

6. Propagación, corrientes y cota de inundación

ÍNDICE

Propagación y corrientes	111
6.1 Climatología Mediterráneo Occidental	111
6.2 Oleaje	111
6.3 Corrientes y mareas.....	114
6.4 Mareas.....	116
Cota inundación	117
6.5 Introducción y objetivos del documento.....	117
6.6 El plan global inundaciones del Júcar	117
6.7 El programa de cartografía de riesgo	119
6.8 Bibliografía.....	122

6.1 Climatología Mediterráneo Occidental

El clima mediterráneo es una variedad del clima subtropical (en el clima mediterráneo típico), o del clima templado (en el clima mediterráneo continentalizado) que se caracteriza por sus inviernos templados; y los veranos secos y calurosos. El nombre lo recibe del Mar Mediterráneo, área donde es típico este clima, pero también está presente en otras zonas del planeta como California, Chile, Australia occidental y Sudáfrica. Se caracteriza por tener una pluviosidad bastante escasa (500 mm) y concentrada en las estaciones intermedias (primavera y otoño), con temperaturas muy calurosas en verano y relativamente suaves en invierno. La vegetación resultante es arbórea de tipo caducifolio o perennifolio con árboles no muy altos y unos estratos herbáceos y de matorrales.

Aunque el Mediterráneo da nombre a un tipo de clima caracterizado por inviernos húmedos y suaves, y veranos cálidos y secos, la vertiente mediterránea en sí misma tiene una climatología más compleja. Este hecho es debido a que a diferencia de otras partes del mundo con un clima similar, el mar mediterráneo está bordeado por masas de tierra. Este hecho que no hace variar el arquetipo de veranos secos e inviernos húmedos, pero precisamente en invierno se manifiesta un clima regional más dinámico.

6.2 Oleaje

Podemos describir las olas como las ondulaciones que se producen sobre la superficie del mar, formadas por la acción del viento al barrer la superficie de las aguas. La velocidad mínima del viento para que su energía dé origen a la formación de las olas, es de 6 nudos, ya que se necesitan 5 nudos para romper la viscosidad o elasticidad del agua. Mueven al agua en cilindro, sin desplazarla hacia adelante, pero cuando llegan a la costa y el cilindro roza en la parte baja con el fondo inician una rodadura que acaba desequilibrando la masa de agua, produciéndose la rotura de la ola. Los movimientos sísmicos en el fondo marino producen, en ocasiones

gigantescas olas llamadas. Tsunami, Olas de puerto en japonés, aunque nos centraremos en las producidas por el viento.

Las ondulaciones que aparecen sobre la superficie de las aguas como consecuencia entre una interacción de la mar y la masa de aire que gravita sobre la misma se ven influenciadas en su formación por:

- El valor y la variación de la presión atmosférica.
- La configuración y profundidad del fondo marino.
- La salinidad.
- La temperatura del agua.
- Eminentemente el viento.

El oleaje generado y su altura, serán proporcionales a la intensidad del viento. Las olas precisan de un periodo de tiempo para generarse a partir de los efectos del viento, pero a la vez precisan también de mucho tiempo para desvanecerse una vez el viento haya cesado. La mar de viento se caracteriza por generar olas agudas, de longitud corta y de una altura un tanto irregular. La mar de viento madura o mar de fondo (**swell**) cuando haya abandonado el área de origen y no esté relacionada con los efectos locales del viento. La mar de fondo presenta siempre un aspecto más regular, con una longitud muy superior a su altura (muy regular entre ellas), de crestas redondeadas y de perfil sinusoidal.

Factores de formación y crecimiento del oleaje son:

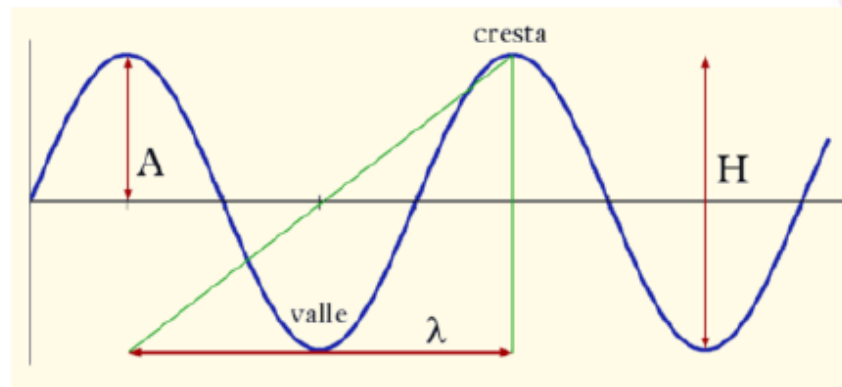
- Intensidad del viento, medida en nudos y usando la escala Beaufort.
- Duración en horas en las que el viento sopla sobre un área oceánica: persistencia.
- Fetch o distancia marina en millas náuticas sobre la cual el viento sopla.

Lo que nos interesa conocer es el oleaje real. Hay que distinguir tres zonas en el desarrollo del oleaje: área generadora, área de propagación y su extinción en la costa. El oleaje real puede ser concebido como una combinación de ondas sinusoidales (componentes) que se propagan independientemente unas de otras. A pesar que cada una de las crestas avanza a una velocidad que corresponde a su

longitud de onda (velocidad de fase), como unidad coherente el grupo avanza con su propia velocidad (velocidad de grupo). Estos grupos pueden ser considerados como portadores de la energía de las olas.

Las olas se describen mediante unos parámetros:

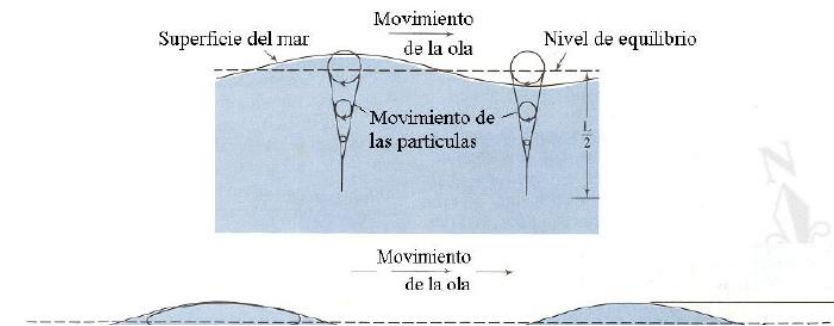
- *Altura (H): Es la distancia vertical entre una cresta y un seno consecutivos.*
- *Periodo (T): Es el tiempo que transcurre entre el paso de dos crestas o dos senos consecutivos, por un mismo lugar.*
- *Longitud de onda (λ): Es la distancia entre dos crestas consecutivas.*
- *Amplitud (A): Es la mitad de la altura $A=H/2$*
- *Velocidad: Es el avance de una línea de crestas, y resulta igual a la longitud dividida por el periodo $C=\lambda/T$.*
- *Pendiente (P): Es el cociente de dividir la altura por la longitud de la onda $P=H/\lambda$*
 - Edad de la ola (e): Es el cociente entre la velocidad de propagación y la velocidad del viento $e=C/V$.
 - Dirección: Punto del horizonte de donde vienen las olas.



A la hora de calcular la altura de la ola nos encontramos con dos situaciones, cuando tenemos mar de fondo, en la cual el oleaje es muy regular y no tiene más complicación. Y mar de viento, el cual es irregular y por tanto más complicado de determinar la altura de la ola. Una regla aproximada de marineros es que en un área de tormenta la altura de las olas en metros será del orden de un sexto de la

velocidad del viento en nudos. Por ejemplo, vientos de unos 50 nudos levantarán olas de unos 8 metros de altura.

Cuando se genera una ola, las partículas hacen un movimiento circular en agua profunda, y un movimiento elipsoidal en aguas costeras, como muestra la siguiente figura:



Proyecto de Regeneración del Litoral (T.M. Sueca, Valencia). ANEJOS BÁSICOS | PROPAGACIÓN, CORRIENTES Y COTA DE INUNDACIÓN

En el mar la altura (H) de la ola es generalmente menor que su longitud (L). En virtud de esto, la teoría que describe el movimiento de una ola se hace más sencilla (teoría lineal de onda o de pequeña amplitud), donde la velocidad de fase o velocidad de propagación de la onda "c" es dada por:

$$c^2 = g/k \tanh(kh)$$

Donde:

$k = 2\pi/L$, es el número de onda
 h: profundidad del agua
 L: la longitud de onda
 g: la aceleración gravitacional
 tanh: tangente hiperbólica

Entonces, si "kh" es muy grande, es porque la profundidad (h) es grande (zona llamada de "agua profunda" en el lenguaje oceanográfico). Esto se cumple cuando la razón entre la profundidad (h) y la longitud de onda (L) es mayor que 0.5. De esta manera, la $\tanh(kh)$ es aproximadamente 1, por lo que:

$$c^2 = g/k$$

y entonces:

$$c = gT/2\pi$$

En esta ecuación anterior observamos que viajan más rápido aquellas olas que tienen mayor período. Por esto las olas de agua profunda se llaman dispersivas. Esto quiere decir, que cuando se genera una tormenta, siempre se van al frente aquellas olas con los períodos más largos. Son las primeras en alcanzar las costas, aunque no necesariamente las de mayor energía.

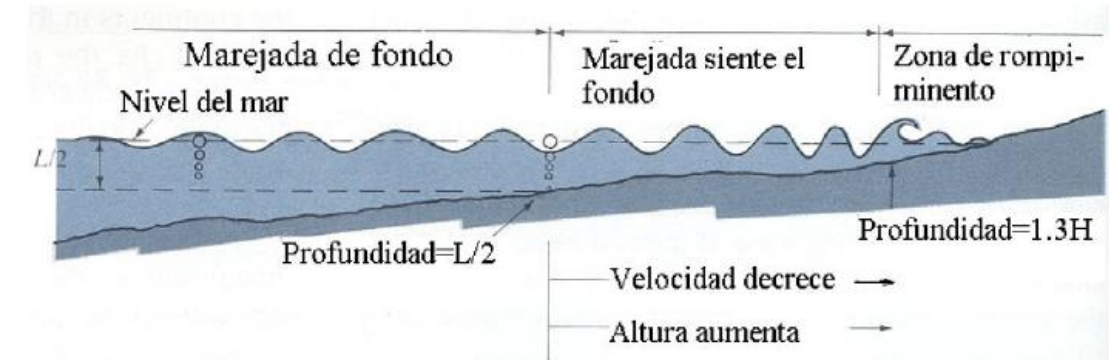
Ahora, si "kh" es muy pequeña, es porque la profundidad (h) es pequeña, entonces:

$$c = \sqrt{gh}$$

Donde se nota que la velocidad de las olas depende de la profundidad (h) por la cual viajan. A mayor profundidad mayor velocidad. Esto tiene una gran importancia en las transformaciones que las olas sufren conforme se aproximan a la costa, llamado refracción de olas. A estas olas, dominadas por la profundidad, se llaman olas de "aguas someras o poco profundas". Esto se cumple

cuando la razón entre la profundidad (h) y la longitud de onda (L) es menor que 0.05.

En esa zona donde el agua no es profunda ni tampoco somera, la ecuación que describe la velocidad de fase de la onda no se puede simplificar, por lo que se aplica tal y como está. A esta zona se le llama de "aguas intermedias".



Los cambios en la dirección del viento se denominan roladas (*veering, backing*) e independientemente de su interés para la navegación, son decisivos en meteorología para determinar el estado de la mar. En términos generales cuanto más tiempo permanece estable la dirección del viento más capacidad tiene para levantar el oleaje.

El estudio de la refracción nos permite obtener:

- La altura de onda en un determinado punto, para un determinado frente de ondas entrante y cuyas características (dirección, altura y período) se conocen en aguas profundas.
- El cambio en la dirección de propagación de cada uno de los puntos del frente y, por tanto, la convergencia o divergencia de la energía de la onda al acercarse a la costa.

Además de la refracción producida por la variación de la profundidad marina, las ondas pueden ser refractadas por cualquier otro fenómeno que origine el que una zona del frente vaya más deprisa que otra. Entre estos, podemos citar las corrientes marinas, los vientos, el rozamiento con el fondo, la rotura de las ondas, etc. El efecto de la refracción es distinto para ciertas zonas, dependiendo de la batimetría y de los accidentes geográficos (cabos, bahías, orientación de la costa, etc.).

Se estudian tres tipos de ondas, según el periodo:

- Onda corta (T menor o igual 8 seg): Se elige el valor T = 7 seg
- Onda regular (8 < T < 12 seg): Se elige el valor T = 10 seg

- Onda larga (T mayor o igual 12 seg): Se elige el valor T = 13 seg

Promedios							
V nudos	V m/s	Alcance millas	Alcance Km	Persis. Horas	H m	L m	T s
10	5	10	19	2	0,27	8,5	3,0
12	6	18	33	4	0,43	12,2	3,4
14	7	28	52	5	0,61	16,8	4,0
16	8	40	74	7	0,85	21,6	4,6
18	9	55	102	8	1,16	27,4	5,0
20	10	75	139	10	1,49	33,8	5,7
22	11	100	185	12	1,92	41,1	6,3
24	12	130	241	14	2,38	48,8	7,0
26	13	180	333	17	2,90	57,3	7,4
28	14	230	426	20	3,47	66,4	8,0
30	15	280	519	23	4,15	76,5	8,6
32	16	340	630	27	4,88	86,9	9,0
34	17	420	778	30	5,67	98,1	9,7
36	19	500	926	34	6,52	110,0	10,3
38	20	600	1111	38	7,47	122,5	10,9
40	21	710	1315	42	8,50	135,9	11,4
42	22	830	1537	47	9,60	149,7	12,0
44	23	960	1778	52	10,79	164,6	12,6
50	26	1420	2630	69	14,84	212,1	14,3

Condiciones necesarias para la formación de una mar completamente desarrollada, para una velocidad de viento dada y parámetros medios de las olas resultantes.

La relación entre el oleaje descrito por la escala de Douglas y los vientos de la de Beaufort es válida para un mar de viento completamente desarrollado.

Grado	Denominación	Altura de las olas (m)	Equivalencia escala Beaufort
0	Calma	0	0
1	Rizada	0 a 0,25	1-2
2	Marejadilla	0,25 a 0,5	3
3	Marejada	0,5 a 1,25	4
4	Fuerte Marejada	1,25 a 2,5	5
5	Gruesa	2,5 a 4	6
6	Muy Gruesa	4 a 6	7
7	Arbolada	6 a 9	8-9
8	Montañosa	9 a 14	10-11
9	Enorme	> 14	12

6.3 Corrientes y mareas

Las corrientes deben su origen principalmente a los grandes sistemas de viento, aunque también están dirigidas por las diferencias de densidad y contenido de sal, así como de temperatura y las influencias de la evaporación; y por la rotación de la Tierra, que les proporciona en el hemisferio norte una tendencia a la derecha, por el conocido efecto de Coriolis. El giro de la Tierra hacia el Este influye en las corrientes marinas, porque tiende a acumular el agua contra las costas situadas al oeste.

La importancia de las corrientes en la configuración de las características climáticas mundiales es fundamental, influyendo también en las características biológicas en las zonas marinas próximas, por lo que suponen de regulación de la temperatura del agua y aporte de nutrientes. La corriente determina la productividad pesquera de sus costas.

Las corrientes son el desplazamiento de una masa de agua. Podemos establecer una clasificación de los distintos tipos de corriente según su origen.

Corriente de densidad.

Debido a diferencias de temperatura y salinidad entre dos masas de agua situadas en distintos lugares o profundidades se produce una variación de densidad. La tendencia natural es a compensar esta diferencia de densidad, por lo que una de las masas se desplaza hacia la otra a una velocidad en nudos proporcional a la diferencia de densidad. Por ejemplo, la corriente que se forma en el Estrecho de Gibraltar al entrar agua con menor densidad del Atlántico al Mediterráneo y bajo este manto de agua existe el agua del Mediterráneo con mayor densidad fluye en sentido contrario (vaciante).

Corriente de arrastre.

Son las corrientes que se establecen en superficie por la acción directa del viento siendo de mayor intensidad cuando el viento es constante sobre una masa extensa de agua, como es el caso de los alisios. En el Mediterráneo no suelen darse estas corrientes con una importante intensidad.

Corrientes de marea.

Son debidas exclusivamente por la variación del nivel del mar debido a la atracción de la luna y el sol, y su dirección cambia a la vez que cambian las mareas. La velocidad de estas corrientes suele ser muy intensa dependiendo de la configuración de la costa, en pasos estrechos pueden llegar a alcanzar diez nudos. En altamar suelen carecer de importancia.

Circulación oceánica.

Se establece una circulación de grandes masas de agua más o menos constante debido a la combinación de dos tipos de corriente, una por la compensación de densidad y la otra por corrientes de arrastre. De este tipo de corriente, las más conocidas son: la corriente del golfo que fluye en dirección NE transporta las cálidas aguas del golfo de México hasta las costas de Europa. La corriente del labrador fluye en dirección contraria desde las costas del labrador y terranova transportando agua de las regiones cálidas.

En el siguiente mapa se muestran la distribución que tienen las corrientes en el Mediterráneo. Localizando en el estrecho de Gibraltar las de mayor intensidad.

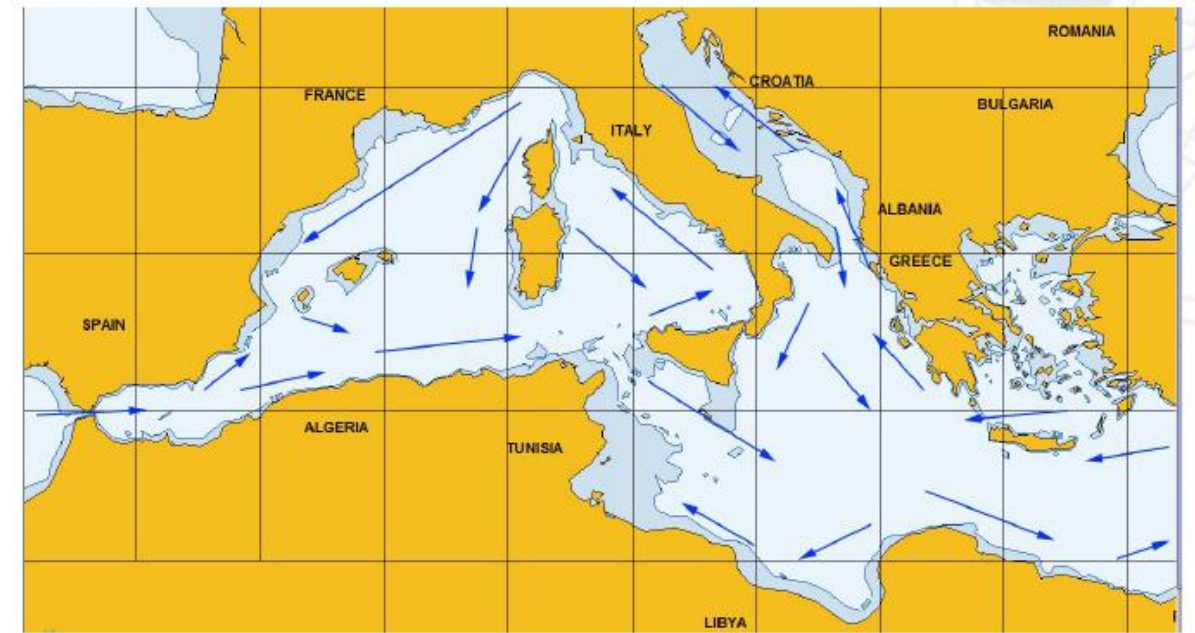


Gráfico que muestra donde podemos encontrar las corrientes principales del Mediterráneo, en verde la circulación de la corriente del agua al entrar por el Estrecho de Gibraltar, en rojo corrientes que giran en el sentido de las agujas del reloj y en azul corrientes que giran en sentido contrario a las agujas del reloj.

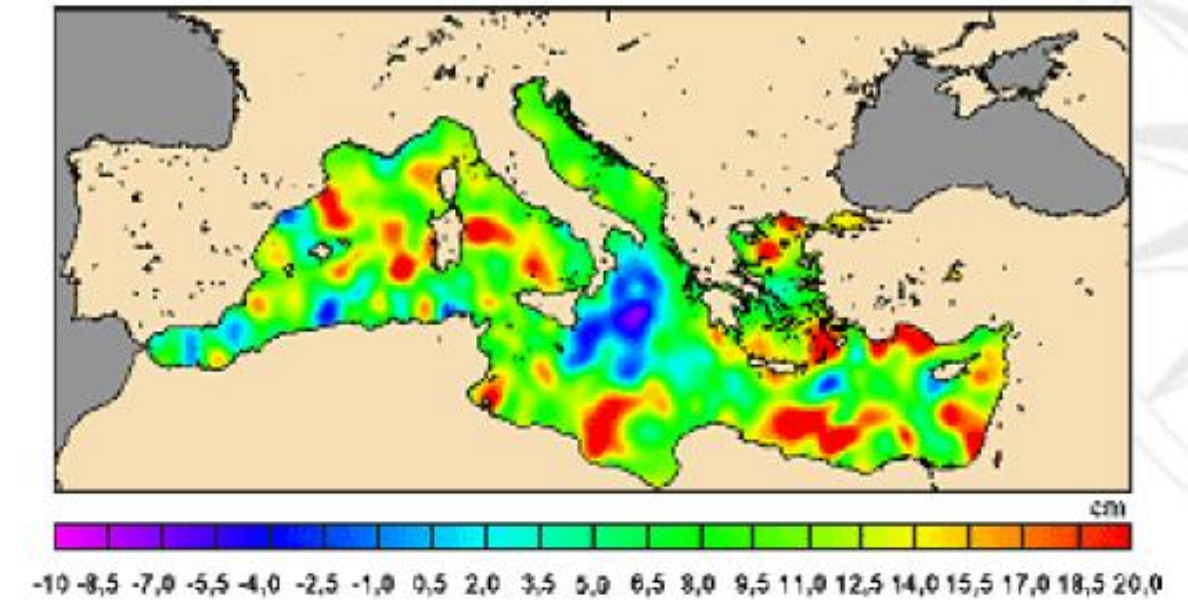
6.4 Mareas

Las mareas en el Mediterráneo son muy leves, esto se debe a que la conexión con el Océano Atlántico mediante el Estrecho de Gibraltar es con casi 13 km de costa a costa y con una profundidad media de 300 metros considerablemente estrecha. Lo que provoca que las mareas tengan una media de 0,40 metros.

Existen los radares altimétricos que embarcados en satélites miden la distancia entre la superficie y el satélite, proporcionando así la altura del mar. Esto permite observar en particular las corrientes marinas de superficie y sus variaciones, las mareas, y también la evolución del nivel medio de los mares, la altura de las olas y la velocidad del viento.

Uno de los mayores intereses de la altimetría, además de su precisión, es que no sólo refleja los fenómenos de superficie sino que también integra todo aquello que pasa en las profundidades. Además, se trata de una técnica radar, que funciona incluso en tiempo nublado.

Desde principios de los 90, con los satélites ERS (Esa) y sobretudo Topex/Poseidón (Nasa/Cnes), la altimetría ha logrado hacer progresar enormemente nuestro conocimiento de los mares. Envisat (Esa) y Jason-1 (Cnes/Nasa) aseguraran la continuidad de las medidas, que se pueden observar en el siguiente mapa.



Variaciones del nivel del mar en centímetros.

Es tan insignificante la marea en nuestras costas que a nivel mundial la altura o nivel cero esta medida en Alicante por su mínima marea.

Cota inundación

6.5 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.

La características geométricas de la llanura de inundación del Júcar provocan un complejo esquema de flujo de los caudales desbordados, los cuales divergen al entrar en la llanura hacia las cuencas de inundación del río Verde y del barranco de Barxeta, convergiendo posteriormente en el cauce del Júcar en las proximidades de Alzira, debido al cambio de forma de la llanura (de convexa a cóncava) y a la ausencia de cuencas de inundación laterales. Finalmente, los caudales divergen de nuevo en las proximidades de la autopista A-7 dando lugar a dos brazos de flujo independientes, uno hacia el sur, hacia Tavernes de la Valldigna, y otro hacia el norte, dirigiéndose a la Albufera.

La población que reside en la llanura de inundación del Júcar y que, por consiguiente, puede verse afectada de una u otra forma por las inundaciones, asciende a unos 200.000 habitantes, lo que representa el 9% de la población de la provincia de Valencia. Esta población está distribuida en seis municipios con más de 15.000 habitantes (Alzira, Algemesí, Sueca, Cullera, Carcaixent y Tavernes de la Valldigna), algunos de los cuales figuran entre los más afectados por las inundaciones, y en otros municipios más pequeños.

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.

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).

6.6 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.

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.

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

A.- Actuaciones estructurales

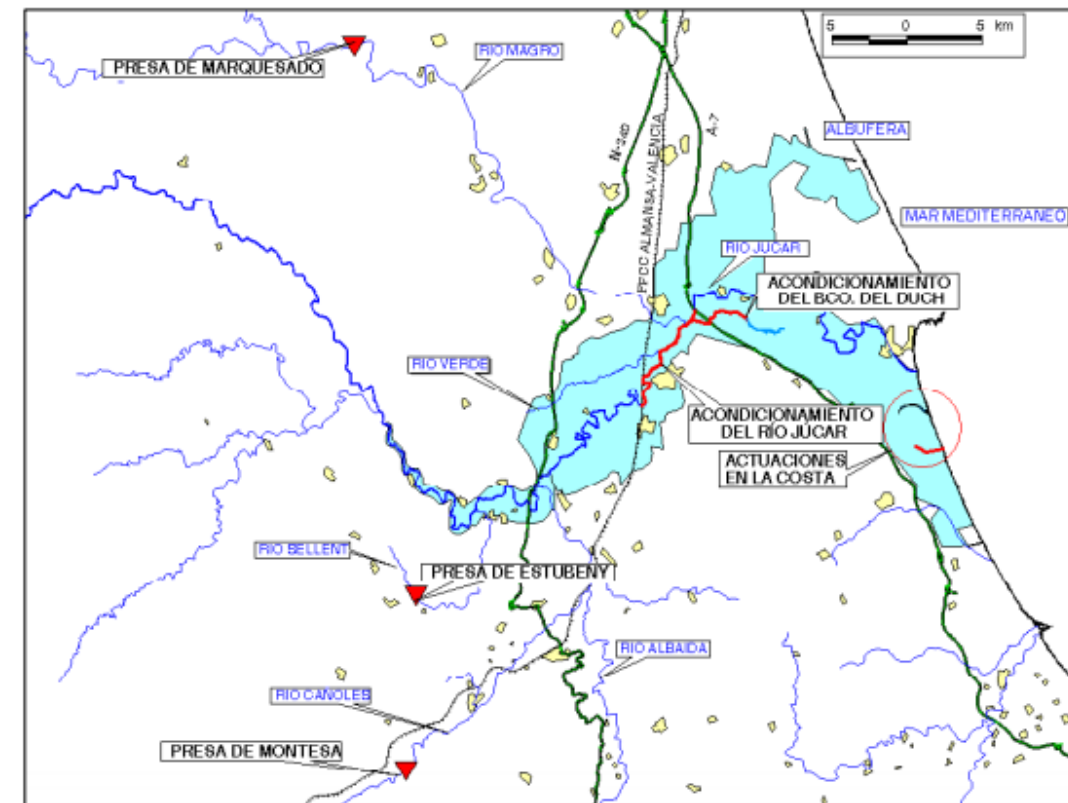
- Programa de estructuras de laminación
- Programa de acondicionamiento de cauces
- Programa de restauración hidrológico-forestal

- 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, Cártoles 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

6.7 El programa de cartografía de riesgo

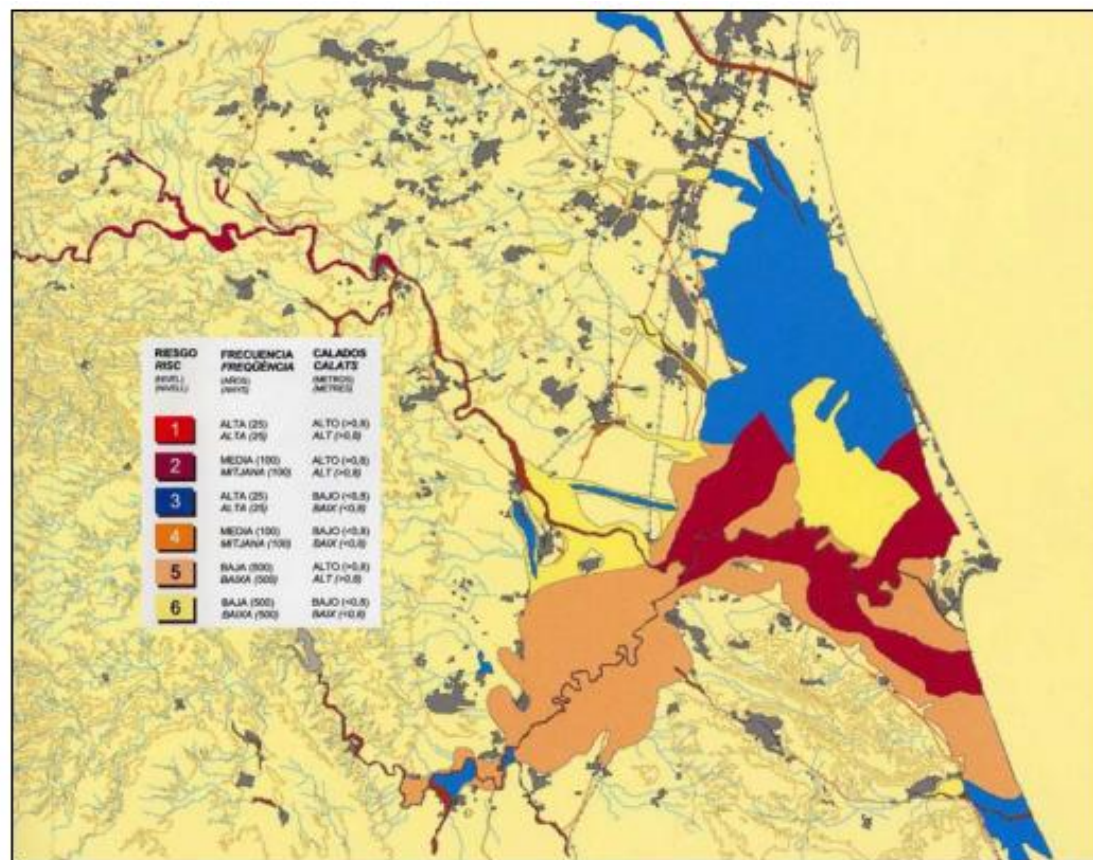
Las actuaciones no estructurales complementan las medidas estructurales por encima de su umbral de protección, teniendo una gran efectividad y en general un coste económico sensiblemente inferior a éstas. No obstante, plantean dificultades de aplicación y requieren una difícil coordinación entre las 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.

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.

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.

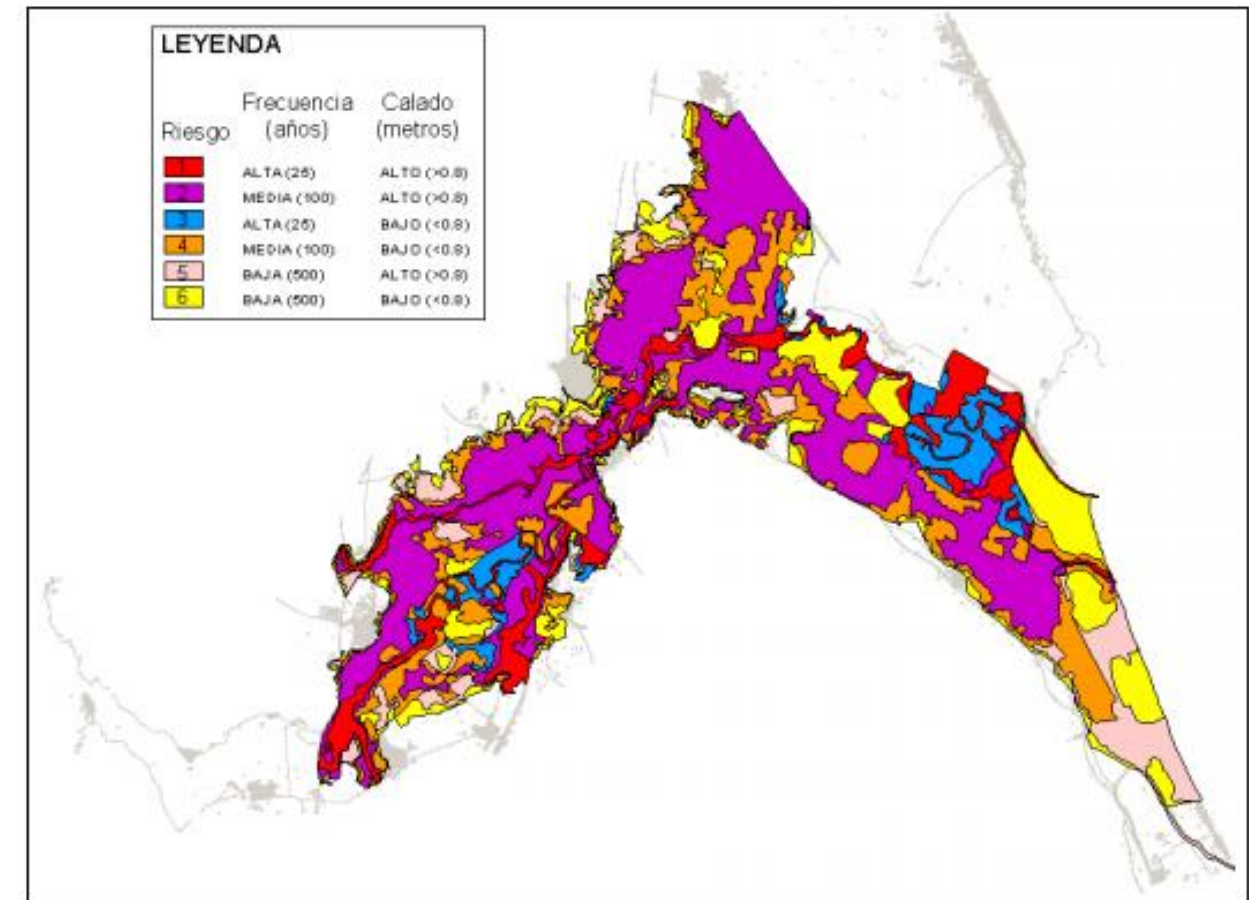
ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO

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.



Mapa de zonificación del riesgo

6.8. Bibliografía

- Eco cartografías
- Terrasit