

EMILIO MARTÍNEZ IBARRA*

LA INUNDACIÓN EXTRAORDINARIA
DEL 12 DE OCTUBRE DE 2007 EN CALPE
(ALICANTE, ESPAÑA):
UNA PERSPECTIVA GEOGRÁFICA

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda un estudio post-inundación en una cuenca mediterránea. Concretamente, se han analizado los factores naturales y antrópicos que contribuyeron a la inundación relámpago padecida por Calpe (Alicante, España) el 12 de octubre de 2007. Se estudian los máximos pluviométricos, los caudales potenciales, la superficie inundada durante el evento, así como se presta atención al uso dado al territorio y su vulnerabilidad frente a las inundaciones. Además, se ha examinado la legislación en materia de riesgo de inundación. Finalmente, se detallan una serie de recomendaciones.

PALABRAS CLAVE: estudio post-inundación relámpago, ramblas, análisis geográfico, Calpe

ABSTRACT

THE EXTRAORDINARY FLOOD OF 12 OCTOBER 2007 IN CALPE (ALICANTE, ESPAÑA):
GEOGRAPHICAL PERSPECTIVE

The present work has tackled a post-flood study in a Mediterranean basin. Specifically, have been analyzed the natural and human factors that contributed to the flash flood suffered by Calpe (Alicante, Spain) on October 12, 2009. Have been studied the maximum pluviometrics, potential flows, the surface water flooding during the event, and pay attention to land uses and its vulnerability. Furthermore, have been examined the legislation on flood risk. Finally, a series of recommendations are detailed.

KEY WORDS: post-flash flood study, ephemeral streams, geographical analysis, Calpe

1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones relámpago son uno de los principales peligros naturales, y pueden causar un elevado número de bajas humanas y perjuicios económicos. Sirva como referencia que un sólo evento puede suponer hasta el 8% del total medio anual de las pérdidas económicas estimadas para fenómenos naturales (GAUME, E., *et al*, 2009). Además, a diferencia

* Laboratorio de Climatología. Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante.
Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2009. Fecha de aceptación: 23 de septiembre de 2010.

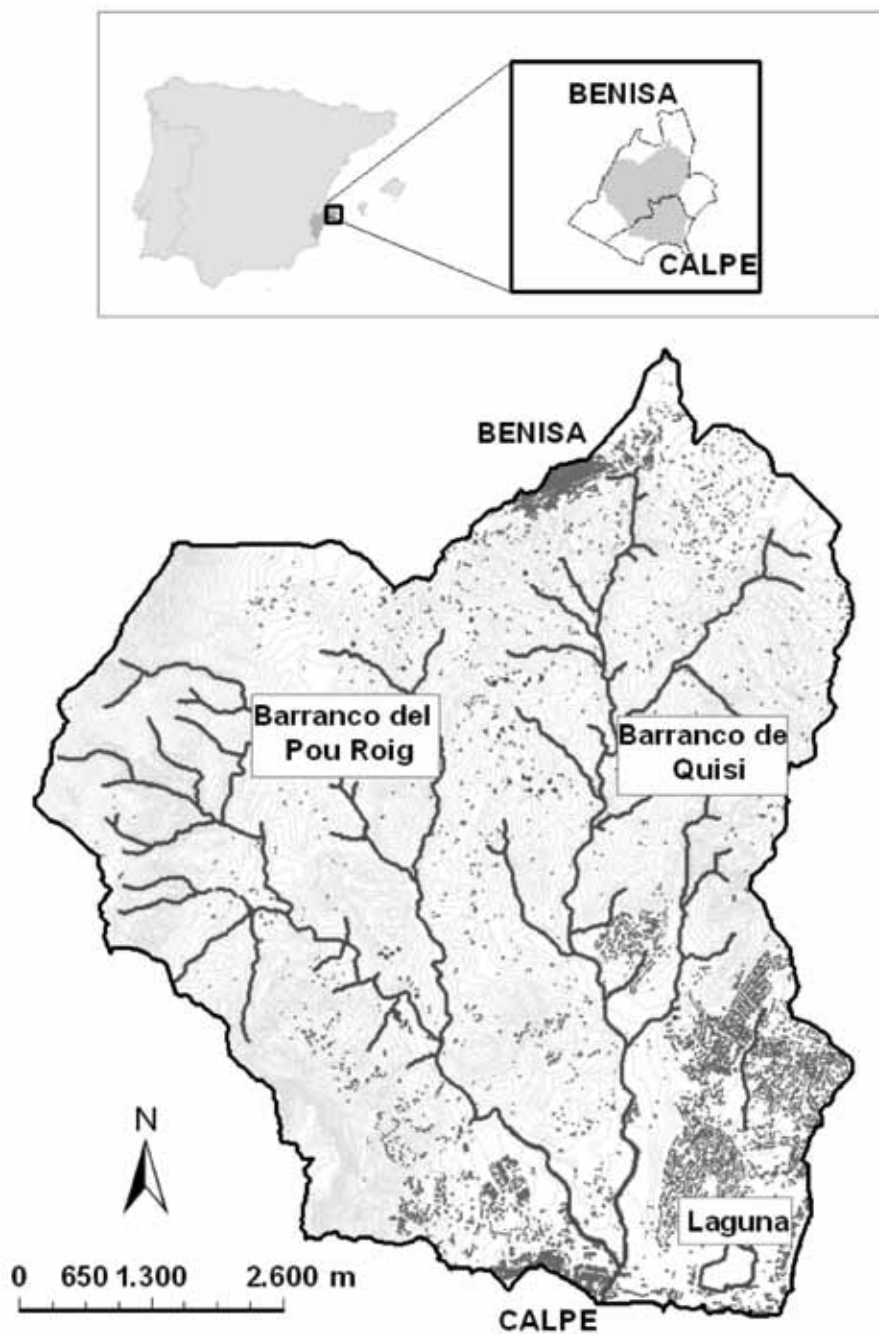


Figura 1. Localización del área de estudio.

[2]

de otros tipos de inundaciones, éstas suelen estar asociadas a pérdidas de vidas humanas (JONKMAN, S.N. Y VRIJLING, J.K., 2008; GAUME, E., *et al.*, 2009), tal y como ha sucedido en España (AYALA-CARCEDO, F.J., 2002; LLORENTE, M., *et al.*, 2008). De hecho, estas inundaciones suelen producirse sin *previo aviso* y de manera súbita (ver RUIN *et al.*, 2008), con caudales relativos importantes (ver Ruin *et al.*, 2008), con velocidades de flujo significativas, y en redes hidrográficas normalmente secas, determinando una falsa sensación de seguridad (CAMARASA, A.M^a. y SORIANO, J., 2008). Ello refleja la importancia de su estudio, más aún cuando hay lagunas en el conocimiento sobre las mismas (CREUTIN, J-D. Y BORGA, M., 2003; GAUME, E., *et al.*, 2009)

Las causas meteorológicas de las inundaciones en la zona objeto de estudio, de acuerdo con los trabajos de Riosalido (1990), Maddox *et al.* (1979), Stensrud y Fritsch (1993) y Romero *et al.* (2000), se resumen en cuadros atmosféricos y factores geográficos que interaccionan a distintas escalas. En apretada síntesis, el largo ciclo de vida de los grandes conjuntos convectivos, así como su carácter cuasi-estacionario, ambos causantes de lluvias intensas y duraderas, parece quedar determinado por los patrones de escala sinóptica, mientras que la localización "exacta" de los núcleos y la eficiencia pluviométrica del sistema muestran relación con los ingredientes que interactúan a mesoescala.

De entre las flash flood más aciagas registradas en Europa podemos traer a colación las siguientes: las inundaciones ocurridas en Lynmouth, en el Reino Unido, en 1952, con un total de 34 muertes (DOBBIE y WOLF, 1953); la inundación ocurrida en Barcelona en 1962, con más de 400 fallecidos (ver LÓPEZ BUSTOS, 1964); las inundaciones ocurridas en la región Italiana del Piamonte en 1968, con 72 muertes (ver FERRO, 2005); las inundaciones padecidas en las provincias de Murcia y Almería en 1973, en las cuales sólo en la localidad de Puerto Lumbreras (Murcia) se rescataron 82 cadáveres (FERNÁNDEZ, 1984); las inundaciones acontecidas en la región italiana del Piamonte en 1994, con 69 víctimas (FERRO, 2005); la inundación que asoló el camping de Biescas (Pirineo Aragonés) con 87 muertos, y la inundación que afectó al departamento de Aude (Francia) en 1999, con 35 víctimas (GAUME *et al.*, 2004).

En la provincia de Alicante, los dos últimos eventos más funestos han sido las inundaciones padecidas en la ciudad de Alicante el 30 de septiembre de 1997, con 5 fallecidos, y las padecidas por la Marina Alta y Baja el 12 de octubre de 2007, con el fallecimiento de una persona en la localidad de El Verger (Marina Alta). En el presente trabajo se analiza específicamente esta última en el municipio de Calpe (Marina Alta).

El por qué se ha elegido esta ciudad puede reducirse a dos aspectos. En primer lugar, el desarrollo de un suceso hidro-geomorfológico con consecuencias hasta ahora no conocidas en el espacio objeto de estudio (ver El diario Las provincias, 13 de octubre de 2007). El ayuntamiento de Calpe cifró las pérdidas en torno a 1.905.000 € en la zona rural y natural, mientras que en el paseo marítimo y en las playas los daños ascendieron a unos 417.300 € (Fuente: Ayuntamiento de Calpe). En segundo, la trascendencia turística de Calpe y la dinámica del municipio durante los últimos años; pues, como es sabido, Calpe constituye un enclave turístico de primer orden, ligado, básicamente, al turismo residencial¹, principalmente de origen extranjero², que durante los últimos años ha experimentado un crecimiento sin parangón (ver IVE, 2008).

¹ Así, según los datos del Instituto Valenciano de Estadística (en adelante IVE), su oferta hotelera se reducía a 8 hoteles y 1 hostel, con un total de 2.138 plazas.

² En 2006, la nacionalidad dominante en Calpe es extranjera y de origen europea (51,69%). El grueso más importante procede de la Unión Europea (40,26%) (IVE, 2008).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Peligrosidad natural

El estudio de la peligrosidad natural ha comportado la valoración de los extremos pluviométricos del clima, las características de las cuencas hidrográficas y, especialmente, el análisis de la inundación extraordinaria del año 2007.

Desde un punto de vista climático, se han estudiado las precipitaciones diarias máximas en la provincia de Alicante durante el periodo 1950-2007. A partir de estos valores máximos, se han calculado las precipitaciones máximas correspondientes a los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años (estas referencias temporales son empleadas en el Plan de Acción Territorial de la Comunidad Valenciana para el Riesgo de Inundación, en adelante, PATRICOVA). Los cálculos se han realizado a partir de la función de distribución de valores extremos tipo I propuesta por Gumbel (ver APARICIO, 2003).

Para la delimitación de las cuencas hidrográficas se ha utilizado cartografía de escala 1:10.000, con una resolución altimétrica de 10 m. Tras la corrección de errores, a partir de ella se ha generado el MDT y se han delimitado las cuencas hidrográficas. Para ello, se aplicaron las herramientas de hidrología, *flow direction* y *Basin* del *Spatial Analyst Tools* de *ArcGis 9.1*. Posteriormente, a partir de fotointerpretación (ortoimágenes digitales de escala 1:2.000), se retocaron los límites de las cuencas. Únicamente se ha estudiado la red hidrográfica que produjo mayores problemas con ocasión del episodio aquí estudiado. Asimismo, cabe advertir que se han distinguido dos sistemas. El primero de ellos, es el área avenada por el barranco Quisi-Pou Roig. Mientras que el segundo se corresponde con todos los aparatos fluviales que drenan hacia el espacio lagunar.

Con el objeto de caracterizar las cuencas se han calculado algunos de sus aspectos básicos e índices morfométricos (ver GARDINER, 1974): A = área de la cuenca (km^2); L = longitud del cauce principal (m); $H_{\text{máx}}$ = cota máxima del cauce (m); $H_{\text{mín}}$ = cota mínima del cauce (m); J = pendiente media del cauce (m/m); P = perímetro de la cuenca (km); B = ancho medio de la cuenca (km) = A/L ; K_c = Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad = $0,282(P/A^{1/2})$; K_f = factor de forma = $B/L = A/L^2$; y , R_c = relación circular. Con relación a ello, debemos tener presente que Ibisate, A. (2004) estudió la morfometría y el sistema de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes (País Vasco) para estimar la peligrosidad de las crecidas.

Con el objeto de obtener los caudales circulantes en las cuencas estudiadas se ha seguido un método indirecto, basado en técnicas estocásticas, pues parten del carácter aleatorio del proceso (ver Díez, A., 2002: 938-939). Concretamente, se ha hecho uso del *Método Racional Modificado*, propuesto por Témez en 1991 (ver TÉMEZ, 1991 y 1992), pues no se dispone de información relativa a la distribución temporal de la precipitación. El mismo es el recomendado por el MOPU, actual Ministerio de Fomento, y l'Agencia Catalana del Agua, para cuando se carezca de datos relativos a la duración de las precipitaciones. También fue utilizado para la modelización hidrológica en la monografía temática *Delimitación del Riesgo de Inundación a Escala Regional en la Comunidad Valenciana*, y es el empleado por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino para la elaboración del *Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*.

Esta metodología se aplica a cuencas pequeñas, como las aquí analizadas, si bien es extrapolable hasta aquéllas con una superficie de 3.000 km^2 . El mismo se basa en un *aguacero ideal*, con una intensidad de la precipitación constante y una duración del chubasco indefinida. De ahí que para que se alcance el caudal máximo basta con que la

duración de la precipitación se iguale al tiempo de concentración. Témez introdujo una serie de modificaciones que reducen la simplicidad del método racional, al considerar un tiempo de concentración comprendido entre las 0.25 y las 24 horas, un coeficiente de uniformidad de la precipitación, sobre la base del tiempo de concentración, y un factor reductor de acuerdo con el área de la cuenca.

La expresión que permite su cálculo es $Q = (C \times I \times A / 3,6) \times K$. En la misma, Q es el caudal máximo de salida de la cuenca (caudal punta de desagüe en la sección considerada) (m^3/s); A es la superficie de la cuenca drenante en el punto de cálculo (km^2); I es la intensidad media máxima de la precipitación (intensidad de la tormenta de diseño), correspondiente a un periodo de retorno dado (mm/h); C es el coeficiente de escorrentía de la cuenca; y K es el coeficiente de uniformidad.

Para su cálculo primero se ha hallado el tiempo de concentración (T_c), necesario para hallar el coeficiente de uniformidad. La fórmula utilizada para determinar el tiempo de concentración resulta de modificaciones realizadas por Témez a la propuesta por la *US Army Corps of Engineers*. El uso de la misma se limita a cuencas naturales en la que los valores de T_c sean mayores de 0,25 horas. La expresión para su determinación es $T_c = 0,3 \times [(L/J)^{0,25}]^{0,76}$. En la misma T_c es el tiempo de concentración (horas); L la longitud del cauce principal (km); y J la pendiente media del cauce principal (m/m).

Toda vez obtenido el tiempo de concentración (T_c) se ha hallado el coeficiente de uniformidad (K). Éste se obtiene a partir de la siguiente formulación: $K = 1 + T_c^{1,25} / (T_c^{1,25} + 14)$. Con este parámetro se corrige la simplificación de considerar que a lo largo de toda la cuenca llueve por igual en cada instante.

Luego se han determinado las variables necesarias para el cálculo de la intensidad de la precipitación media máxima (I). Así, se han establecido las precipitaciones máximas para los centroides³ de la cuenca, para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años (P_{Dt}). Para ello se ha utilizado la aplicación "maxplu", desarrollada por el Ministerio de Fomento (ver Ministerio de Fomento, 1999). Posteriormente, se ha hallado la intensidad máxima diaria (I_d), dividiendo la precipitación máxima entre 24. Por fin, teniendo en cuenta el factor regional I_1/I_d de la cuenca, obtenido a partir de la figura 2.2 de la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC. Drenaje Superficial*, se ha calculado la intensidad media de la lluvia, considerando que en nuestro caso la duración del chubasco (t) es igual al tiempo de concentración (T_c). De tal forma que la expresión es:

$$I = I_d \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - T_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

En la misma, I es la intensidad media máxima asociada a una duración de la lluvia t , igual al tiempo de concentración (intensidad de la tormenta de diseño, mm/h); I_d es la intensidad media diaria de la precipitación correspondiente al periodo de retorno (mm/h)⁴; I_1 representa la intensidad horaria de la precipitación (intensidad media de la tormenta de 1 hora de duración) (mm/h); y T_c es la duración de la tormenta de diseño (horas), que es igual al tiempo de concentración.

³ Para ello, se aplicó la herramienta de *Spatial Statistics Tools, Central Feature*, del *Spatial Analyst Tools* de *ArcGis 9.1*.

⁴ Su cálculo se establece a partir de $P_d/24$, siendo P_d la máxima precipitación diaria ($mm/día$)

Posteriormente, se ha calculado el coeficiente de escorrentía (C). Para ello, primero se ha obtenido el umbral de escorrentía (P_o). Para su cálculo se han seguido las indicaciones que aparecen en la *tabla 2.1* de la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC. Drenaje Superficial*. Este procedimiento es uno de los métodos más adecuados y usados para su estimación (CAMARASA *et al.*, 2006: 50). El mismo fue el desarrollado por *US Soil Conservation Service -SCS-* en 1972, y modificado por Témez (1978). Su cálculo se basa en tres variables: usos del suelo, pendiente y características hidrológicas de las litofacies. Con el cruce de las mismas se tienen distintos grupos de suelo, de acuerdo con su umbral de escorrentía. Así pues, lo primero que se ha realizado ha sido una tarea de fotointerpretación de la ortoimagen escala 1:2.000 del año 2002. A partir de la misma se han obtenido los denominados *Usos de la Tierra*. Por su parte, las litofacies se han obtenido de la Serie Cartografía Temática Litología de la COPUT, de escala 1:50.000. Posteriormente, se han inferido las pendientes, a partir del MDT generado, aplicando el comando *slope* del *3D Analyst Tools* de *ArcGis 9.1*. Tras su reclasificación, en menores y mayores o iguales al 3%, se cruzaron todas las variables para obtener el grupo de suelo y, en definitiva, el umbral de escorrentía de cada uno de ellos.

Luego se ha obtenido el umbral de escorrentía “inicial” de cada cuenca, a partir de su media ponderada, tal que así: $P_{oi} = \sum(P_i \times A_i) / A$. En la misma, P_{oi} es el umbral de escorrentía “inicial”; P_i es el umbral de escorrentía de cada una de las combinaciones de pendiente, usos y tipos de suelo halladas en cada cuenca; A_i es el área del polígono con igual combinación de los parámetros que determinan el umbral de escorrentía; y, A es el área de la cuenca.

Posteriormente, se ha aplicado el coeficiente corrector del umbral de escorrentía. El mismo se usa para contemplar la humedad previa que suele contener el suelo antes del chubasco, de acuerdo con la figura 2.5 de la *Instrucción 5.2-IC. Drenaje Superficial*. Para este caso se estima en torno a 3. De tal manera que el umbral de escorrentía es: $P_o = 3 \times P_{oi}$.

Finalmente, se ha calculado el coeficiente de escorrentía para las cuencas estudiadas según la fórmula: $C = [(P_d - P_o) \times (P_d - 23P_o)] / (P_d - 11P_o)^2$. En ésta, P_d es la precipitación máxima diaria correspondiente al periodo de retorno de cálculo (mm); P_o es el umbral de escorrentía (mm), que traduce el volumen de agua que puede absorber el suelo antes de que comience a producir escorrentía directa. Llegado este momento, tenemos todos los *ingredientes* para poder hallar los caudales para los distintos periodos de retorno en ambas cuencas.

Con todo, el trabajo de campo ha sido el pilar fundamental del trabajo presentado, al igual que en la investigación realizada por Segura (2009). En este sentido, se llevó a cabo un exhaustivo análisis *in situ* durante los días posteriores a la inundación extraordinaria del 12 de octubre de 2007. Al respecto, debemos tener presente que la observación directa es la piedra angular del empirismo (LLORENTE, M., *et al.*, 2008). De hecho, Ballais, J.-L. *et al.* (2005) testaron la validez del método hidro-geomorfológico (como procedimiento para estimar el peligro de inundación) con un evento extraordinario. Asimismo, se consultó a técnicos y conocedores del entorno de Calpe. Todo ello permitió la delimitación de la zona inundada.

2.2. Exposición y vulnerabilidad

Para valorar la exposición de la población al riesgo de inundación se han analizado los usos del suelo en el municipio de Calpe en 1956 y 2002. Las fuentes consultadas han sido los fotogramas aéreos del *Vuelo Americano* de 1956 y la ortofoto de escala 1:2.000

del Instituto Cartográfico Valenciano. Dado que el modelo socio-económico y las leyes del suelo determinan la ocupación del territorio, se ha consultado la legislación en materia de riesgo de inundación. Además se ha prestado atención a la bibliografía existente.

Por su parte, la vulnerabilidad se ha estimado de forma cualitativa teniendo en cuenta las aportaciones de McEwen, L, *et al.* (2002), Camarasa A.M^a. y Soriano, J. (2008), Ruin, I, *et al.* (2008), Zevenbergen, *et al.* (2008) y Jonkman, S.N. y Vrijling, J.K. (2008), y la experiencia adquirida durante el trabajo de campo. Así, los distintos tipos de uso se han clasificado según seis categorías, correspondiendo la mayor vulnerabilidad a la clase 1, y la menor al valor 6. Esta clasificación se basa, por este orden, en las condiciones de seguridad del individuo ante una inundación, en la posición de fragilidad de los bienes básicos (vivienda y mobiliario), en el daño económico potencial y, por último, en los impactos ambientales. De este modo, dentro de la clase 1 se han incluido las superficies ocupadas por Campins, pues en estos espacios se carece de un elemento fundamental para encontrar refugio (edificaciones) y reducir tanto el riesgo de muerte como la sensación (o vivencia) de situaciones inseguras. Son así espacios extremadamente vulnerables (ver McEwen, L, *et al.*, 2002; Jonkman, S.N. y Vrijling, J.K., 2008; y Ruin, I. *et al.*, 2009); en la clase 2 se han agrupado tanto las vías de comunicación como la urbanización con planta baja habitada. A pesar de que conductores y peatones son muy vulnerables ante un episodio de inundación (ver Ruin, I, *et al.*, 2008), la red viaria no se ha incluido en la clase 1 sino en la 2 porque la zona de mayor peligro del municipio de Calpe (desembocadura del barranco Quisi-Pou Roig) se encuentra entre las arterias principales del municipio. Por su parte, la urbanización con carácter horizontal se ha considerado más vulnerable que la desarrollada en bloques de edificios, ya que la primera, a diferencia de la segunda, tiene parte habitada y bienes básicos en la planta baja. En la 3 se ha incluido la urbanización en altura. En la 4 aparecen usos no residenciales, esto es, el industrial, los puertos y espigones y el paseo marítimo. En la 5 se ha considerado el uso agrícola activo y la zona de la costa con playa (input para la actividad turística). Mientras que en el 6 se han agrupado los usos *naturales* y el agrícola no activo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Peligrosidad natural

3.1.1. Calpe y zonas de torrencialidad en la provincia de Alicante

Asumiendo los problemas de medición de la precipitación de elevada intensidad con pluviómetros automáticos (Ruin *et al.*, 2008), y, particularmente, con manuales, el análisis de los máximos diarios y sus correspondientes periodos de retorno ha evidenciado, como en otros trabajos (ver Estrela *et al.*, 2002), una heterogeneidad espacial de los extremos pluviométricos. En este sentido, en la provincia de Alicante puede ser factible diferenciar cinco teselas (Figura 2).

El área de mayor torrencialidad se corresponde con el sector más septentrional de la provincia de Alicante. De acuerdo con los datos disponibles, las precipitaciones máximas diarias en este sector entre 1950-2007 han alcanzado valores comprendidos entre los 300-400 mm/día, con un máximo de 567 mm/día para un periodo de retorno de 500 años. La zona 2 aparece contigua a la misma, tras el cordal montañoso más expuesto

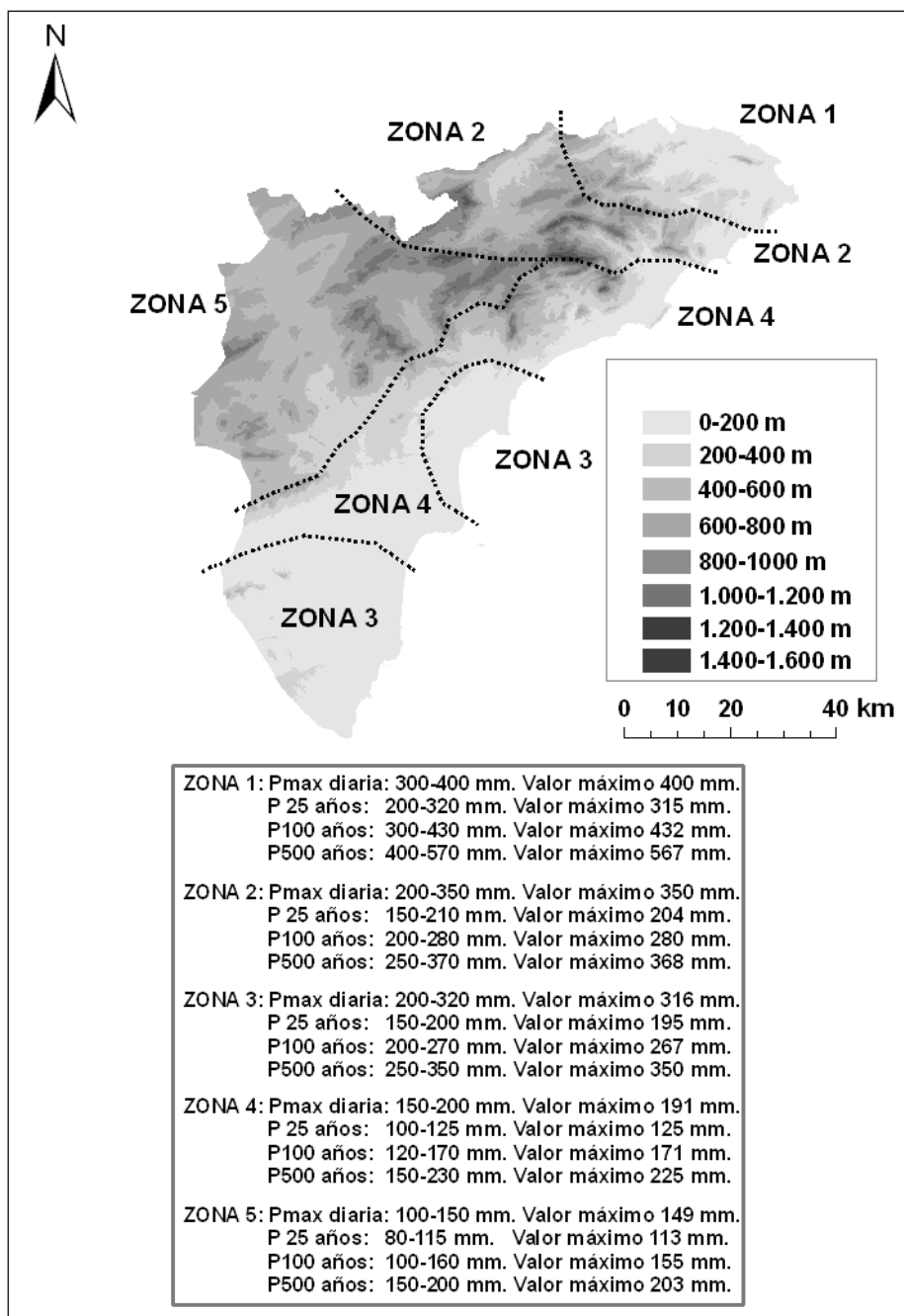


Figura 2. Delimitación esquemática de las zonas de torrencialidad en la provincia de Alicante.

a los temporales de lluvia intensa. En la misma los valores máximos han quedado comprendidos entre los 200-350 mm/día, con un máximo de 368 mm/día para un periodo de retorno de 500 años. La tercera área de mayor torrencialidad se localiza, en aparente paradoja, en el extremo opuesto de la provincia, y a modo de isla, en el entorno de la ciudad de Alicante. Aquí los valores máximos se han situado entre los 200-320 mm/día, con un máximo de 350 mm/día para un periodo de retorno de 500 años. La cuarta zona diferenciada, aparece en el entorno litoral y prelitoral que queda fuera de los máximos de torrencialidad antes citados. Bien al sur del sector montañoso que actúa de segunda frontera pluviométrica en el norte de Alicante, o, en su caso, en el área no interesada por la zona 3. En la misma los máximos han quedado entre 150-200 mm/día, con un máximo de 225 mm/día para un periodo de retorno de 500 años.

Por último, en el interior central aparece el mínimo de torrencialidad de la provincia de Alicante. Esta zona de menor torrencialidad, *grosso modo*, el valle del río Vinalopó, queda justificada por la condición de abrigo de este sector y su lejanía al origen de la precipitación, esto es, la energía y humedad que proporcionan las aguas del mar Mediterráneo. Aquí los máximos han quedado entre 100-150 mm/día, con un valor máximo de 203 mm/día para un periodo de retorno de 500 años.

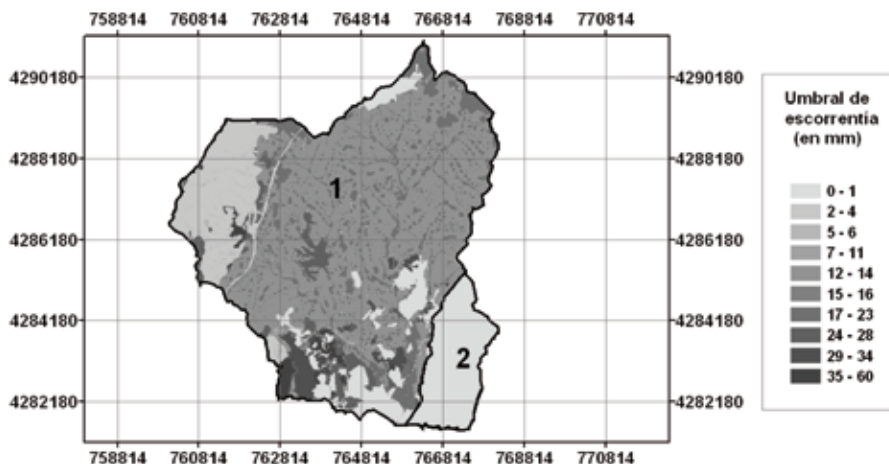
Así pues, la zona objeto de estudio, la ciudad de Calpe y su entorno, se sitúan en la parte *marginal* del área de mayor torrencialidad de la provincia de Alicante (Zona 2). De este modo, se trata de un entorno con indudable riesgo de padecer lluvias intensas e importantes.

3.1.2. Caracterización de las cuencas hidrográficas: estimación de caudales circulantes

La red hidrográfica que avana este espacio viene representada por el Barranco Quisi-Pou Roig y los que desaguan en el espacio lagunar. Las áreas que comprenden las cuencas estudiadas resultan bien distintas. La de Quisi-Pou Roig tiene 44,44 km², mientras que el conjunto que avana hacia la laguna únicamente suma 4,64 km². De las 62 cuencas que desembocan en la costa de Alicante (FERRER, M., 2005, modificado), la de Quisi-Pou Roig ocupa el noveno lugar, mientras que la segunda está en vigésimo séptima posición. En cualquier caso, conviene advertir que, al ser dimensiones relativamente modestas, la probabilidad de que un chubasco afecte a las dos al unísono es elevada, hecho que revierte en su peligrosidad.

Las formas de las cuencas presentan diferencias significativas. Visualizando el perímetro de sus áreas este hecho se observa claramente. Así es, la cuenca del barranco Quisi-Pou Roig es mucho más redondeada que el conjunto que vierte en la laguna. La relación área y longitud del cauce principal nos permite tener la clave numérica; particularmente, los parámetros "B", el ancho medio de la cuenca, "K_c", el Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad, "K_f", el factor de forma, y el "Rc", la relación circular. Estos cuatro parámetros resultan superiores en el Barranco Quisi-Pou Roig, pues el conjunto que drena hacia la laguna es alargado. Ello determina que, si tuvieran una misma área, los rasgos de peligrosidad fuesen más acentuados en la de Quisi-Pou Roig, pues su geometría favorece que su caudal punta fuese mayor. Además, a pesar de que una cuenca alargada, como la que desagua en la laguna, evacua más rápidamente, este hecho aparece aquí contrarestando por su menor pendiente (ver Figura 3).

Con relación a las capacidades de evacuación, tal y como se puede observar en la figura 3, se trata de caudales potenciales importantes. Así es, a pesar de sus modestas dimensiones, pueden desaguar grandes volúmenes de agua (640 m³/s la de Quisi-Pou Roig



Barranto Quisi-Pou Roig (1)								
A (km ²)	H _{min} (m)	J (m/m)	P (km)	B (km)	K _c	K _f	Rc	
44,44	0	0,022	31,8	4,31	1,88	0,42	0,55	
Barrantos que desagúan en la laguna (2)								
A (km ²)	H _{min} (m)	J (m/m)	P (km)	B (km)	K _c	K _f	Rc	
4,64	0	0,020	11,5	1,19	0,61	0,30	0,44	
					T (años)			
				25	100	500		
Barranto Quisi-Pou Roig (1)				220 m ³ /s	388 m ³ /s	640 m ³ /s		
Barrantos que desagúan en la laguna (2)				76 m ³ /s	99 m ³ /s	143 m ³ /s		

Leyenda: A = área de la cuenca (km²); H_{min} = cota mínima del cauce (m); J = pendiente media del cauce (m/m); P = perímetro de la cuenca (km); B = ancho medio de la cuenca (km) = A/L; K_c = Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad = 0,282(P/A^{1/2}); K_f = factor de forma = B/L = A/L²; Rc = Relación circular; y, T = caudal para distintos periodos de retorno (m³/s)

Figura 3. Rasgos generales, umbral de escorrentía y caudales calculados para los distintos periodos de retorno considerados.

y 143 m³/s el conjunto que desagúa en la laguna, para un periodo de retorno de 500 años). Esta aparente contradicción está en relación directa con las elevadas precipitaciones que se pueden registrar en el sector norte de la provincia de Alicante.

3.1.3. Superficie inundada durante la inundación extraordinaria del 12 de octubre de 2007

El sector suroeste del municipio de Calpe, por su topografía y su condición hidrogeomorfológica (llanura de inundación y zona con nivel freático elevado y drenaje deficiente) presenta una peligrosidad natural por inundación más que evidente. Ciertamente, esta área no es sino un sector endorreico con una laguna tombólica, transformada en salina. La misma se generó a partir del desarrollo de una doble flecha, al socaire del Peñón de Ifach. La barra arenosa meridional, hoy fosilizada, localizada en la playa del Arenal-Bol (al sur del núcleo de Calpe), presentaba una anchura de unos 180-



Figura 4. Comparación de la superficie de inundación durante el episodio del 12 de octubre de 2007 (se indican las zonas de desbordamiento según su importancia) y la contemplada por el PATRICOVA

200m, y es de origen pleistoceno; por su parte, el extinto cordón dunar de la playa de la Fossa (al este de la ciudad) es de edad holocena (SANJAUME, 1985, 413).

Mientras que el Barranco Quisi-Pou Roig presenta salida al mar, las pequeñas cuencas que aparecen al este, muy desfiguradas por la urbanización, desaguan en la salina. Así, se comprende que en este segundo sector «(...) en años lluviosos se juntan muchas aguas en el recinto llamado Saladár, y no hallando salida forman pantanos y se corrompen en verano (...)» (Cavanilles, J.A., 1795-1797).

Con la intensa y cuantiosa precipitación del 12 de octubre de 2007 la red de drenaje natural del municipio de Calpe entró en funcionamiento. Particularmente activo fue el barranco Quisi-Pou Roig, dada su mayor dimensión. El mismo comenzó a desbordarse al sur de la zona indicada por el PATRICOVA con riesgo de inundación, justo unos metros antes de la confluencia del Barranco Quisi con el Pou Roig. A la potencia del flujo se unió una importante carga sólida, que provocó importantes desperfectos en los vehículos

aparcados y el paseo marítimo. Además, el desbordamiento fue tan destacado que parte de su caudal se derivó hasta la salina (Figura 4).

Los barrancos que drenan hacia la laguna también produjeron desperfectos, aunque de menor entidad, sobre la base de su menor potencia. Destacando una zona de desbordamiento al norte de la laguna (Figura 4), pues afectó de manera indirecta a un Camping y de forma directa a algunas viviendas de planta baja.

Los cálculos del PATRICOVA quedaron muy por debajo de lo sucedido, pues de unas 34,83 has con riesgo *bajo* de inundación contempladas en el mencionado documento, el agua ocupó una superficie casi tres veces superior (unas 93 has) (Figura 4).

3.2. Exposición y vulnerabilidad

Los usos del suelo constituyen información de primer orden para calibrar el grado de exposición al riesgo de inundaciones. Por ello, se han analizado los cambios ocurridos en el municipio de Calpe entre 1956 y 2002.

En 1956 la dedicación del terrazgo era básicamente agrícola, y con carácter marcadamente tradicional. Prácticamente el 50% del término municipal de Calpe estaba ocupado por cultivos en activo. Los siguientes usos dominantes se correspondían con la actividad agrícola en desuso, en zonas con topografía desfavorable, y con áreas ocupadas por matorral, con el 34% y el 11% de superficie, en cada caso.

En los años 60, el núcleo costero de Calpe, como tantas otras poblaciones ribereñas del mediterráneo, conoció unas transformaciones socio-territoriales sin precedentes, a raíz, especialmente, de la democratización del fenómeno turístico. El despegue turístico de Calpe, al igual que en otros municipios alicantinos, resultó anterior a la formulación de su primer Plan General. Ello trajo consigo un desarrollo desorganizado y con serios impactos sobre su patrimonio natural.

Luego de la promulgación de su primer Plan General, aprobado en 1972, es de remarcar su planteamiento expansionista, dado el ingente espacio clasificado como de *Reserva Urbana* o *Zona Turística* (ver VERA, 1987, 321-324 y Navalón, 1995, 125-129). De hecho, el número de construcciones se disparó en 1972 y 1973 (ver VERA, 1987, 221-222). Dinámica ésta que marcó un cambio meridiano en la exposición al riesgo por inundaciones.

Bases estas que, ligeramente matizadas, siguieron marcando los planteamientos del siguiente Plan General, aprobado en 1989. De este modo, se comprende la gran proporción de suelo calificado como urbano (ver NAVALÓN, 1995: 125-129). Con la promulgación del nuevo plan (1998), aún vigente, y la aprobación del PATRICOVA (2003) poco cambiaron las cosas. Así, en coincidencia con la bonanza económica de finales del siglo XX y principios del XXI, tuvo lugar un "boom" constructivo (ver IVE, 2008). De hecho, el crecimiento de la población en Calpe desde 1999 a 2007 no ha tenido parangón (ver IVE, 2008). Así, ya en 2002 el uso dominante estaba ligado al desarrollo urbano disperso, con prácticamente el 33% de la superficie del municipio. Los cultivos en estado de abandono, con un 23%, ocupaban la segunda posición. En cambio, el terrazgo aprovechado por la agricultura y el matorral representaban un 11% y 10%, respectivamente.

Este desarrollo socio-económico sin verdadera gestión socio-territorial ha traducido un incremento de la vulnerabilidad ante las inundaciones en el municipio de Calpe.

Considerando la totalidad del término municipal, la causa principal de dicho aumento ha sido la urbanización dispersa. Así, mientras en 1956 el porcentaje de uso

Tabla 1. Superficie ocupada en 1956 y 2002 según clases de vulnerabilidad (valores porcentuales)

	Clases de vulnerabilidad "cualitativa"					
	1	2	3	4	5	6
Vulnerabilidad 1956	0,00	1,07	0,00	0,11	50,60	48,22
Vulnerabilidad 2002	0,09	33,65	4,52	1,79	12,10	47,85
Vulnerabilidad 1956 en área inundada 2007	0,00	5,42	0,00	0,00	62,89	31,69
Vulnerabilidad 2002 en área inundada 2007	1,03	6,18	32,69	1,79	6,78	51,53

clasificado con vulnerabilidad 2 sólo ascendía al 1,07%, en 2002 dicha categoría ocupaba el 33,65%. Además, cabe destacar el incremento de espacio ocupado por la urbanización en altura, que ha pasado del 0% al 4,52%, entre 1956 y 2002, en cada caso (Figura 5 y Tabla 1).

Por otro lado, en el espacio inundado en octubre de 2007 la vulnerabilidad también se ha acrecentado de forma destacable. Ello se ha derivado, principalmente, de la construcción en altura. Así es, mientras que en 1956 la superficie con vulnerabilidad 3 era inexistente, en 2002 su valor ascendía al 32,69%. Asimismo, conviene destacar que, entre 1956 y 2002, se ha pasado del 0% al 1,03% en valores de vulnerabilidad 1 (Tabla 1).

3.3. Efectos agravantes del episodio del 12 de octubre de 2007

A las cuantiosas precipitaciones del 12 de octubre de 2007 se unieron otros factores agravantes, tanto de origen natural como, particularmente, antrópico. Entre los primeros, convendría traer a colación las importantes precipitaciones acumuladas el mes precedente, con totales que pudieron ascender a los 200 mm en la cabecera del barranco Quisi-Pou Roig (Figura 6).

Respecto a los factores antrópicos, conviene destacar, sobremanera, cuatro: la urbanización de la zona baja del municipio, el estreñimiento del barranco Quisi-Pou Roig, la pérdida de funcionalidad del sistema de drenaje de la salina de Calpe y el efecto tapón ejercido por el paseo marítimo.

El principal agente que aumentó los efectos de las inundaciones fue la urbanización de la llanura de inundación del Barranco Quisi-Pou Roig, así como la ocupación del espacio con drenaje deficitario del sector que rodea a la salina. Los importantes cambios socio-económicos ocurridos con la irrupción del fenómeno turístico, en el marco de una mala gestión territorial, son la causa. Así es, cuando Calpe sólo era una pequeña población dedicada al sector primario su pequeño núcleo urbano se localizaba en un promontorio alejado de la zona con riesgo de inundación. En cambio, con la llegada del turismo se urbanizó el sector más próximo a la costa y la laguna, sin tener en cuenta que dicha área, la de mayor atractivo turístico, era también el espacio con riesgo de inundación más evidente.

Esta expansión urbana en la parte baja del municipio no sólo determinó la ocupación de espacio de riesgo sino que además incrementó la entrada hídrica al sistema y agravó las dificultades de drenaje de la zona. La entradas al sistema crecieron por la impermeabilización de la zona baja de la cuenca Quisi-Pou Roig y, particularmente, de las cuencas pequeñas que drenan hacia el espacio lagunar. De hecho, el umbral de escorrentía en estas zonas urbanas no supera el milímetro de

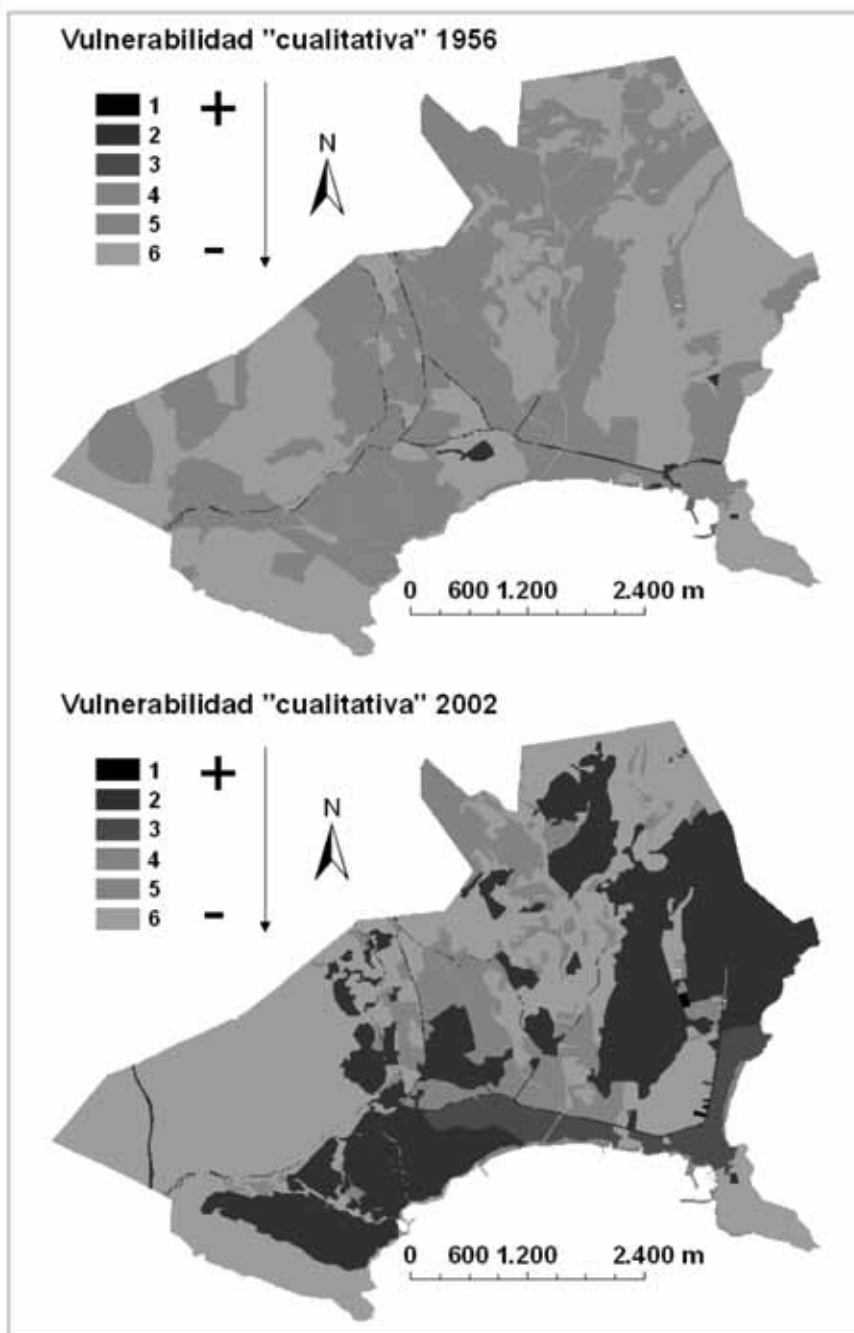


Figura 5. Vulnerabilidad "cualitativa" en 1956 y 2002.

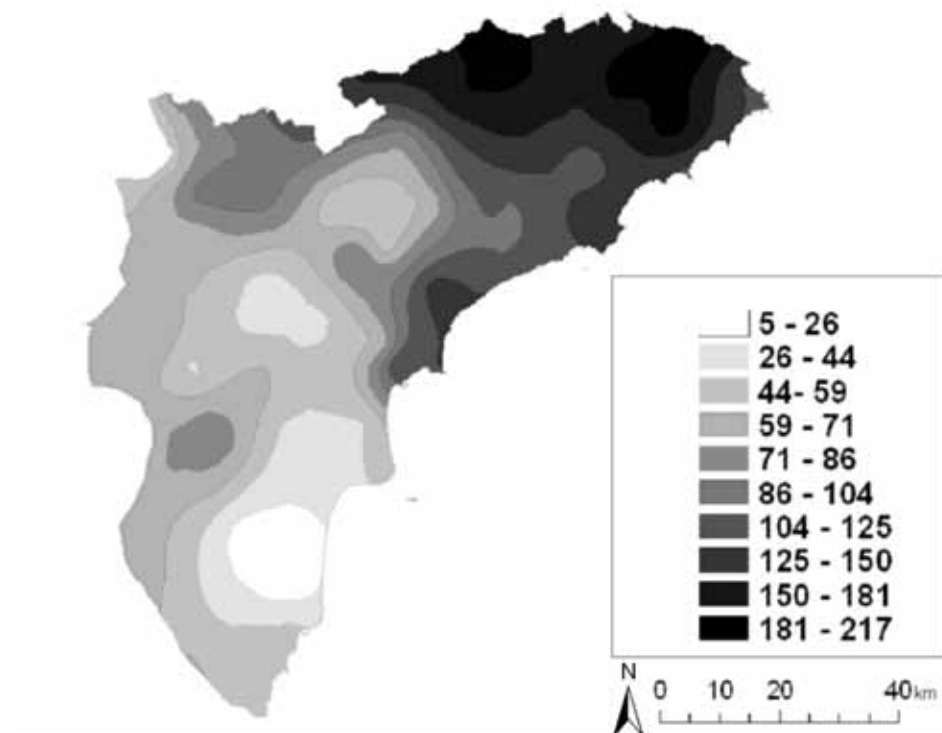


Figura 6. Precipitaciones (en mm) anotadas en septiembre de 2007

precipitación (Figura 3). Este incremento fue también debido al decrecimiento de las posibilidades de evacuación de la parte baja del municipio. En este sentido, es necesario hacer notar el constreñimiento del barranco Quisi-Pou Roig. Al respecto, destaca, muy especialmente, la urbanización del ramal secundario del mismo (hoy calle Alemania), escavado por el río en el sector oriental del pequeño delta que presentaba en desembocadura. Asimismo, la amplitud del cauce principal ha sufrido una importante reducción (Figura 7). A estas transformaciones fruto de la urbanización se unió el efecto tapón del paseo marítimo, construido sobre dos cordones dunares, y el abandono del sistema de drenaje artificial de la salina. Y es que, este último facilitaba el desagüe de las aguas con ocasión de lluvias torrenciales. En efecto, una red de acequias secundarias recogían las aguas acumuladas en el espacio antelitoral de la playa de la Fosa, y las conducía a una acequia principal que bordeaba la salina y que tenía salida al mar por la actual Calle Luxemburgo. De este modo, tanto las aguas de la playa de Levante como las de la salina y su entorno tenían facilidad para ser evacuadas hacia el mar. Con la pérdida de funcionalidad del mismo se impidió el drenaje del agua durante las lluvias del 12 de octubre de 2007 (Figura 8), quedando inundada gran parte de la zona baja del municipio.



Figura 7. Desestructuración del sistema de drenaje natural (constreñimiento del barranco Quisi-Pou Roig).

4. PROPUESTAS

Atendiendo a las posibilidades que ofrece el sistema territorial de Calpe, la legislación en materia de inundación en la Comunidad Valenciana y el sistema de emergencias, cabe indicar una serie de recomendaciones.



Figura 8. Desestructuración del sistema de drenaje artificial (red drenaje de la salina y su entorno)

En primer lugar, conviene llevar a término medidas correctoras a corto-medio plazo, que reduzcan la vulnerabilidad y el riesgo de inundación en el municipio de Calpe. Las mismas, deben ser tanto estructurales como no estructurales, y estar basadas en un estudio de inundabilidad de detalle. Entre las primeras, cabe indicar, como aspecto favorable, que han concluido las obras de incremento de las capacidades de desagüe del barranco Quisi-Pou Roig, y que se ha reabierto el canal de drenaje de la laguna que discurre por la Calle Luxemburgo. No obstante, es conveniente advertir que el incremento de las posibilidades de avenamiento del Barranco Quisi-Pou Roig no parece ser suficiente. Por un lado, la

canalización no se han realizado allí donde tuvo lugar el origen de su desbordamiento, sino río abajo, por lo que ante una precipitación de similares características a las de octubre de 2007 dicho aparato fluvial probablemente se volverá a *salir de madre* aguas arriba. Y, por otro, éstas no han determinado un aumento suficiente de la capacidad de desagüe. Así es, de acuerdo con la nota de prensa del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, del 21/5/2009, las posibilidades de evacuación ahora ascenderán a 70 m³/s, cuando los cálculos de caudal aquí realizados indican que con avenida extraordinaria pueden ser evacuados por el barranco Quisi-Pou Roig unos 640 m³/s.

En las zonas ya urbanizadas e inundadas en octubre de 2007 se debería proteger la entrada de agua en bajos y de aparcamientos instalados en el subsuelo, mientras que en los lugares a urbanizar se debería tener muy en cuenta el riesgo de inundación de las plantas bajas y subterráneos.

Se debe también valorar la posibilidad de sustituir los muros impermeables de parcelas y fincas por otros permeables, que no produzcan el efecto tapón y el consiguiente estancamiento e incremento del calado alcanzado por el agua.

A medio y largo plazo, en las zonas con elevado riesgo de inundación, se deberían ir corrigiendo progresivamente las deficiencias debidas a la *instrumentalización inmobiliaria del fenómeno turístico*, desclasificando, en la medida de lo posible, usos del suelo y ampliando las dotaciones de suelo público. De este modo, no sólo disminuiría la vulnerabilidad a futuras inundaciones sino que también mejoraría la calidad de vida de los ciudadanos.

Respecto a la prevención y los sistemas de alerta y emergencia, cabe indicar que se debería llevar a cabo un Plan de Emergencias por Inundación en el municipio de Calpe, de acuerdo con los planteamientos del Decreto 156/1999 del Gobierno Valenciano. Al respecto, cobra especial relevancia el incremento de dotación de personal y medios técnicos en el Ayuntamiento de Calpe. De ser así, se podrían elaborar estudios de inundación a escalas de detalle, desarrollar tareas de mantenimiento y vigilancia *policial* de los cursos fluviales, así como implantar un sistema de control pluviométrico e hidrológico en tiempo real.

Por último, resulta recomendable que se dote de mayores medios a la AEMET, a las CH_(s) y a las Universidades, e igualmente que se facilite el libre acceso a la información pública, con el objeto de mejorar los conocimientos a cerca de las causas atmosféricas de las inundaciones y la respuesta de los aparatos fluviales ante la entrada de precipitación en los mismos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

El análisis post-inundación es un procedimiento adecuado para valorar el peligro ante este fenómeno hidro-geomorfológico, tal y como señalan Gaume, E. y Borgaz, M. (2008), comprender las causas (naturales y antrópicas) del mismo, así como proponer recomendaciones.

Las indicaciones realizadas por Zevenbergen, *et al.* (2008) a nivel general se cumplen también en el entorno de Calpe. Ciertamente, se ha comprobado como a diferencia de antaño, cuando el establecimiento de la ciudad se hacía teniendo en cuenta las condiciones del medio y su dinámica, que la implantación masiva del fenómeno turístico no ha seguido una adecuada planificación urbana. De este modo, se ha exacerbado progresivamente la tendencia al incremento de la exposición y vulnerabilidad hacia las inundaciones. Así, como en otras zonas (ver SAURI *et al.*, 2001), tanto la inversión pública como privada se ha concentrado en las zonas de mayor riesgo de inundación, ya que

los beneficios económicos del *desarrollo* se muestran claramente superiores a los efectos perniciosos de las inundaciones.

La promulgación de reciente normativa específica al riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) no ha tenido efectos en el municipio de Calpe. De hecho, cómo se ha señalado, la zona más afectada de Calpe por la inundación de octubre de 2007 no está contemplada en el estudio del PATRICOVA, por tanto, no está sujeta a esta normativa. Ciertamente, la escala de trabajo para determinar los cálculos hidráulicos en la que sustenta el PATRICOVA y el Decreto 156/1999 es de 1:10.000. Marco espacial de referencia francamente insuficiente para el análisis pormenorizado de problemas de inundación, tal y como asimismo queda denunciado en el artículo 16 del PATRICOVA. De hecho, el municipio de Calpe es considerado entre aquéllos con un riesgo bajo de padecer inundaciones, según recoge el Decreto 156/1999. Además, aunque se hagan estudios para mejorar el análisis del PATRICOVA (esta posibilidad está contemplada en el mismo), conviene tener en cuenta que la mayor parte de la zona con riesgo de inundación está construida o tiene usos muy próximos a la urbanización, por lo que la utilidad de la reciente legislación se ve seriamente comprometida.

A estas deficiencias se unen los defectos que contienen la gestión que se promueve para el futuro. Así, la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y, por tanto, el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, al menos en primera instancia, no contempla ninguno de los aparatos fluviales del municipio de Calpe. De este modo, las regulaciones de uso que establecen, en primera instancia, no tendrán efecto sobre el espacio analizado. Y es que, ninguno de los barrancos que cruzan Calpe son sectores considerados como zonas inundables en la Confederación Hidrográfica del Júcar (en adelante, CHJ), y tampoco están incluidos dentro de los tramos de Protección Civil de la CHJ. Asimismo, los cauces que avenan el municipio no pertenecen a la primera propuesta de los aparatos fluviales integrados en el proyecto LINDE. Esto último, limita sobremedida la aplicación de la regulación de usos de las riberas de los ríos que drenan el municipio, pues al no tener ni que plantearse a corto plazo la delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) no se podrá hacer, al menos en principio, la regulación de usos en la Zona de Servidumbre y Policía.

Además, la red del Sistema Automatizado de Información Hidrológica (SAIH), básico a la hora de establecer situaciones de riesgo inminente por inundación, no posee aforo alguno en las cuencas que avenan hacia Calpe⁵. Por consiguiente, no se puede hacer un seguimiento a tiempo real de la lluvia y los caudales que de ella se derivan, tal y como promueve el Plan Especial ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad Valenciana⁶. La dificultad en la previsión exacta de la localización de los sistemas nubosos que provocan los diluvios causantes de crecidas en la zona⁷, y la falta de tiempo para afrontar las situaciones que de éstos se derivan, terminan por completar los obstáculos para afrontar el riesgo de inundación en Calpe.

⁵ Esta deficiencia también es traída a colación por Camarasa, A.M^a. y Soriano, J. (2008) para el caso de las ramblas mediterráneas, y por Ruin *et al* (2008) en sistemas hidrológicos franceses de escasa envergadura.

⁶ Como recuerdan Pilgrim *et al.* (1988) y Camarasa y Segura (2001), el análisis de la variabilidad espacial del comportamiento hidrológico requiere de la existencia de una densa red de pluviómetros y caudalímetros, con el objeto de evaluar mejor los mecanismos que generan las inundaciones.

⁷ A la gran complejidad de previsión de estos fenómenos se une el escollo de la falta de medios. En este sentido, cabe destacar la deficiente red de sondeos; la laxa red de radares meteorológicos, que no permite establecer modelos hidrológicos a partir de sus imágenes; y las dificultades presentes en la predicción meteorológica para periodos de D + 4, más aún cuando en este tipo de inundaciones los fenómenos de mesoescala cobran gran trascendencia.

AGRADECIMIENTOS: Los resultados de este trabajo forman parte de los proyectos de investigación financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia con referencias SEJ2006-15153-C03-03 y CSO 2008-01348/GEOG.

REFERENCIAS

- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2003): *Guía tècnica. Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local*, Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient, 106 pp.
- APARICIO MIJARES, J.A. (2003): *Fundamentos de hidrología de superficie*, Limusa. Cuernavaca, México, 303 pp.
- AYALA-CARCEDO, F.J. (2002): El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones y la responsabilidad social de los expertos. Un análisis del caso español y sus alternativas, *Boletín de la AGE*, 33, pp. 79-92.
- BALLAIS, J.-L., GARRY, G. Y MASSON, M. (2005): Contribution de l'hydrogéomorphologie à l'évaluation du risque d'inondation: le cas du Midi méditerranéen français, *Comptes Rendus Geosciences*, 337, pp. 1120-1130.
- BOE, num. 123, de 23 de mayo de 1990: *Orden del 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial"*.
- BOE, num. 128, de 29 de mayo de 2007: *LEY 8/2007, de 28 de mayo, de suelo*.
- BOE, num. 14, de 16 enero de 2008: *REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril*.
- CAMARASA BELMONTE, A.M. y SEGURA BELTRÁN, F. (2001): Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain, *Catena*, 45, pp. 229-249.
- CAMARASA, A. M., LÓPEZ-GARCÍA, M.J. y PASCUAL, J.A. (2006): Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía. En Camacho Olmedo, M.T., Cañete Pérez, J.A., Lara Valle, J.J. (Eds.): *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas: actas [del] XII congreso nacional de tecnologías de la información geográfica*. Granada, septiembre de 2006, pp. 49-63.
- CAMARASA, A.M.^a y SORIANO, J. (2008): Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en ramblas mediterráneas, *Cuadernos de Geografía*, 83, pp. 1-26.
- CAVANILLES, A.J. (1795-1797): *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia*, Imprenta Real de Madrid, 2 vol. [Ed. Facsímil, Biblioteca de Valencia, 1975].
- CREUTIN, J.-D y BORGA, M (2003): Radar hydrology modifies the monitoring of flash-flood hazard, *Hydrological Processes*, 17, pp. 1453-1456.
- DIARIO LAS PROVINCIAS. Edición del 13 de octubre de 2003.
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA, L 288, de 6 de noviembre de 2007: *Directiva 2007/60/ce del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación*.
- DÍEZ, A. (2002): Condicionantes geomorfológicos de las avenidas y cálculo de caudales y calados. En: Ayala-Carcedo, F. J. y Olcina Santos J. (Coords.). *Riesgos Naturales*, pp. 921-952, Editorial Ariel, Barcelona.
- DIRECCIÓ GENERAL D'URBANISME i ORDENACIÓ TERRITORIAL (2003): *Plan de Acció Territorial de Caràcter Sectorial sobre Prevenció del Risc de Inundació en la Comunitat Valenciana.*, Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Documentos 1, 2, 3, 4 y 5.

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (1999): *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*, Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes, 55 pp.
- DOBBIE, C.H. y WOLF, P.O. (1953): The lynmouth flood of August 1952. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 2, pp. 522–588.
- DOGV, num. 3.593, de 29 de septiembre de 1999: *Decreto 156/1999, de 17 de septiembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan Especial ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad Valenciana*.
- ESTRELA, M.J., MILLÁN, M.M., PEÑARROCHA, D. y PASTOR, F. (2002): *De la gota fría al frente de retroceso. Las precipitaciones intensas en la Comunidad Valenciana*, Centro Francisco Tomás y Valiente UNED, Valencia, 260 pp.
- FERNÁNDEZ NAFRÍA, A. (1984): Inundaciones en Murcia y Almería (octubre 1973). En: *Aspectos sanitarios ante situaciones catastróficas. Inundaciones*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Consumo. San Sebastián.
- FERRO, G. (2005): Assessment of major and minor events that occurred in Italy during the last century using a disaster severity scale score. *Prehospital and Disaster Medicine*, 20 (5), pp. 316–323.
- GARDINER, V. (1974): Drainage basin morphometry, *Technical Bulletins of the British Geomorphological Research Group*, 14, 48 pp.
- GAUME, E., BAIN, V., BERNARDARA, P., NEWINGER, O., BARBUC, M., BATEMAN, A., BLÁŠKOVICOVÁ, L., BLÖSCHL, G., BORGA, M., DUMITRESCU, A., DALIAKOPOULOS, I., GARCIA, J., IRIMESCU, A., KOHNOVA, S., KOUTROULIS, A., MARCHI, L., MATREATA, S., MEDINA, V., PRECISO, E., SEMPERE-TORRES, D., STANCALIE, G., SZOLGAY, J., TSANIS, I., VELASCO, D. y VIGLIONE, A. (2009): A compilation of data on European flash floods, *Journal of Hydrology*, 367, pp. 70–78.
- GAUME, E., LIVET, M., DESBORDES, M. y VILLENEUVE, J.-P. (2004): Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999, *Journal of Hydrology*, 286, 135–154.
- GIMENEZ FERRER, J.M. (2006): *Riesgo de inundación y ordenación en el litoral alicantino*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Alicante.
- IBISATE GONZÁLEZ DE MATAUCO, A. (2004): Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas, *Boletín de la AGE*, 38, pp. 311-329.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (2007): *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Meteorología Adversa: Meteoaleta*. Ministerio de Medio Ambiente, 64 pp.
- IVE (2008): *Ficha Municipal de Calpe* (www.ive.es).
- JONKMAN, S.N. y VRIJLING, J.K. (2008): Loss of life due to floods, *Journal of Flood Risk Management*, 1, pp. 43–56. doi:10.1111/j.1753-318x.2008.00006.x
- LLORENTE ISIDRO, M., DÍEZ HERRERO, A., LAÍN HUERTA, L. y BALLESTEROS CANOVAS, J.A. (2008): La peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones en PRIGEO. En: Galindo Jiménez, I., Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (Eds.). *El estudio y la gestión de los riesgos geológicos*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, 12, 13-20.
- LÓPEZ BUSTOS, A. (1964): *Resumen y conclusiones de los estudios sobre avenidas del Vallés en 1962*. Instituto de Hidrología, Informe técnico, Madrid.
- MADDOX, R. A., CHAPPELL, C.F. y HOXIT, L.R. (1979): Synoptic and meso-scale aspects of flash flood events, *Bulletin American Meteorological Society*, 60, pp. 115-123.
- McEWEN, L., HALL, T., HUNT, J., DEMPSEY, M. y HARRISON, M. (2004): Flood warning,

- warning response and planning control issues associated with caravan parks: the April 1998 floods on the lower Avon floodplain, Midlands region, UK, *Applied Geography*, 22, pp. 271-305.
- NAVALÓN GARCÍA, R. (1995): *Planeamiento Urbano y Turismo Residencial en los Municipios Litorales de Alicante*, Instituto de Cultura Juan Gil-Albert (Diputación Provincial de Alicante), Alicante, 361 pp.
- PILGRIM, D.H., CHAPMAN, T.G., DORAN, D.G. (1988): Problems of rainfall-runoff modelling in arid and semiarid regions, *Hydrological Sciences Journal*, 33 (4), pp. 379-400.
- RIOSALIDO, R. (1990): Caracterización mediante imágenes de satélite de los sistemas convectivos de mesoescala durante la Campaña Previmet Mediterráneo-89, *Segundo Simposio Nacional de Predicción del INM*, Madrid, Instituto Nacional de Meteorología, pp. 135-148.
- ROMERO, R., DOSWELL III, C.A. y RAMIS, C. (2000): Mesoscale Numerical Study of two cases of long-lived Quasi-Stationary Convective Systems over Eastern Spain, *American Meteorological Society*, 128, pp. 3731-3751.
- RUIN I, CREUTIN, J-D., ANQUETIN, S. y LUTOFF, C. (2008): Human exposure to flash floods – Relation between flood parameters and human vulnerability during a storm of September 2002 in Southern France, *Journal of Hydrology*, 361, pp. 199-213.
- RUIN, I, CREUTIN, J-D., ANQUETIN, S., GRUNTFEST, E. y LUTOFF, C. (2009): Human vulnerability to flash floods: Addressing physical exposure and behavioural questions. En *Samuels et al. (eds). Flood Risk Management: Research and Practice*, pp. 1005-1012.
- SANJAUME SAUMELL, E. (1985): *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*, Universidad de Valencia-Sección Geografía, Valencia, 505 pp.
- SEGURA BELTRÁN, F. (2009): Geomorfología, inundaciones y alteración antrópica del espacio inundable: el caso del riu Girona (Alacant, octubre de 2007), *Boletín de la AGE*, 49, pp. 83-103.
- STENSRUD, D. J. y FRITSCH, J.M. (1993): Mesoscale convective system in weakly forced large-scale environments. Part I: Observations. *Monthly Weather Review*, 121, pp. 3326-3344.
- TÉMEZ, J. R. (1978): *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*, MOPU, Madrid, 113 pp.
- TÉMEZ, J.R. (1991): Extended and Improved Rational Method. Version of the Highways administration of Spina. En: XXIV Congreso Internacional de la IAHR, tomo A, Madrid, pp. 33-40,
- TÉMEZ, J.R. (1992). Generalización y mejora del método racional. Versión de la Dirección General de Carreteras de España, *Ingeniería Civil*, 82, pp. 51-56.
- US SOIL CONSERVATION SERVICE (1972): *National Engineering Handbook*, sec 4, sup. A, Hydrology.
- VERA REBOLLO, F. (1987): *Turismo y urbanización en el litoral alicantino*. Instituto de Estudios Juan Gil-Albert, Diputación Provincial de Alicante, 441 pp.
- ZEVENBERGEN, C., VEERBEEK, W., GERSONIUS, B., y VAN HERK, S. (2008): Challenges in urban food management: travelling across spatial and temporal scales, *Journal of Flood Risk Management*, 1, pp. 81-88. doi:10.1111/j.1753-318X.2008.00010.x