRECTIVA 2007/60/CE PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS POTENCIALES DE FUTURAS INUNDACIONES
7. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO

#### ANEJO 1. MAPAS

ANEJO 2. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN EN FUNCIÓN DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA

ANEJO 3. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN EN FUNCIÓN DE LA PELIGROSIDAD Y LA EXPOSICIÓN

ANEJO 4. FICHAS DE LAS ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO

ANEJO 5. FICHAS DE LAS ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL NO SIGNIFICATIVO: Cenia – Maestrazgo, Mijares – Plana de Castellón, Palancia – Los Valles, Turia y Alto Júcar

### TOMO II

ANEJO 5. FICHAS DE LAS ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL NO SIGNIFICATIVO: Medio Júcar, Bajo Júcar, Serpis, Marina Alta, Marina Baja y Vinalopó Alacantí.

ANEJO 6. INFORMACIÓN HISTÓRICA

ANEJO 7. ENCUESTAS A LA POBLACIÓN

ANEJO 8. CONSIDERACIONES SOBRE LA EFICACIA DE LAS INFRAESTRUCTURAS ARTIFICIALES DE PROTECCIÓN CONTRA LAS INUNDACIONES

## 1. RESUMEN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Fecha: Julio 2010

1. Introducción.....	3
2. Recopilación y análisis de la información disponible.....	3
2.1. Definición de la red hidrográfica.....	3
2.2. Identificación de las zonas aluviales y torrenciales.....	3
2.3. Recopilación de información histórica.....	3
2.4. Otra información.....	4
3. Preselección de zonas de riesgo de inundación.....	6
4. Identificación de umbrales de riesgo significativo.....	6
5. Identificación de las ARPSIs( Áreas de riesgo potencial significativo ).....	9

## 1. INTRODUCCIÓN.

La metodología seguida se puede dividir en cuatro fases que son:

1. La recopilación y análisis de la información disponible.
2. Preselección de zonas de riesgo de inundación.
3. Identificación de umbrales de riesgo significativo.
4. Identificación de las ARPSIs( Áreas de riesgo potencial significativo ).

## 2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.

### 2.1. Definición de la red hidrográfica

La red utilizada es la desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional de escala 1:25.000. La red de drenaje seleccionada contiene las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación, que son aquellas de las que, bien las inundaciones acaecidas en ellas han producido impactos negativos o bien pueden tener consecuencias adversas en el futuro.

### 2.2. Identificación de las zonas aluviales y torrenciales

Para una primera caracterización geomorfológica de los cauces de la demarcación Hidrográfica del Júcar, se ha tomado el mapa geológico de España a escala 1:50.000 (cartografía MAGNA) del Instituto Geológico y Minero de España, en la que se han localizado las llanuras aluviales, conos aluviales y dunas litorales.

### 2.3. Recopilación de información histórica

Como base de información fundamental para el desarrollo de la evaluación preliminar del riesgo, se ha realizado una exhaustiva recopilación de información relativa a episodios de inundaciones. Para ello, se ha recurrido a diversas fuentes que han aportado diferentes tipos de información y que se indican a continuación de forma resumida.

- Fuentes documentales:

Para la recopilación de inundaciones históricas se ha utilizado la **base de datos del Consorcio de Compensación de Seguros**. También se han realizado consultas en **hemerotecas** de varios periódicos y en bibliotecas de la **Universidad Politécnica de Valencia**, de la **Universidad de Valencia**, de la **Universidad de Alicante**, de la **Universidad de Castellón** y de la **Universidad de Zaragoza**.

**Documentos elaborados por la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI)**, constituida por Comisión Nacional de Protección Civil en su reunión de 20 de mayo de 1.983, con la participación de los Órganos de la Administración del Estado competentes en la materia. El trabajo realizado por dicha Comisión en la que participaban los entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones y el Ministerio de Industria y Energía, dio lugar a la publicación de una valiosa documentación que incluye, para cada una de las grandes cuencas en que, desde el punto de vista hidrográfico, se dividía la península Ibérica, los siguientes estudios:

- a) Análisis de inundaciones históricas.
- b) Identificación y clasificación de las zonas potencialmente amenazadas por riesgos de inundación.
- c) Elaboración del catálogo de acciones más adecuadas, en cada zona de riesgo detectada, para corregir o reducir los daños ocasionados por las inundaciones.

Uno de los principales productos de estos trabajos es el **Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH)**, que puede considerarse una base documental fundamental para el desarrollo de la evaluación preliminar del riesgo.

- Consultas en administraciones:

Consultas a la **Confederación Hidrográfica del Júcar** y posteriormente a las **Delegaciones del Gobierno de las Comunidades Autónomas Valenciana, Aragón y Castilla - La Mancha** y a la **Dirección General de Protección Civil**.

#### **2.4. Otra información**

- La Confederación Hidrográfica del Júcar aporta a este estudio una gran cantidad de información, puesto que dispone de:
  - Documentación sobre episodios elaborados o almacenados en el SAIH.
  - Estudios de avenidas elaborados por distintas áreas y en particular, los estudios relativos a los Proyectos LINDE y las Normas de Explotación y Planes de Emergencia de Presas.

- Un gran volumen de información geográfica relativa a la red hidrográfica, usos del suelo, cartografía, ortofotografía, fuentes contaminantes, áreas protegidas, etc. procedente de la aplicación GESHIDRO de la CHJ.
- Estudios hidrológicos e hidráulicos contenidos en diversos proyectos de la sociedad estatal ACUAMED.
- Cartografía oficial 1:50.000 y 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, en soporte digital, como cartografía base de referencia.
- Planes Especiales de Protección Civil de la Comunidad Valenciana, Comunidad de Castilla – La Mancha y Comunidad de Aragón.
- Cartografía de usos del suelo CORINE, SIOSE y SIGPAC.
- Ortofotografía de la demarcación procedente del Instituto Geográfico Nacional.
- Mapa de caudales máximos de avenida para la red fluvial de la España Peninsular desarrollado por el CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX).
- Documentación técnica publicada por el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).
- Se realizaron consultas a técnicos implicados en el fenómeno de las inundaciones, y al personal de la Guardería fluvial de la Confederación Hidrográfica del Júcar, recorriendo las principales zonas de inundación potencial.
- Se realizaron visitas a diversos municipios, realizando encuestas a la población potencialmente afectada por inundaciones.
- Se ha empleado Internet como fuente complementaria de información.

Para el manejo de toda la información se ha empleado un Sistema de Información Geográfica (SIG), además de otras herramientas.

### 3. PRESELECCIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN

Para la identificación de los cauces con inundaciones significativas ocurridas en el pasado y para las zonas susceptibles de sufrir inundaciones significativas en el futuro, se ha asignado una representación geográfica a la información histórica, información relativa a estudios hidrológicos e hidráulicos anteriores, a los elementos geomorfológicos asociados a zonas potencialmente inundables y a la información identificada por las administraciones competentes en materia de Protección Civil.

Una vez representados geográficamente los elementos anteriores, se ha cruzado esta información con la información cartográfica, determinando de este modo los tramos de cauces implicados en potenciales procesos de inundación.

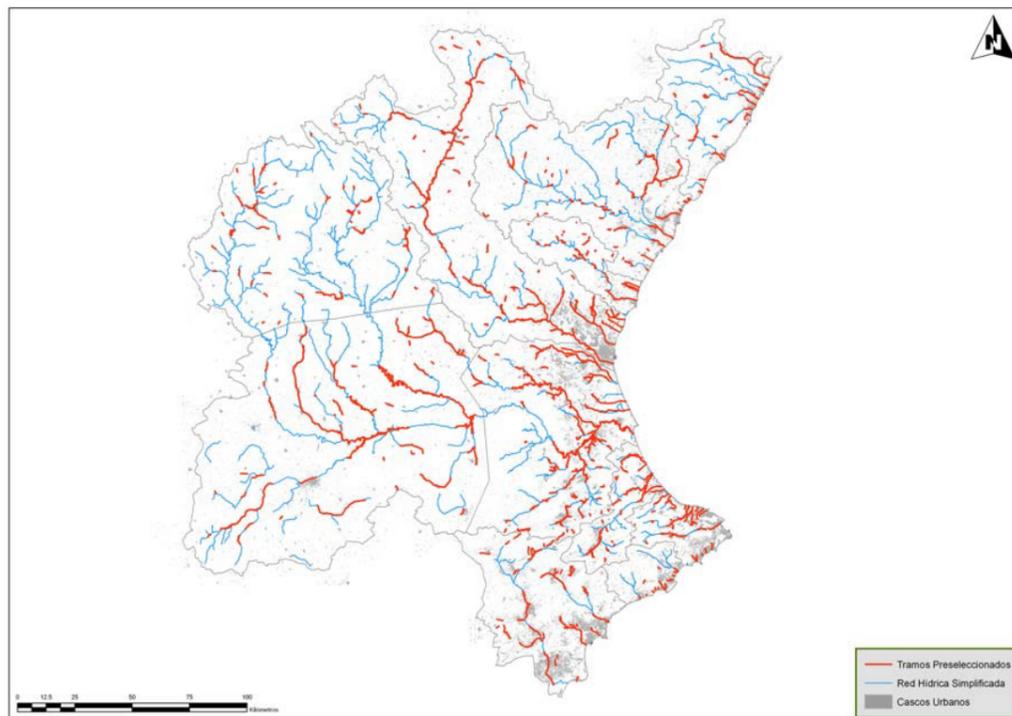


Figura 1. Tramos de cauce preseleccionados.

### 4. IDENTIFICACIÓN DE UMBRALES DE RIESGO SIGNIFICATIVO

Para la identificación de los umbrales de riesgo significativo se ha procedido aplicando dos métodos complementarios:

#### 1. Valoración de los tramos de cauce implicados en inundaciones históricas.

Para ello se le ha asignado un valor numérico a cada tipo de daño potencial y se ha obtenido una puntuación que ha permitido establecer una primera ordenación de los diferentes cauces en función del impacto sufrido en el pasado, como consecuencia de las inundaciones sufridas.

Mediante el análisis de esta valoración, se ha buscado la optimización del resultado por medio de un estudio de sensibilidad de los diferentes umbrales posibles, estableciendo finalmente un valor por encima del cual el riesgo puede ser considerado significativo.

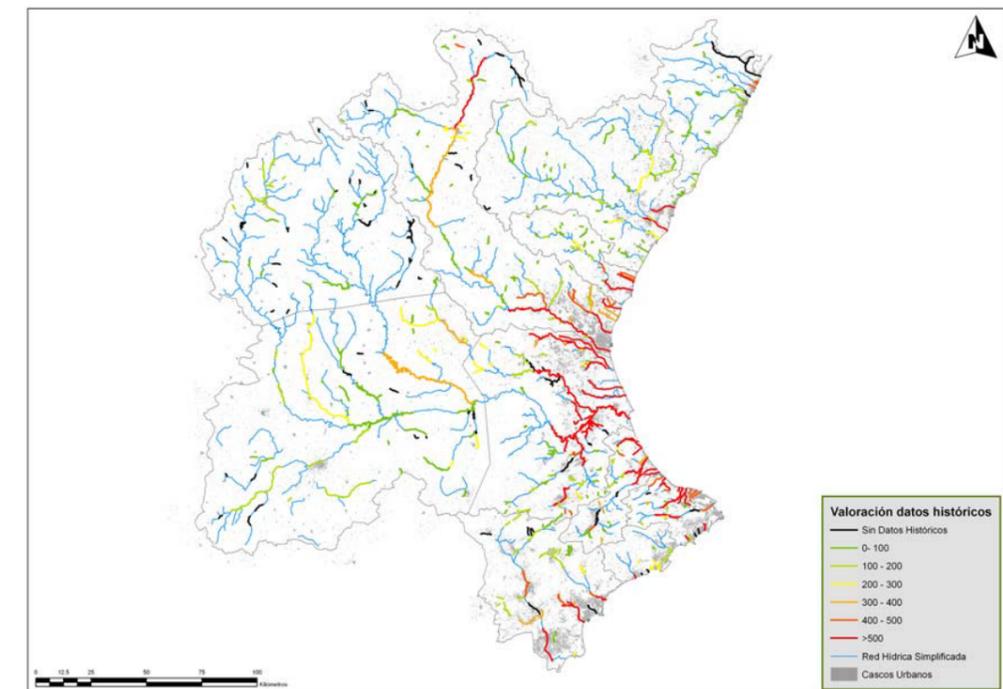


Figura 2. Valoración de los tramos preseleccionados en función de la información histórica.

#### 2. Valoración de los tramos de cauce en función de la peligrosidad y la exposición.

Para ello se han representado las áreas inundables en función de la información disponible, sobre los usos del suelo, estableciendo una ponderación cuantitativa para cada uno de dichos usos, en lo que se refiere a daños a la actividad económica y a la salud humana, a lo que se añade una

valoración cualitativa de los daños potenciales al patrimonio cultural y al medio ambiente.

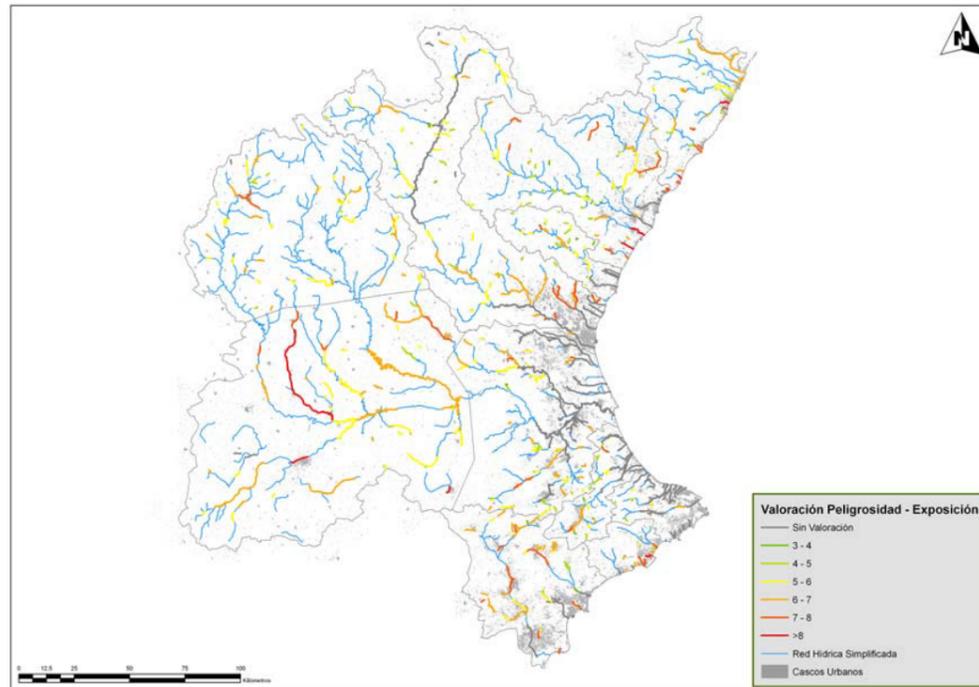


Figura 3. Valoración de tramos preseleccionados en función de la peligrosidad y la exposición.

Dadas las limitaciones de la información histórica, se puede considerar que los cauces con una valoración elevada, tienen o han tenido un riesgo significativo, pero no a la inversa, es decir, el hecho de que algunos tramos no obtengan por este procedimiento una valoración elevada, no implica que no tengan riesgo significativo, por varias razones, como que se hayan producido cambios importantes en los usos del suelo o que simplemente la información histórica asociada sea insuficiente, no haya sido localizada o se haya perdido.

Por este motivo, se considera necesario analizar los cauces que no tienen una valoración elevada y no han superado el umbral en función de la información histórica, de modo que a estos se les ha aplicado el segundo método, de forma que por la intersección de las áreas inundables con los usos del suelo, se obtiene una segunda valoración.

Para buscar una correlación entre el umbral fijado como se indicó anteriormente para la valoración en base a los datos históricos y el umbral en base al análisis de la peligrosidad y la exposición, se han aplicado ambos métodos a una serie de tramos, de manera que se ha obtenido un valor de equivalencia entre ambos umbrales.

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ARPSIS( ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO )

En base a las valoraciones realizadas de acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, se obtienen una serie de tramos de cauce con riesgo potencial significativo, que son aquellos que:

- En la valoración en base a la información histórica han obtenido un valor superior al umbral establecido.
- En la valoración en base a la peligrosidad y la exposición han obtenido una valoración superior al umbral establecido.

Tanto en un caso como en el otro, se ha realizado una agrupación de los tramos en base a criterios geomorfológicos, de manera que los tramos que forman parte de un mismo área de inundación potencial se han considerado una única Área de Riesgo Potencial Significativo, con la condición de que alguno de sus tramos de cauce tuviera una valoración por encima de alguno de los umbrales establecidos.

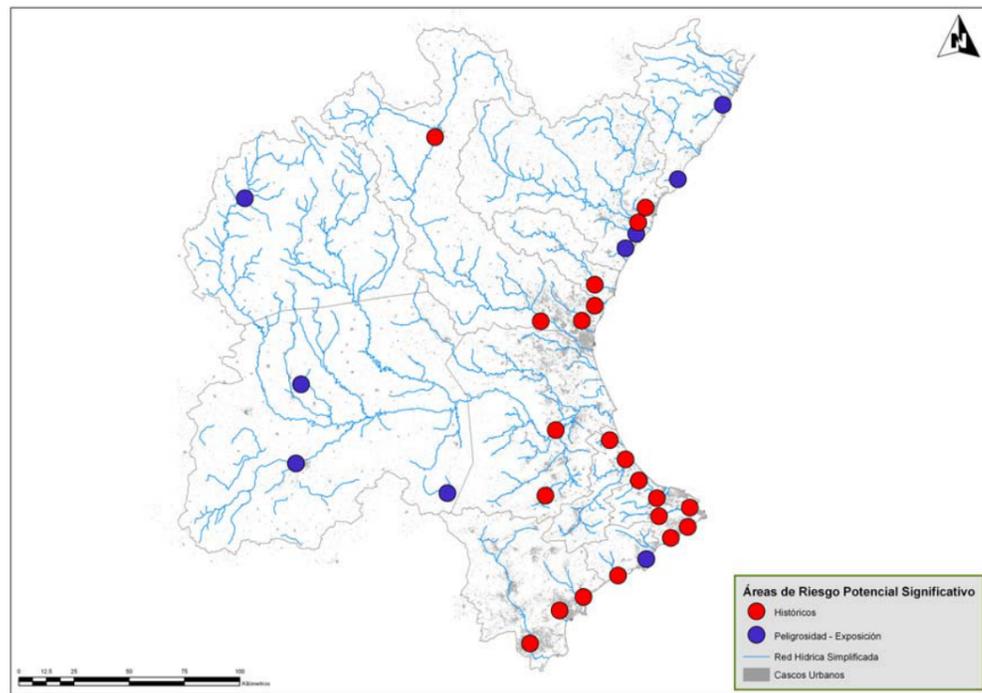


Figura 4. Áreas de riesgo potencial significativo en función de los dos criterios aplicados.

## **2. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO Y LAS CONSECUENCIAS ADVERSAS QUE ORIGINARON**

Fecha: Julio 2010

## INDICE

1. Recopilación de datos sobre inundaciones históricas.....	1
2. Generación de una base de datos históricos .....	1
3. Identificación de las inundaciones ocurridas en el pasado .....	3
4. Evaluación de las inundaciones ocurridas en el pasado.....	4

Los trabajos realizados pueden agruparse en las siguientes fases:

### 1. RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE INUNDACIONES HISTÓRICAS

Para identificar los eventos que han provocado inundaciones y las zonas afectadas por una o varias inundaciones se consultaron las siguientes fuentes de información:

- Recopilación de inundaciones históricas del Catalogo Nacional de Inundaciones Históricas.
- Consultas a la base de datos del Consorcio de Compensación de Seguros.
- Documentos de las bibliotecas de la Universidad Politécnica de Valencia, de la Universidad de Valencia, de la Universidad de Alicante, de la Universidad de Castellón y de la Universidad de Zaragoza.
- Hemerotecas de varios periódicos.
- Consultas verbales a diferentes administraciones, incluyendo la Confederación Hidrográfica del Júcar, las Delegaciones del Gobierno de la Comunidad Valenciana, Aragón y Castilla-La Mancha y a la Dirección General de Protección Civil.
- En particular, se realizaron consultas a técnicos implicados en el fenómeno de las inundaciones, y al personal de la Guardería fluvial de la Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Visitas a diversos municipios, realizando encuestas a la población potencialmente afectada por inundaciones.

Esta información se ha empleado en una primera fase para la identificación de tramos de cauces afectados por inundaciones en el pasado y en una segunda para valorar el impacto de las inundaciones en cada uno de ellos.

### 2. GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS HISTÓRICOS

La recopilación de datos y estructuración de la información se ha realizado considerando tres bloques de variables. Se ha pretendido que la definición de las variables y los procedimientos para su complementación sea clara, sencilla y que permita alcanzar los objetivos marcados.

La información se ha estructurado siguiendo el siguiente esquema básico:

**Datos Genéricos identificadores del episodio (definición, referencias y localización):**

1. Datos Generales
2. Bibliografía
3. Encuestas
4. Municipios afectados por evento
5. Ríos afectados

**Datos hidrometeorológicos:**

1. Calado en el cauce
2. Calado en la llanura de inundación
3. Caudales máximos (m<sup>3</sup>/s)
4. Intensidades máximas (mm/h)
5. Precipitaciones acumuladas (mm)

**Daños significativos:**

1. Daños en agricultura y ganadería
2. Daños en industria
3. Infraestructuras
4. Daños en viviendas
5. Víctimas
6. Servicios básicos

Para la elaboración de esta base de datos, se ha partido de la estructura de la base de datos existente en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (C.N.I.H.), a la cual se han añadido algunos campos que complementan la estructura original. Se han añadido los eventos hasta la fecha actual y algunos no contemplados en el C.N.I.H.

**3. IDENTIFICACIÓN DE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO**

Para la identificación de las inundaciones ocurridas en el pasado, se han empleado los datos referentes a la información geográfica asociada a los episodios históricos, como son los municipios afectados, poblaciones afectadas o tramos de río afectados y se han representado geográficamente. Por intersección de esta información geográfica con la información geográfica de los cauces procedente de la cartografía oficial del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:25.000, se han determinado los tramos de cauce afectados por las inundaciones históricas.

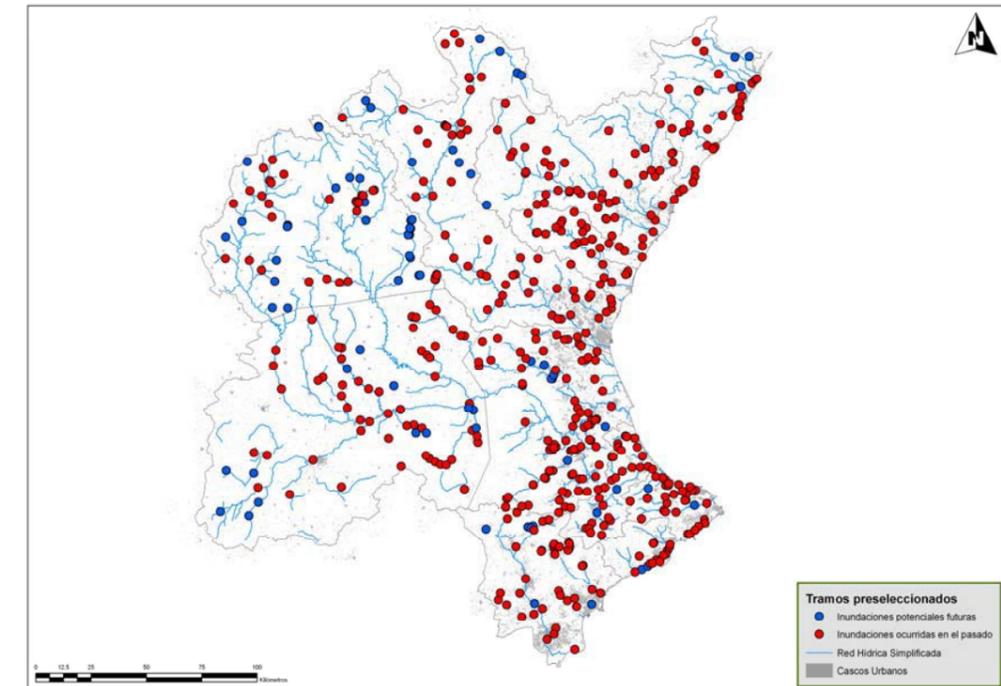


Figura 1. Localización de inundaciones ocurridas en el pasado y tramos de inundaciones potenciales futuras sin información histórica.

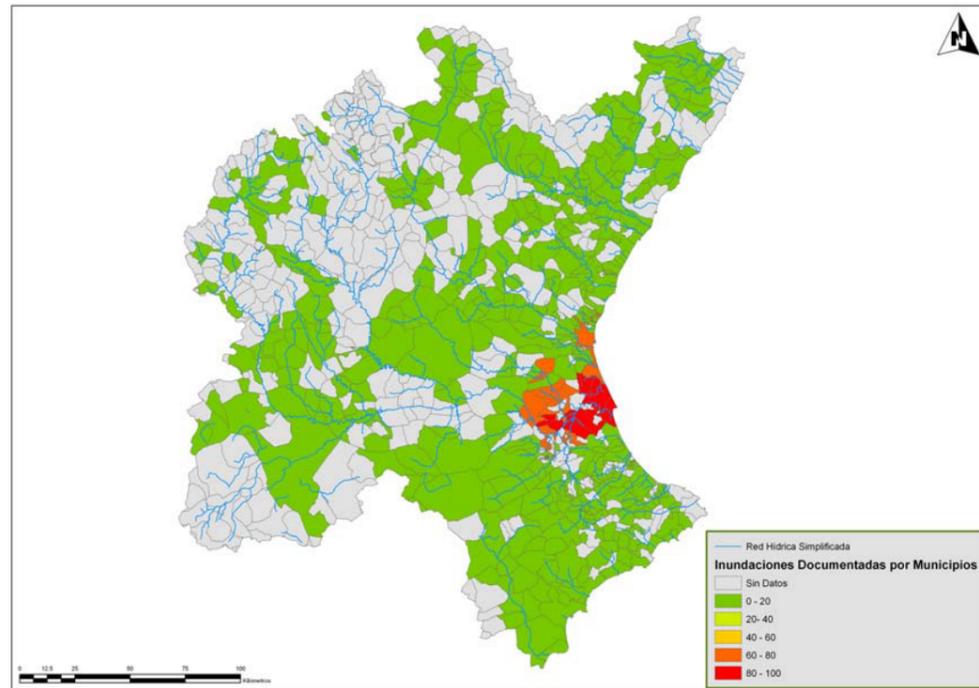


Figura 2. Municipios en función del número de eventos de inundación documentados.

#### 4. EVALUACIÓN DE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO

La evaluación de las inundaciones ocurridas en el pasado se ha realizado de la forma siguiente:

$$\text{Valoración episodio}_i = \sum_j \text{tipodaño}_{ij} \quad (1)$$

donde  $\text{tipodaño}_i$  son los tipos de daños que generó el episodio (fallecidos, daños a viviendas, etc.) de la categoría  $i$  para un episodio  $j$ . Los factores utilizados son los que se presentan en la tabla siguiente:

Categoría	Factor de ponderación
Fallecidos	32
Viviendas	16
Servicios	16
Evacuados	8
Infraestructuras	8
Industria	4

Categoría	Factor de ponderación
Agricultura y ganadería	4

Asimismo, para poder aplicar esta valoración a los tramos de cauce preseleccionados, se ha aplicado un criterio similar, de manera que la valoración de cada tramo resulta de sumar la valoración de los episodios que afectaron al área geográfica (municipios) por los que transcurre dicho tramo, de tal modo que:

$$\text{Valoración tramo} = \sum \text{Valoración episodio}_j \quad (2)$$

siendo “Valoración episodio,” el valor obtenido para cada uno de los episodios que han sucedido en los municipios por los que transcurre el tramo preseleccionado, de acuerdo con la fórmula (1).

Se debe tener en cuenta que estos criterios de valoración se basan en lo establecido en la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Evaluación Preliminar del Riesgo (Borrador v5.0)” y en los trabajos desarrollados por la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI) en la década de los años 80.

La metodología utilizada lleva implícito un elevado grado subjetividad y en todo caso también hay que ser conscientes de las grandes limitaciones que conllevan los datos históricos, pero también hay que considerar que en muchos casos estos datos son la única información disponible para conocer la ocurrencia de inundaciones. En cualquier caso, trabajando con los datos históricos de forma aislada, nos encontramos ante una serie de dificultades que complican el establecimiento de una valoración.

- La información histórica es muy heterogénea, ya que normalmente los datos de épocas anteriores al siglo XX, rara vez aportan datos cuantitativos. Existen datos históricos con siglos de antigüedad, que permiten conocer poco más que el hecho de que se produjo un episodio de inundaciones en una fecha y zona determinada, mientras que es frecuente que episodios de las últimas décadas estén muy documentados, especialmente cuando han afectado a zonas pobladas.

- Es muy probable que episodios que se hayan producido en zonas poco pobladas no hayan sido documentados, por no existir suficientes observadores de los mismos o bien por no haber dispuesto de los medios, la capacidad o el interés necesarios para dejar constancia de dichos episodios. Por tanto, el hecho de no disponer de documentos o indicios de episodios de avenidas pasadas en algunos lugares, no implica que no se hayan producido.
- Pueden existir episodios que en el pasado no hayan producido daños o en los que los daños producidos fueran poco significativos, que de producirse hoy en día o en el futuro, sí fueran dañinos, por haberse producido cambios en los usos del suelo.

Por todo ello se considera fundamental hacer una serie de consideraciones adicionales a la valoración expuesta, que permitan obtener unas conclusiones adecuadas de la aplicación de esta metodología y complementar la información relativa a los datos históricos con otro tipo de información.

### **3. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO QUE PUEDAN TENER CONSECUENCIAS ADVERSAS SI OCURRIERAN EN EL FUTURO**

Fecha: Julio 2010

## INDICE

1. Aspectos considerados .....	1
1.1. Cambios significativos en los usos del suelo .....	1
1.2. Efecto de las medidas estructurales de defensa contra avenidas .....	3

## 1. ASPECTOS CONSIDERADOS

Para la identificación y valoración de las inundaciones ocurridas en el pasado que puedan tener consecuencias adversas si ocurrieran en el futuro, se ha seguido el procedimiento explicado en el capítulo anterior, partiendo de las mismas fuentes de información.

De este modo, se han identificado y evaluado las inundaciones ocurridas en el pasado que pueden tener consecuencias adversas si se produjeran en el futuro. A esta identificación y valoración se le añaden una serie de consideraciones adicionales con el fin de comprobar la vigencia de la información. Para ello se han comprobado dos aspectos:

1. La existencia o no de cambios significativos en los usos del suelo.
2. La adopción de medidas estructurales que hayan podido suponer cambios significativos en la inundabilidad de las zonas afectadas por inundaciones históricas.

### 1.1. Cambios significativos en los usos del suelo

Respecto a este aspecto, en general, se ha producido durante las últimas décadas un incremento de la presión sobre los cauces, como se observa en el ejemplo de las figuras siguientes. En la franja litoral este fenómeno es especialmente destacable, ya que se ha producido un incremento muy importante del uso urbano en dicha franja.



Figura. Ejemplo de cambios en la gola del río de Jaraco (1956-2006). El cauce del río se

excavó aunque con sección más estrecha, revistiendo las orillas. Se aprecian en 1956 depresiones inundadas paralelas a la costa correspondientes a sucesivos recrecimientos de la barreras longitudinales que van engrosando la restinga arenosa. Se observa un uso predominantemente agrícola en 1956 y un alto grado de urbanización en la zona norte de la costa en 2006.



Figura. Regajo de reinas. Comparación entre las fotografías aéreas de 1956 y 2006. Se observa que la huerta existente en 1956 ha sido ocupada parcialmente por uso urbano.



Figura. Fotografías de 1956 y 2006 en Xeresa. Se observa el crecimiento del uso urbano e industrial en el entorno del barranco.



Figura. Arroyo del Pantano (Siete Aguas). Se observa como la población ha crecido entre 1956 y 2006, ocupando las huertas que se extendían en las márgenes del arroyo.

Este incremento del uso urbano, que en muchos casos va acompañado de una presión e incluso la invasión de algunos cauces y de unas medidas estructurales insuficientes, ha hecho en general que las condiciones en cuanto a la exposición (usos del suelo), hayan empeorado en los casos de estudio.

De este modo, los cambios en los usos del suelo, en ningún caso han servido para considerar que las zonas que han sufrido inundaciones en el pasado puedan no sufrir daños en el caso de producirse las mismas inundaciones en el futuro, sino al contrario. Es decir, en cualquier caso, se ha considerado que las inundaciones ocurridas en el pasado, causarían daños similares o aún mayores si se produjeran actualmente o en el futuro.

### 1.2. Efecto de las medidas estructurales de defensa contra avenidas

Por otra parte, los dos tipos de actuaciones principales a considerar en cuanto a medidas estructurales de defensa contra avenidas son las presas y los encauzamientos. Por ello, se han considerado ambos tipos de obras de defensa. Se comprueba que en la mayor parte de los casos suponen una mejora para la seguridad hidrológica, reduciendo los caudales aguas abajo en el caso de las presas y mejorando la capacidad hidráulica de los cauces en la mayoría de los encauzamientos. Se ha realizado una valoración de tipo cualitativo, de cada una de las infraestructuras principales para considerar su posible efecto sobre la inundabilidad de las zonas que deben proteger.

#### **4. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS FUTURAS INUNDACIONES POTENCIALES SIGNIFICATIVAS Y SUS CONSECUENCIAS ADVERSAS POTENCIALES**

Fecha: Julio 2010

## INDICE

1. Información utilizada.....	1
2. Identificación de áreas potencialmente inundables.....	1
3. Valoración de las áreas potencialmente inundables .....	2

## 1. INFORMACIÓN UTILIZADA

Para la identificación y valoración de las futuras inundaciones potenciales, se han tomado como base los datos recopilados procedentes de:

- La red de drenaje desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional de escala 1:25.000.
- La caracterización geomorfológica de los cauces de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, tomada del mapa geológico de España a escala 1:50.000 (cartografía MAGNA) del Instituto Geológico y Minero de España, en la que se han localizado las llanuras aluviales, conos aluviales y dunas litorales.
- Planes Especiales de Protección Civil de la Comunidad Valenciana, Comunidad de Castilla – La Mancha y Comunidad de Aragón.
- Estudios de avenidas elaborados por distintas áreas de la Confederación Hidrográfica del Júcar y en particular, los estudios relativos a los Proyectos LINDE y las Normas de Explotación y Planes de Emergencia de Presas.
- Estudios hidrológicos e hidráulicos contenidos en diversos proyectos de la sociedad estatal ACUAMED.
- Cartografía de usos del suelo CORINE, SIOSE y SIGPAC.
- Ortofotografía de la demarcación procedente del Instituto Geográfico Nacional.
- Mapa de caudales máximos de avenida para la red fluvial de la España Peninsular desarrollado por el CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX).
- Cartografía LIDAR procedente del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

## 2. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Para la identificación de las áreas potencialmente inundables se han tomado:

- Las áreas que delimitan zonas inundables deducidas del estudio geomorfológico a escala 1:50.000.

- Las áreas definidas en los planes especiales de Protección Civil, asociadas a un período de retorno de 500 años, que a su vez han sido obtenidas por un estudio geomorfológico o hidráulico.
- Las áreas definidas en estudios de inundabilidad anteriormente realizados, asociadas a un período de retorno de 500 años.
- Las áreas definidas en simulaciones hidráulicas elaboradas a propósito para este estudio, asociadas a un período de retorno de 500 años.

En aquellos tramos no definidos por un área sino por alguna referencia geográfica poco definida, se han tomado los tramos de cauce en el entorno de la referencia citada.

### 3. VALORACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Como se expone en el apartado anterior, en algunos tramos se dispone de un área inundable delimitada por criterios geomorfológicos, en otras de áreas delimitadas por estudios de inundabilidad y en otras no se dispone de ninguna delimitación del área potencialmente inundable, por disponer únicamente de una referencia geográfica como puede ser el nombre de un cauce, de una población o de un municipio.

Por este motivo, en los casos en los que no se dispone de la representación gráfica de un área inundable, se ha llevado a cabo un estudio preliminar consistente en la obtención de un caudal asociado a un período de retorno de 500 años y la simulación hidráulica mediante un modelo simplificado que ha permitido la delimitación del área inundable.

Ante las carencias que presenta la información histórica, se ha dado este tratamiento no sólo a las áreas potencialmente inundables en el futuro, sino también a todas aquellas áreas de las cuales se dispone de información histórica, pero cuya información no ha sido concluyente al aplicar el criterio de valoración en función de los datos históricos.

De este modo, se han empleado 92 áreas delimitadas en el Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Valenciana, 20 áreas definidas como zonas inundables en el estudio geomorfológico, 25 áreas inundables definidas en estudios hidráulicos desarrollados anteriormente y obtenidos en la fase de recopilación de la

información y 317 modelos hidráulicos específicamente desarrollados para el presente estudio, de los cuales 283 son modelos simplificados unidimensionales en régimen permanente y 34 modelos bidimensionales en régimen variable.

Para la valoración de dichas áreas se ha empleado la información relativa a los usos del suelo conjuntamente con la delimitación de las áreas inundables, de modo que se ha obtenido la intersección de las áreas obtenidas del modo indicado anteriormente, con las parcelas delimitadas en función de los usos del suelo.

Los usos del suelo considerados han sido los reflejados en la cartografía del SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, 2004/2006), a los que se han asignado los coeficientes de ponderación adimensionales siguientes, obtenidos proporcionalmente a la valoración económica de cada uno de los usos:

USO DEL SUELO	COEFICIENTE
Asociación frutal - viñedo	0.56
Asociación frutos secos - olivar	0.45
Asociación frutos secos - viñedo	0.45
Asociación olivar - frutal	0.56
Asociación olivar - viñedo	0.56
Cítricos	0.83
Edificaciones	68.70
Frutales	0.56
Frutos secos	0.34
Huerta	0.34
Invernaderos y cultivos bajo plástico	0.34
Isla de olivar	0.56
Olivar	0.56
Pastizal	0.34
Pasto arbustivo	0.34
Pasto con arbolado	0.34
Tierras arables	0.34
Viales	51.80
Viñedo	0.56
Zona urbana	100.00

Tabla de coeficientes en función de los usos del suelo

A esto se añaden las infraestructuras lineales de carreteras, líneas de ferrocarril y líneas eléctricas.

Como resultado de la intersección de cada área inundable con las parcelas definidas en la capa de información de usos del suelo, se obtiene un mapa en el cual figuran los usos de suelo afectados, del que se extraen las superficies afectadas para cada uso.

Estas superficies multiplicadas por sus correspondientes coeficientes, dan una valoración del efecto de la inundación de cada área. A esta valoración se le añade una valoración de las infraestructuras lineales, en la que a las carreteras se les ha asignado un coeficiente medio por kilómetro de 21.195, correspondiente a un coeficiente obtenido por comparación entre la valoración económica que tendría por unidad de longitud, frente al coste que tendría el suelo en zona urbana. Del mismo modo, a las líneas ferroviarias se les ha asignado un coeficiente medio por kilómetro de 54.970 y a las líneas de A.T. un coeficiente medio por kilómetro de 1.172.

Para evitar la gran dispersión en los resultados obtenidos, se ha obtenido lo que se ha llamado Unidad de Daños Homogeneizados (UDH), que responde a la expresión siguiente:

$$UDH = \text{Log}_{10}(\sum \text{Sup.Inund}(\text{SIGPAC}) * \text{Coef.Uso} + \sum \text{Long} \cdot \text{carretera} * C + \sum \text{Long} \cdot \text{FFCC} * F + \sum \text{Long} \cdot \text{AT} * T)$$

Donde se incluyen los conceptos:

**Sup.Inund(SIGPAC)**, que corresponde a la superficie inundada de cada uso del suelo en m<sup>2</sup>.

**Coef. Uso**, que corresponde a los coeficientes de la tabla anterior.

**Long. Carretera**, que corresponde a las longitudes de carretera afectadas en Km.

**C**, que corresponde al coeficiente indicado anteriormente para las carreteras.

**Long. FFCC**, que corresponde a las longitudes de ferrocarril afectadas en Km.

**F**, que corresponde al coeficiente indicado anteriormente para los ferrocarriles.

**Long. AT**, que corresponde a las longitudes de líneas eléctricas de alta tensión afectadas en Km.

**T**, que corresponde al coeficiente indicado anteriormente para las líneas eléctricas.

Esta valoración permite ordenar los tramos considerados en función de los daños potenciales, obteniendo así una priorización de los mismos.

## 5. RESUMEN DE LAS TENDENCIAS RELEVANTES A LARGO PLAZO

Fecha: Julio 2010

1. Introducción.....	3
2. Tendencias a largo plazo en los usos del suelo.....	3
3. Tendencias a largo plazo en el comportamiento hidrológico .....	3
3.1. Episodios de precipitación.....	3
3.2. Variaciones en el nivel del mar .....	6

## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque es difícil conocer las tendencias a largo plazo, se deben tomar en consideración dos aspectos fundamentales:

- Tendencias en cuanto a los usos del suelo, que afectan a cambios en la exposición.
- Tendencias en el comportamiento hidrológico, que afectan a cambios en la peligrosidad.

## 2. TENDENCIAS A LARGO PLAZO EN LOS USOS DEL SUELO

En cuanto a este primer aspecto, en general se observa que la evolución en toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar ha supuesto un incremento en el valor económico del suelo y en la ocupación del mismo para usos urbanos (residenciales e industriales) en detrimento de otros usos como son, principalmente, forestales o agrícolas. La planificación urbanística de la mayor parte de los municipios de la demarcación contempla un crecimiento del uso urbano, pero no una reducción del mismo, por lo que la tendencia futura pasa por un incremento de la exposición.

## 3. TENDENCIAS A LARGO PLAZO EN EL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

A continuación se exponen las consideraciones para la valoración de las repercusiones del Cambio Climático sobre las inundaciones en la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

### 3.1. Episodios de precipitación

Atendiendo a la información disponible, no parece existir un conocimiento suficientemente claro y concreto para determinar una parametrización de los efectos del cambio climático sobre el comportamiento hidrológico de las cuencas de los ríos de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. El *DOCUMENTO TÉCNICO VI* del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), sobre *EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AGUA*, dice en su sección 2.1.1.:

Hasta el momento, **la atribución de las variaciones de la precipitación mundial es incierta**, puesto que la precipitación está fuertemente influida por las pautas de variabilidad natural en gran escala.

Por otra parte, en esa misma sección 2.1.1., el documento continúa:

La tendencia lineal del promedio mundial obtenido de la RMCH (Red Mundial de Climatología Histórica) entre 1901 y 2005 es estadísticamente insignificante. Ninguna de las estimaciones de tendencia respecto al periodo 1951-2005 es apreciable, existiendo muchas discrepancias entre los conjuntos de datos, lo que demuestra la dificultad de monitorizar una magnitud como la precipitación, que presenta una gran variabilidad tanto en el espacio como en el tiempo.

En lo que se refiere a los episodios de precipitación intensa, potencialmente causantes de inundaciones, en la sección 2.1.1. del citado documento, se indica:

**Se ha observado en todo el mundo un aumento de los episodios de precipitación intensa** (por ejemplo, por encima del percentil 95) incluso en lugares en que la cantidad total ha disminuido. Este incremento está asociado a un aumento de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, y se corresponde con el calentamiento observado (Figura 2.4). En las estadísticas de lluvia, sin embargo, predominan las variaciones interanuales o decenales, y las estimaciones de tendencia no concuerdan espacialmente.

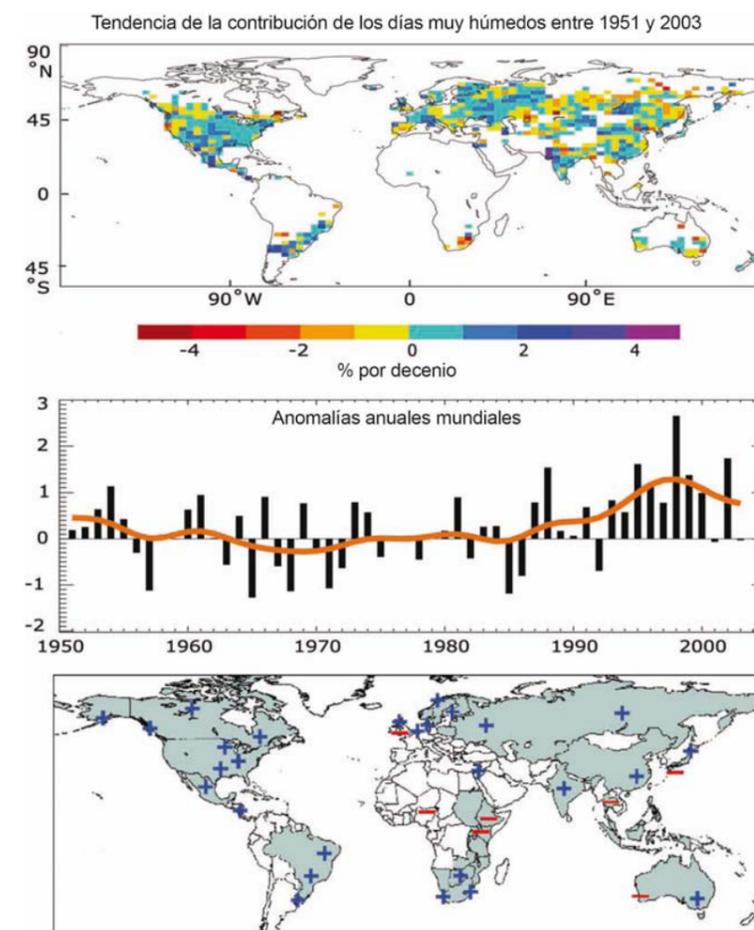
La mencionada figura 2.4 del documento es la que se presenta a continuación. En esta figura se observa en la parte superior que en el área correspondiente a la Demarcación Hidrográfica del Júcar, la tendencia observada (% por decenio) en 1951-2003 de la contribución de los días muy húmedos a la precipitación total anual, se encuentra entre 0 y -1, por lo que no parece indicado en este caso considerar que en el futuro el cambio climático pueda suponer un incremento de la severidad de los episodios de precipitación que pueden ser causantes de inundaciones.

Por otra parte, el IPCC, en el citado documento, sección 2.3.1.2, relativa a Valores extremos de precipitación, indica:

*Es muy probable que los episodios de precipitación intensa aumenten en frecuencia.*

Y refiriéndose al “agregado” como una composición de los resultados de diferentes modelos, establece:

El agregado contiene una mayor diversidad de alteraciones de la precipitación extrema que la media del agregado de control (en comparación con la respuesta de los extremos de temperatura, que es más coherente). **Ello indica una respuesta menos coherente respecto a las precipitaciones extremas**, en conjunto, que respecto a los extremos de temperatura.



**Figura 2.4:** En la figura superior se indican las tendencias observadas (% por decenio) en 1951-2003 de la contribución de los días muy húmedos a la precipitación total anual (percentil 95 en adelante). En la figura del centro puede verse el cambio de la contribución de los días muy húmedos al total de precipitación mundial anual (valores porcentuales respecto del promedio de 1961-1990, que fue de 22,5%) (Alexander et al., 2006). En la figura inferior se indican las regiones en que se han documentado cambios desproporcionados de la precipitación intensa y muy intensa, de signo positivo (+) o negativo (-) respecto del cambio de la precipitación anual y/o estacional (actualizado según Groisman et al., 2005). [GTI, Figura 3.39]

Es decir, que existe una gran incertidumbre en cuanto al efecto del cambio climático sobre las precipitaciones, tanto de carácter medio, como de carácter intenso. Por otra parte, aunque parece haberse observado un aumento global de los episodios de

precipitación intensa, en el caso de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, no se aprecia un incremento significativo de la intensidad de los episodios lluviosos, por lo que se pueden dar por válidos los datos estadísticos disponibles actualmente para la estimación de los caudales de avenida a considerar.

### 3.2. Variaciones en el nivel del mar

En cuanto a los posibles efectos del nivel del mar como condición de contorno en los tramos de cauce que desembocan en el mar, se ha adoptado un criterio basado en los estudios relativos al cambio climático, cuyos resultados se recogen en el DOCUMENTO TÉCNICO II del IPCC, en el que se realiza una descripción del proceso seguido para la elaboración de un modelo de predicción de la evolución del nivel del mar, por el Grupo de Trabajo I en el Segundo Informe de Evaluación, partiendo de tres hipótesis diferentes de la evolución de la temperatura:

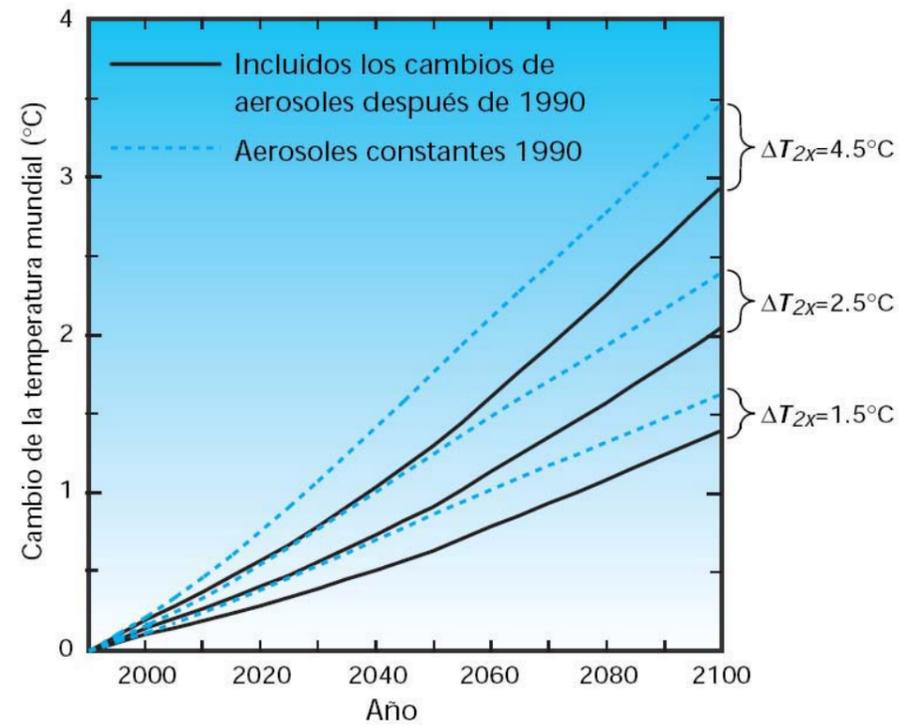


Figura. Cambio de la temperatura media mundial por el modelo de difusión-afloramiento unidimensional.

En base a estos resultados, el mismo documento establece tres posibles escenarios en la subida del nivel del mar, como se presenta en la figura siguiente:

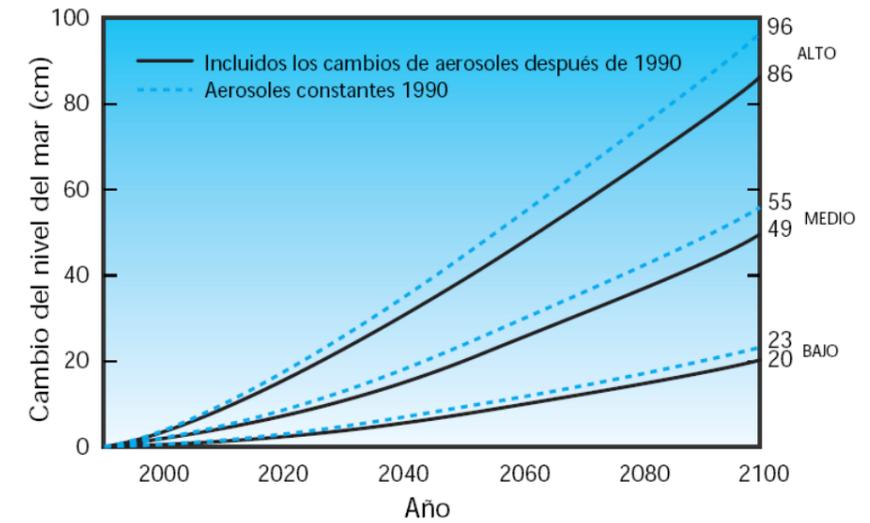


Figura. Cambios de nivel del mar mundiales basados en el modelo de difusión-afloramiento unidimensional.

Aunque también en el caso de las variaciones del nivel del mar a consecuencia del cambio climático existen grandes incertidumbres, en este caso el IPCC presenta unos resultados obtenidos en una modelación, en base a los cuales se ha optado por tomar el valor medio para un horizonte aproximado al año 2050. De este modo, tomando los valores medios de los tres pronósticos elaborados, para el año 2050 habría que suponer un incremento medio en el nivel del mar de unos 20 cm respecto a 1990. Adoptando un criterio conservador, dentro de la hipótesis elegida, se asume que se pueda llegar a producir ese incremento desde la fecha actual.

**6. APLICACIÓN DEL ARTÍCULO 13 Y RESUMEN DE CÓMO SE  
HAN CONSIDERADO CADA UNO DE LOS ASPECTOS  
RECOGIDOS EN EL ARTÍCULO 4(2)(D) DE LA DIRECTIVA  
2007/60/CE PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS  
POTENCIALES DE FUTURAS INUNDACIONES**

Fecha: Julio 2010

1. Introducción.....	3
2. Consideración de los diferentes aspectos.....	4

## 1. INTRODUCCIÓN

El artículo 13 de la Directiva 2007/ CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, establece lo siguiente

*1. Los Estados miembros podrán decidir no realizar la evaluación preliminar del riesgo de inundación mencionada en el artículo 4 para las cuencas o subcuencas hidrográficas o las zonas costeras respecto de las cuales:*

*a) bien, ya hubieran realizado una evaluación de riesgo y hubieran llegado a la conclusión, antes del 22 de diciembre de 2010, de que existe un riesgo potencial de inundación significativo o de que cabe considerar que la materialización de dicho riesgo es probable, y ello les hubiera llevado a incluir la zona en cuestión entre las zonas señaladas en el artículo 5, apartado 1,*

[...]

En aplicación del artículo 13(1)(a) citado, la Demarcación Hidrográfica del Júcar estaría exenta de la realización de la evaluación preliminar del riesgo, por disponer de la evaluación del riesgo que se presenta en este documento. No obstante, en la realización de esta evaluación preliminar del riesgo, se han considerado casi en su totalidad, los aspectos del artículo 4(2)(d) de la Directiva 2007/60/CE, según se expone a continuación.

El artículo 4(2)(d) de la Directiva 2007/60/CE establece lo siguiente:

*2. Sobre la base de la información de que se disponga o que pueda deducirse con facilidad, como datos registrados y estudios sobre la evolución a largo plazo, en especial sobre el impacto del cambio climático en la frecuencia de las inundaciones, se realizará una evaluación preliminar del riesgo de inundación con objeto de proporcionar una evaluación del riesgo potencial. La evaluación tendrá como mínimo el siguiente contenido:*

[...]

**d) Una evaluación de las consecuencias negativas potenciales de futuras inundaciones para la salud humana, el medioambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, teniendo en cuenta, siempre que sea posible, factores como la topografía, la localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas generales, incluidas las llanuras aluviales como zonas de retención naturales, la eficacia de las infraestructuras artificiales existentes de protección contra las inundaciones, la localización de las zonas pobladas, de las zonas de actividad económica y el panorama de la evolución a largo plazo, incluidas las repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones.**

Para tomar en consideración este apartado de la directiva, se ha aplicado esta metodología no solo a los tramos que previsiblemente pudieran tener inundaciones en el futuro en base a la información relativa a la topografía, la localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas generales, sino también a las zonas de las cuales se disponía de información histórica, pero dicha información no ha sido determinante para considerarlas como áreas de riesgo potencial significativo.

## 2. CONSIDERACIÓN DE LOS DIFERENTES ASPECTOS

Los diferentes aspectos se contemplan en la presente evaluación preliminar del riesgo de la siguiente manera:

1. **La localización de los cursos de agua** se ha considerado en la preselección de los tramos de cauce a estudiar, realizando la intersección de la representación de dichos tramos en la cartografía oficial a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, con la información relativa a zonas inundables de diferentes procedencias.
2. **Las características hidrológicas** de los cauces se han considerado delimitando las áreas inundables asociadas a los tramos preseleccionados por medio de estudios geomorfológicos o hidrológicos – hidráulicos existentes o en su defecto, realizando una simulación hidráulica simplificada con los caudales obtenidos por medio del mapa de caudales máximos de avenida desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). En aquellos tramos de los cuales no se disponía de datos procedentes de dicho estudio, se ha realizado una estimación de los caudales de avenida empleando

para ello el Método Racional sobre el modelo digital del terreno disponible en la Confederación Hidrográfica del Júcar.

3. **Las características geomorfológicas** se han considerado en aquellos tramos de cauce en los que sobre la cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), se ha determinado que existen llanuras o conos aluviales como zonas de retención naturales. Por medio de la intersección de dichos elementos geomorfológicos con los cursos de agua de la cartografía 1:25.000 citada, se identificaron los tramos de cauce asociados a estas zonas de retención natural como parte de la preselección de tramos a estudiar. Posteriormente, para la valoración de las áreas en función de la peligrosidad y la exposición, se ha considerado en algunos casos como zona inundable, la delimitada por estas llanuras o conos aluviales.
4. **La localización de las zonas pobladas y de las zonas de actividad económica** se han considerado como parte de los usos del suelo expuestos a inundaciones potenciales, como se expone más adelante.
5. **El panorama de la evolución a largo plazo incluidas las repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones** se han considerado de dos modos:
  - a. Respecto a las tendencias en cuanto a los usos del suelo, que afectan a cambios en la exposición, en base a la experiencia y al conocimiento de la Demarcación hidrográfica del Júcar, se puede decir que en los últimos tiempos han evolucionado incrementando el valor del suelo y no es previsible que se produzca un retroceso. En cualquier caso, se hace esta consideración de forma cualitativa, no suponiendo una repercusión en la valoración cuantitativa realizada.
  - b. Respecto a las tendencias debidas a la repercusión del cambio climático, atendiendo a los documentos técnicos elaborados por el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), se ha considerado que los episodios de precipitación intensa no evolucionan de forma significativa en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, por lo que se dan por válidas las estadísticas hidrológicas disponibles actualmente.
6. **La eficacia de las infraestructuras artificiales existentes de protección contra las inundaciones** se ha considerado de forma cualitativa, elaborando un inventario de las principales infraestructuras de defensa y realizando una evaluación cualitativa de las mismas, según se expone en documento anejo a esta memoria.

7. **La topografía** se ha considerado de forma implícita en los apartados anteriores, como se deduce de lo anteriormente expuesto.

De este modo, la **evaluación de las consecuencias negativas potenciales de futuras inundaciones para la salud humana, el medioambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica**, se ha realizado por la intersección de las zonas inundables definidas por medio de los elementos geomorfológicos expuestos anteriormente, de las zonas inundables delimitadas en estudios anteriores o de modelos simplificados elaborados expresamente para este estudio con los usos del suelo, entendiendo por tales usos del suelo:

- Los diferentes usos residenciales, agrícolas, industriales, urbanos, vías de transporte, etc., contemplados en la cartografía del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, cuya afección puede generar consecuencias negativas para la **actividad económica** o la **salud humana**.
- La cartografía de las zonas catalogadas en la Red Natura 2000, así como el mapa de localización de las actividades industriales catalogadas en el Inventario de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC) de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Con estos mapas es posible prever la posibilidad de que se produzca una Contaminación significativa y en su caso, comprobar la posibilidad de que un área protegida se vea afectada. Todo ello ha permitido valorar cualitativamente el efecto negativo de las inundaciones sobre el **medio ambiente**.
- De la cartografía del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), se han obtenido, para su valoración cualitativa, los usos del suelo cuya afección puede suponer consecuencias negativas para el **patrimonio cultural**.

## **7. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO**

Fecha: Julio 2010

1. Introducción.....	3
2. Valoración a partir de la información histórica.....	3
3. Valoración a partir del análisis de la peligrosidad y la exposición.....	7
4. Homogeneización de los umbrales basados en datos históricos y en peligrosidad + exposición.....	9
5. Selección de áreas de riesgo potencial significativo .....	9
6. Otras consideraciones.....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

Como se ha expuesto en capítulos anteriores, se ha llevado a cabo una valoración en base a dos criterios:

- Haciendo una valoración de los tramos de cauce preseleccionados en base a la información histórica disponible, estableciendo un umbral a partir del cual se ha considerado significativo el riesgo en base a esta información.
- Haciendo una valoración de los daños potenciales en base a la información disponible o elaborada expresamente sobre la exposición y la peligrosidad.

Los detalles de estos procedimientos de valoración se exponen en los capítulos:

- *RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL PASADO Y LAS CONSECUENCIAS ADVERSAS QUE ORIGINARON.*
- *RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS FUTURAS INUNDACIONES POTENCIALES SIGNIFICATIVAS Y SUS CONSECUENCIAS ADVERSAS POTENCIALES.*

Por lo que a continuación sólo se presenta un resumen de los procedimientos de valoración y se incluyen los criterios empleados para el establecimiento de los umbrales para la consideración del riesgo potencial significativo.

## 2. VALORACIÓN A PARTIR DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA

Esta primera selección se realiza con la información histórica disponible, y permite evaluar los impactos de las inundaciones pasadas y que pueden producirse en el futuro. El resultado obtenido permite establecer una ordenación de las zonas de riesgo potencial de inundación en base a los criterios de información histórica.

Para ello, de forma resumida, se ha obtenido un listado de inundaciones ocurridas en el pasado, con un inventario de los impactos producidos en la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica.

Adicionalmente, se han obtenido todos los datos que ha sido posible localizar relativos a intensidades de precipitación, niveles y caudales medidos y otra información complementaria.

Como método de cuantificación se ha utilizado un procedimiento basado en el desarrollado por la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI) en los años 1980. En estos años, la Comisión Nacional de Protección Civil creó una Comisión Técnica pluridisciplinar encargada de “estudiar las medidas correctivas y preventivas que debían acometerse por el Gobierno en las zonas habitualmente castigadas por las inundaciones con el propósito de evitar o disminuir sus efectos”. Posteriormente y con el fin de clasificar las zonas dentro de cada cuenca hidrográfica se utilizó una metodología basada en métodos cualitativos o semicualitativos. De este modo, se ha aplicado la siguiente formulación.

$$\text{Valoración episodio}_i = \sum_j \text{tipodaño}_{ij}^{(1)},$$

donde  $\text{tipodaño}_i$  son los tipos de daños que se generaron (fallecidos, daños a viviendas, etc.) de la categoría  $i$  para un episodio  $j$ . Los factores utilizados son los que se presentan en la tabla siguiente:

Categoría	Factor de ponderación
Fallecidos	32
Viviendas	16
Servicios	16
Evacuados	8
Infraestructuras	8
Industria	4
Agricultura y ganadería	4

Asimismo, para poder aplicar esta valoración a los tramos de cauce preseleccionados, se ha aplicado un criterio similar, de manera que la valoración de cada tramo resulta de sumar la valoración de los episodios que afectaron al área geográfica (municipios) por los que transcurre dicho tramo, de tal modo que:

$$\text{Valoración tramo} = \sum \text{Valoración episodio}_j^{(2)}$$

Siendo “Valoración episodio $_j$ ” el valor obtenido para cada uno de los episodios que han sucedido en los municipios por los que transcurre el tramo preseleccionado, de acuerdo con la fórmula (1).

Una vez aplicada esta formulación, se han obtenido unas valoraciones que han permitido ordenar los tramos preseleccionados en función de los mayores o menores impactos que provocaron los episodios registrados en el pasado en cada uno de ellos.

Estudiando los resultados obtenidos, se ha observado que los de mayor valoración se corresponden en general con las zonas más densamente pobladas y con zonas en las que el comportamiento hidrológico resulta ser más extremo, con precipitaciones muy intensas.

Debido a las limitaciones de la información histórica y principalmente a la falta de referencias geográficas en muchos casos, en este procedimiento se asume que los tramos de cauce que circulan por un término municipal determinado, han sido afectados de igual modo por cada episodio. Esto no es totalmente correcto, por lo que después de realizar la valoración, se han revisado algunos de los resultados, corrigiendo los mismos, de modo que se ha mantenido la valoración de los tramos que realmente han sido afectados por los episodios registrados, y concluyendo que no había datos suficientes para aquellos que, pasando por el mismo término municipal, realmente no habían sido los que habían generado los daños registrados en la base de datos histórica. Para ello se han realizado consultas al personal experto de la Confederación Hidrográfica del Júcar, al personal de la Guardería Fluvial de cada una de las zonas y realizado visitas a las zonas y encuestas a ciudadanos de las zonas afectadas.

El “riesgo potencial significativo” es un concepto con una componente claramente subjetiva. No obstante, se ha procurado establecer un umbral basado en un criterio lo más objetivo posible.

Para ello, en base a los resultados obtenidos, se han representado los porcentajes de daños potenciales contemplados por el estudio en función de los diferentes posibles umbrales, de manera que para cada umbral, se considerarían significativos los daños asociados a las valoraciones obtenidas con un valor superior a dicho umbral. De igual modo, se ha representado el mismo umbral en función del porcentaje sobre el coste

total que supondría el estudio del conjunto de tramos con una valoración superior a dicho umbral. Para el cálculo de estos costes se ha tenido en cuenta la valoración del proceso de la cartografía, la elaboración de la modelización hidráulica y su representación.

En estos dos gráficos se observa un acusado cambio de pendiente en el entorno de la abscisa 500, de modo que para un umbral superior a 500 el decremento del porcentaje de daños que se contemplarían sería bajo, por serlo la pendiente de la curva del gráfico superior por encima de dicho umbral. Por otra parte, por debajo del umbral 500, el incremento del coste es muy importante.

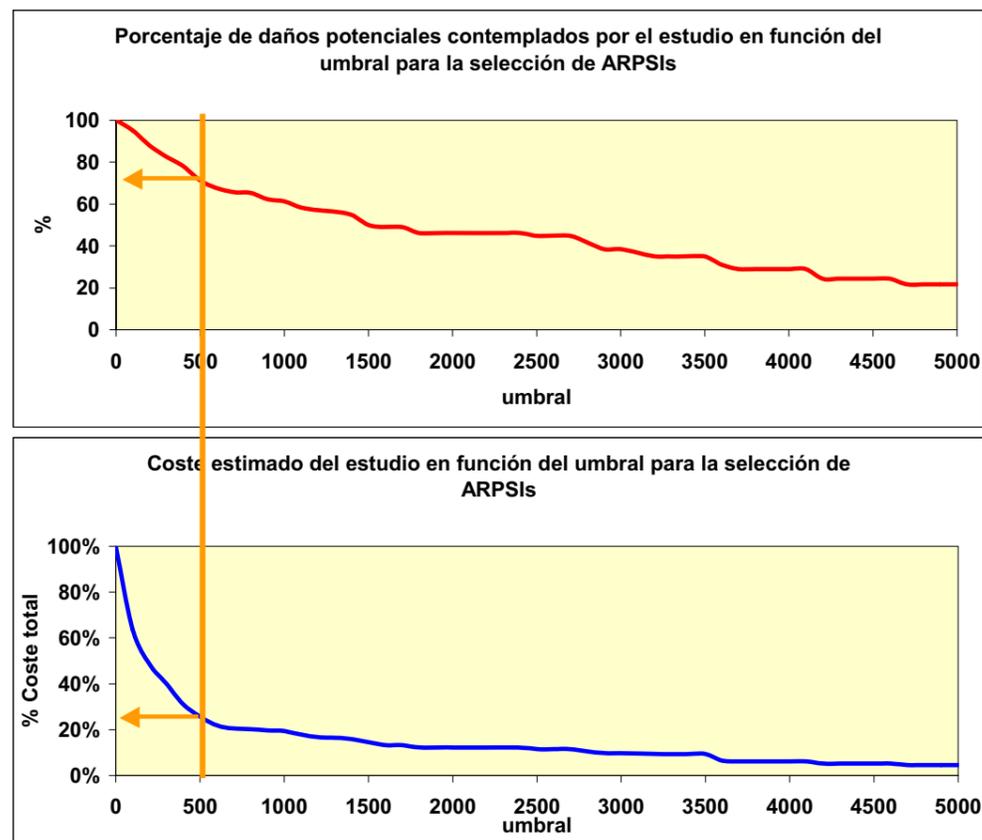


Figura. Gráficos orientativos para el establecimiento del umbral.

Se observa también que estableciendo el umbral en el valor 500, con un coste de poco más del 20% del total que supone estudiar todos los tramos preseleccionados, se contemplarían más del 70% de los daños potenciales según el criterio de valoración de la información histórica expuesto anteriormente.

Se debe tener en cuenta que estos gráficos representan una valoración estimada y basada en unos datos históricos, con las limitaciones ya mencionadas, pero valorándolos cualitativamente, han servido para tomar como valor orientativo del umbral el ya indicado de 500.

Contrastado este umbral con los técnicos expertos y conocedores de la problemática de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, finalmente ha sido validado y ha servido para seleccionar inicialmente como tramos de riesgo potencial significativo todos aquellos con una valoración superior a 500.

### 3. VALORACIÓN A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD Y LA EXPOSICIÓN

Para los tramos preseleccionados en base a criterios geomorfológicos o identificados en base a otros estudios de los cuales no se dispone de información histórica, se ha aplicado un procedimiento de valoración basado en la peligrosidad y la exposición. Este procedimiento se ha aplicado también a aquellos tramos de los cuales se dispone de información histórica, pero dicha información no ha sido suficiente para considerar que dichos tramos presentan riesgo potencial significativo, es decir, a aquellos cuya valoración basada en la valoración histórica ha sido inferior al umbral establecido indicado en el apartado anterior. El motivo de aplicar este procedimiento a los tramos que disponen de información histórica que no es determinante para considerar que presentan riesgo potencial significativo parte de la consideración de que estos datos históricos presentan unas carencias importantes y trabajando con ellos de forma aislada, nos encontramos ante una serie de dificultades que complican el establecimiento de una valoración, ya que:

- La información histórica es muy heterogénea, debido a que normalmente los datos de épocas anteriores al siglo XX, rara vez aportan datos cuantitativos. Existen datos históricos con siglos de antigüedad, que permiten conocer poco más que el hecho de que se produjo un episodio de inundaciones en una fecha y zona determinada, mientras que es frecuente que episodios de las últimas décadas estén muy documentados, especialmente cuando han afectado a zonas pobladas.
- Es muy probable que episodios que se hayan producido en zonas poco pobladas no hayan sido documentados, por no existir suficientes

observadores de los mismos o bien por no haber dispuesto de los medios, la capacidad o el interés necesarios para dejar constancia de dichos episodios. Por tanto, el hecho de no disponer de documentos o indicios de episodios de avenidas pasadas en algunos lugares, no implica que no se hayan producido.

- Pueden existir episodios que en el pasado no hayan producido daños o que los daños producidos fueran poco significativos, que de producirse hoy en día o en el futuro, sí fueran dañinos, por haberse producido cambios en los usos del suelo.

Por todo ello se considera fundamental hacer una serie de consideraciones adicionales a la mera valoración expuesta, que permitan obtener unas conclusiones adecuadas de la aplicación de esta metodología y complementar la información relativa a los datos históricos con otro tipo de información.

De este modo, a todos los tramos que se incluyen en este apartado, se les ha aplicado un criterio de valoración consistente en el procedimiento expuesto en el capítulo *RESUMEN DE LA METODOLOGÍA Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS FUTURAS INUNDACIONES POTENCIALES SIGNIFICATIVAS Y SUS CONSECUENCIAS ADVERSAS POTENCIALES*, que de forma resumida consiste en la realización de una intersección de la zona inundable con los usos del suelo.

Las distintas zonas inundables han sido obtenidas por delimitación de las mismas basada en consideraciones geomorfológicas, utilizando modelos hidrológicos - hidráulicos desarrollados con anterioridad, o elaborando modelos hidrológicos - hidráulicos a propósito para la realización de este trabajo.

Aplicando la fórmula expuesta en el capítulo mencionado,

$$UDH = \log_{10} \left( \sum Sup.Inund(SIGPAC) * Coef.Uso + \sum Long \cdot carretera * C + \sum Long \cdot FFCC * F + \sum Long \cdot AT * T \right)$$

Se obtienen unas valoraciones que varían desde valores superiores a 3 hasta valores inferiores a 9.

Para el establecimiento del umbral correspondiente a esta valoración, se ha atendido, al igual que en el caso de la valoración histórica, al criterio de los expertos, encontrándose que el valor 8, corresponde a lo que se ha considerado como el mínimo para la consideración de riesgo potencial significativo. Por tanto, se han considerado como tramos de riesgo potencial significativo, aquellos en los que se ha obtenido una valoración igual o superior a 8.

No obstante, en aras de homogeneizar el criterio de estos umbrales, se ha buscado una correlación entre esta forma de valoración y la empleada para la información histórica.

#### 4. HOMOGENEIZACIÓN DE LOS UMBRALES BASADOS EN DATOS HISTÓRICOS Y EN PELIGROSIDAD + EXPOSICIÓN

Para homogeneizar ambos umbrales, se han aplicado ambas metodologías a varios tramos, encontrándose que aproximadamente, el umbral correspondiente a la valoración histórica en el entorno de 500, se corresponde con un umbral basado en peligrosidad y exposición en el entorno de 8, por lo que existe una coherencia entre ambos procedimientos de valoración.

#### 5. SELECCIÓN DE ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO

De acuerdo con la metodología expuesta, la valoración y umbrales establecidos se han basado en los tramos de cauce preseleccionados.

Estos tramos han sido posteriormente agrupados, configurando áreas de riesgo potencial significativo atendiendo a criterios geomorfológicos, de forma que varios tramos que forman parte de un mismo área, han sido considerados como áreas de riesgo potencial significativo, con la condición de que al menos uno de los tramos superase el umbral.

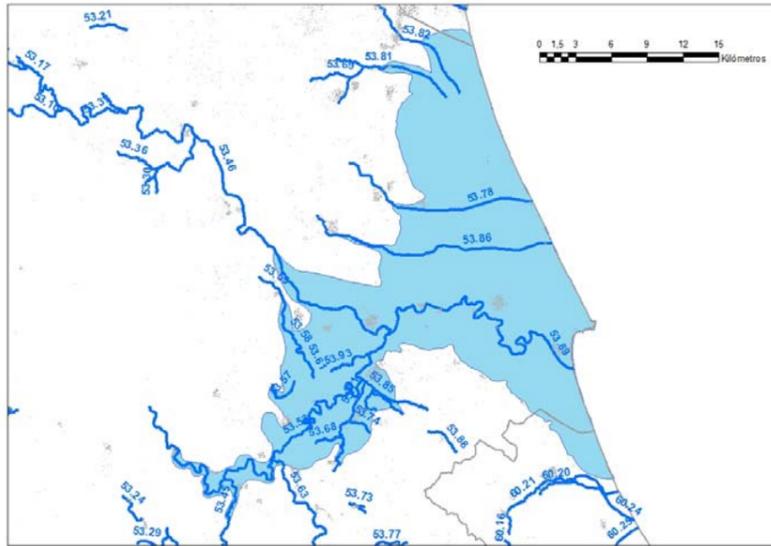


Figura. Ribera del Júcar. Ejemplo de área de riesgo potencial significativo por agrupación de tramos.

Como se observa en la figura de ejemplo, se han agrupado los tramos que forman parte de lo que se ha considerado como un mismo área inundable, atendiendo a la configuración geomorfológica del área.

## 6. OTRAS CONSIDERACIONES

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se ha realizado un inventario de las principales La eficacia de las infraestructuras artificiales existentes de protección contra las inundaciones se ha considerado de forma cualitativa, elaborando un inventario de las principales infraestructuras de defensa y realizando una evaluación cualitativa de las mismas. Al margen de que estas infraestructuras hayan reducido en mayor o menor medida la peligrosidad de algunos de las áreas de riesgo potencial significativo identificadas inicialmente, no se considera que en ningún caso la hayan eliminado, por lo que se ha mantenido la consideración de estas áreas.