

ANA M^a CAMARASA BELMONTE*
JULIÁN SORIANO GARCÍA

PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN EN RAMBLAS MEDITERRÁNEAS: LOS LLANOS DE CARRAIXET Y POYO

RESUMEN

Este trabajo propone una metodología para la cartografía del riesgo de inundación en ramblas, basada en la estimación del peligro y de la vulnerabilidad, que ha sido aplicada a los llanos del Barranc del Carraixet y de la Rambla de Poyo. El peligro se ha evaluado a partir de métodos hidrogeomorfológicos. La vulnerabilidad, entendida como la combinación entre el valor económico de los usos del suelo y la exposición humana, se ha estimado para diferentes condiciones de ocupación del espacio, en función de la franja horaria: jornada laboral, noches y días festivos. El método se ha demostrado sencillo, eficaz y fácilmente extrapolable. Los resultados han puesto de manifiesto que pese a que los dos llanos de inundación forman parte del Área Metropolitana de Valencia y han sufrido una evolución parecida, presentan patrones de riesgo diferentes.

PALABRAS CLAVE: peligro, vulnerabilidad, mapas de riesgo de inundación, usos del suelo, ramblas mediterráneas.

ABSTRACT

HAZARD, VULNERABILITY AND FLOOD RISK IN THE MEDITERRANEAN EPHEMERAL STREAMS:
THE FLOODPLAINS OF CARRAIXET AND POYO BASINS

This paper proposes a methodology for mapping flood risk in ephemeral streams, based on the estimation of flood hazard and vulnerability, which has been applied to the floodplains of Barranc del Carraixet and Rambla de Poyo catchments. Hazard has been assessed using hydrogeomorphological methods. Vulnerability has been estimated as a combination between the economic value of land use and human exposure, for three models of intensity of use, related to different time periods: working days, nights, and weekends and holidays. The method has proved to be simple, effective and easily comparable. The results show different patterns of risk for each floodplain, even though both of them are part of the metropolitan area of Valencia.

KEY WORDS: hazard, vulnerability, flood risk map, land use, Mediterranean ephemeral streams.

* Departamento de Geografía, Universidad de Valencia. Ana.camarasa@uv.es, jusogar@alumni.uv.es
Fecha de recepción: septiembre 2008. Fecha de aceptación: octubre 2008.

LOS COMPONENTES DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN RAMBLAS MEDITERRÁNEAS

Los riesgos naturales constituyen una problemática ampliamente abordada por los geógrafos, por cuanto suponen uno de los ámbitos donde mejor se materializa la interacción medio-hombre.

A pesar de que los enfoques teóricos han contemplado siempre la dimensión humana –“sin hombre no hay riesgo” (WHITE, 1974)–, los estudios aplicados, sobre todo en el caso de las inundaciones, se han centrado durante mucho tiempo en el fenómeno físico o, dicho de otro modo, en la peligrosidad. No sorprende, por tanto, que durante la primera mitad del siglo pasado la mayor parte de los desarrollos metodológicos apuntaran a la estimación de caudales máximos, análisis del sistema fluvial en momentos de crecida, cartografía de zonas inundables o simulación de flujos desbordados. En coherencia con estos planteamientos, las estrategias frente al riesgo se basaban en medidas correctoras de tipo estructural (presas, azudes, canalizaciones, desvíos, etc.), o lo que es lo mismo, en prácticas anti-peligro.

Este panorama empieza a cambiar desde que a finales del siglo XX, en el seno de la declaración, por parte de la ONU, de la *Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (1990-1999)*, la comunidad científica internacional llega a consensuar un marco teórico de referencia común, donde quedan definidos los conceptos de riesgo natural, peligro o peligrosidad y vulnerabilidad. En términos generales, el riesgo de un territorio vendría condicionado por la combinación entre el peligro -probabilidad de que un suceso natural alcance un umbral determinado- y la vulnerabilidad, definida por el grado de tolerancia social, económica y tecnológica de la población expuesta a dicho peligro, así como por su capacidad de reacción y adaptación al fenómeno adverso (PITA *et al.*, 1999; CAMARASA *et al.*, 2001).

Como consecuencia de este nuevo marco, se produce un cambio en las metodologías y aproximaciones al estudio de los riesgos. La necesidad de incluir la vulnerabilidad como uno de sus componentes fundamentales se refuerza en la *Estrategia Internacional para la Reducción de los Riesgos Naturales* (ADGER, 2006; BIRKMANN, 2007; CUTTER y FINCH, 2007), promovida también desde la ONU, a cuyo amparo se crea el *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015*, donde “los gobiernos de todo el mundo se comprometen a tomar medidas para reducir la vulnerabilidad frente a las amenazas naturales” (EIRD, 2005).

En el caso de la cartografía de riesgo de inundación existe un gran desequilibrio entre las metodologías que abordan la peligrosidad y las que estiman la vulnerabilidad. Puesto que tradicionalmente se ha estado equiparando riesgo a peligro (CAMARASA y BESCÓS, 2004), se han desarrollado mucho más las herramientas para delimitar zonas inundables a partir del análisis de crecidas (mediante métodos hidrogeomorfológicos, hidrológicos o hidráulicos), que para estimar la vulnerabilidad de la población expuesta. En este sentido cabe destacar, en nuestro entorno próximo, la considerable producción de cartografía de peligro (DIEZ y PUJADAS, 2002) que, aunque de carácter puntual y variada metodología, reconoce las zonas inundables para episodios concretos: Ribera del Júcar en 1982 (La ROCA y CARMONA, 1983); Biescas en 1995 (GARCÍA RUIZ *et al.*, 1996); Bilbao en 1983; o para cuencas problemáticas: Río Júcar (MATEU y CARMONA, 1991); Río Turia (CARMONA, 1990); Río Ebro (OLLERO, 1996); Río Palancia (SEGURA, 1991; FRANCÉS, 1994); Rambla de Las Moreras (RODRÍGUEZ ESTRELLA *et al.*, 1992); Ramblas de Carraixet y Poyo (CAMARASA, 1995; RUIZ y CARMONA, 2004); etc.

Por el contrario, las aproximaciones metodológicas para la estimación de la vulnerabilidad están aún en una fase bastante incipiente. De la complejidad del concepto en sí (ya que

entraña dimensiones sociales, económicas, políticas y culturales) deriva la dificultad para la elección de variables que permitan establecer el grado de vulnerabilidad, máxime si han de ser cartografiadas (DÍAZ MUÑOZ y DÍAZ DEL CASTILLO, 2002). De hecho, la mayoría de veces, la llamada cartografía de vulnerabilidad sólo ha abordado indicadores indirectos de la misma (DOWNING *et al.*, 2001; YOHE y TOL, 2002; ZAVALA, 2002; O' BRIEN *et al.* 2004; BROOKS *et al.* 2005; POLSKY, 2004; LUERS, 2005; CUTTER y FINCH, 2007). Además, la metodología no debe limitarse únicamente a aproximaciones cuantitativas, sino que debe englobar aspectos cualitativos (BIRKMANN y FERNANDO, 2008), y deben incluirse matices dinámicos porque la vulnerabilidad cambia en el espacio y en el tiempo (BIRKMANN, 2005; ADGER, 2006; CUTTER y FINCH, 2007). Entre las recomendaciones que se realizan desde el *Instituto para la Seguridad Humana y del Medio Ambiente (United Nations University)*, report n° 5/2006 (BIRKMANN y WISNER, 2006), destacan la conveniencia de acomodar los métodos a las necesidades específicas de cada caso, así como la combinación de información cuantitativa y cualitativa, adaptada a la escala de trabajo. En otras palabras: se recomienda el diseño de metodologías específicas, que, en función de la información disponible y de las características del estudio, se ajusten al problema a resolver y a la escala de análisis.

En este sentido, las ramblas mediterráneas presentan una problemática muy particular. Se trata de cuencas pequeñas, de corto recorrido y gran pendiente que, con ocasión de lluvias intensas, suelen originar avenidas de tipo *flash-flood* o relámpago (SEGURA, 1990; CAMARASA, 1995; CAMARASA y SEGURA, 2001). Existe una baja percepción del riesgo, porque la mayor parte del año no registran circulación hídrica, hecho que anima a la progresiva ocupación humana de las zonas inundables, incrementando así la vulnerabilidad. De pronto, con una lluvia intensa, entran en funcionamiento de una manera espasmódica y violenta, pudiendo formar incluso frentes de ola móviles que se desplazan por el cauce a gran velocidad, transportando mucha carga sólida, con un gran potencial erosivo (CAMARASA, 2006).

La simulación y previsión de estas avenidas resulta una tarea harto frustrante, por una parte, por la carencia endémica de datos hidrológicos suficientemente detallados y, por otra, porque no existen modelos de simulación adaptados a estos sistemas que permitan una predicción y previsión fiables del riesgo. La solución a estos problemas se apunta además lejana, dada la dificultad técnica de aforar los cauces de rambla y el corto tiempo de respuesta de estas cuencas.

En este contexto, la cartografía de riesgo puede constituir una herramienta alternativa o complementaria, muy eficaz para la gestión del riesgo de inundación, vinculada a la ordenación territorial. Se necesita, no obstante, precisar y adaptar los conceptos de peligro y vulnerabilidad al caso de las ramblas y desarrollar metodologías adecuadas para su estimación.

El presente artículo aborda la elaboración de una cartografía del riesgo de inundación en los llanos de dos ramblas típicas mediterráneas, el Barranc del Carraixet y la Rambla de Poyo, teniendo en cuenta la estimación del peligro y de la vulnerabilidad. Dada la dificultad de aplicación de los métodos hidrológicos e hidráulicos a las ramblas, la valoración del peligro se realiza mediante métodos hidrogeomorfológicos. En cuanto a la vulnerabilidad, resaltar que ambos llanos forman parte del área metropolitana de Valencia y constituyen una zona de gran dinamismo porque sobre ella se han desarrollado, en las últimas décadas, intensos procesos de expansión urbana y suburbanización. La vulnerabilidad se estima a partir de indicadores socioeconómicos sencillos, basados en el uso del suelo. Además, se tiene en cuenta el factor temporal, considerando la diferente intensidad de ocupación del espacio entre los días laborables y festivos, por una parte, y entre el día y la noche, por otra.

ÁREA DE ESTUDIO

El Barranc del Carraixet y la Rambla de Poyo (también llamado Barranc de Torrent en su tramo final) constituyen dos ejemplos representativos de ramblas mediterráneas, que desembocan al norte y al sur, respectivamente, de la ciudad de Valencia. El Barranc del Carraixet, junto con otros colectores de menor entidad, drena el sector comprendido entre los ríos Palancia y Turia, mientras que la Rambla de Poyo ocupa el tramo entre el río Turia y el Júcar y desemboca en la Albufera de Valencia. Ambas cuencas han construido sendos llanos de inundación que, imbricados con el del río Turia, conforman la llanura costera valenciana.

Históricamente, la ocupación humana de este espacio ha estado ligada a la ciudad de Valencia, en torno a la cual se ha desarrollado un intenso aprovechamiento agrícola, centrado en las comarcas de L'Horta Nord (llano del Carraixet) y L'Horta Sud (llano de Poyo). A medida que la ciudad y los núcleos urbanos próximos crecen, se van ocupando los espacios agrícolas inmediatos y se incorporan nuevos sectores al Área Metropolitana.

La dinámica torrencial de estos barrancos y la proximidad a la ciudad de Valencia han originado serios problemas de inundación, que han llevado a la canalización de los cauces en sus tramos finales. Sin embargo, lejos de solucionar el problema, el riesgo persiste, incluso se ha agravado, a medida que se iban desarrollando los diferentes procesos de urbanización.

Siguiendo la tendencia común a todo el país, las mayores modificaciones territoriales tuvieron lugar a partir de los años sesenta. Notables extensiones de huerta se transformaron en polígonos industriales y en nuevos barrios residenciales. En el llano de Poyo la industrialización fue muy intensa, especializándose en el sector del mueble. La inundación de la ciudad de Valencia en el año 1957 y el posterior desvío del río Turia hacia el sur, ocupando parte del llano de la Rambla de Poyo, contribuyó a la transformación territorial. Algunos de los más de veinte núcleos de población que se asientan en la zona llegaron a conurbarse entre sí (Aldaia-Alaquàs, Sedaví-Benetússer-Alfafar). El llano del Carraixet experimentó un menor crecimiento industrial, lo que ha permitido que la agricultura siga teniendo cierto peso sobre su economía (SALOM y ALBERTOS, 2006) y mantenga su hegemonía en el paisaje. Hoy en día, ambos llanos conforman una unidad física y funcional fuertemente interrelacionada y muy dependiente de la ciudad de Valencia.

METODOLOGÍA

Como ya se mencionó en el apartado introductorio, el análisis del riesgo de inundación en ramblas precisa del desarrollo de aproximaciones metodológicas, adaptadas a los conceptos de peligro y vulnerabilidad de estos ambientes.

Según el Libro Blanco del Agua (1998) la cartografía de zonas inundables de primer orden debería realizarse a escala 1:5.000 y seguir las pautas que a continuación se detallan. En primer lugar tendría que incluir un *análisis hidrogeomorfológico* previo para la caracterización cualitativa del área conflictiva; un *estudio hidrológico* para la determinación de períodos de retorno para caudales de diferente magnitud, un *estudio hidráulico* para el cálculo de calados de anegamiento y un *análisis económico* para estimar las pérdidas asociadas. Debería contar con información de la velocidad de la corriente (superior a 1 m/s conlleva alto riesgo); de duración del anegamiento y del tiempo de respuesta de la

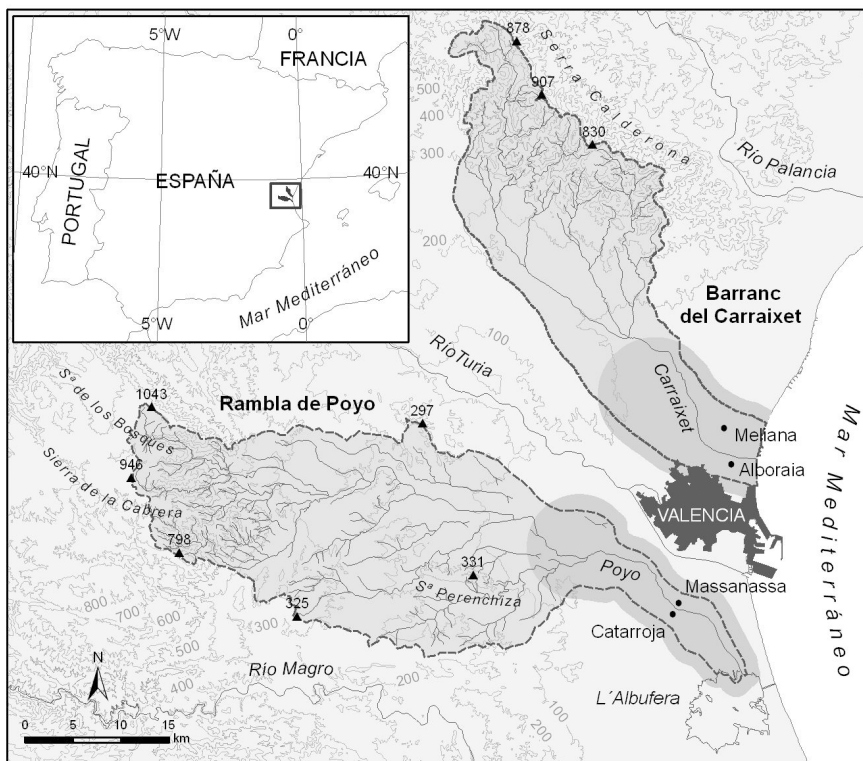


Figura 1. Zona de estudio.

cuenca. Asimismo, tendría que incorporar un inventario geo-referenciado de puntos singulares, como equipamientos e infraestructuras, especificando su vida útil remanente y una evaluación sistemática del comportamiento de las obras de desagüe, badenes y tramos inundables.

Lamentablemente, en lo referente al **peligro**, el procedimiento propuesto por el Libro Blanco del Agua resulta inviable para el caso de las ramblas. Gran parte del problema arranca de la dificultad para aforar estos sistemas –secos la mayor parte del año y de funcionamiento torrencial durante las crecidas–, que ha originado una carencia endémica de datos hidrológicos con los que elaborar y calibrar modelos hidrológico-hidráulicos. Por otra parte, la escala 1:50.000 a la que se han abordado proyectos generales de cartografía de peligro, como el PATRICOVA (*Pla d'Acció Territorial de Prevenció del Risc d'Inundació a la Comunitat Valenciana*) –llevado a cabo por el gobierno valenciano– o el PRIGEO (*Plan de Cartografía de Riesgos Geológicos*) –a cargo del IGME–, no aportan detalle suficiente.

Por todo ello, la estimación del peligro se ha realizado a partir de métodos hidrogeomorfológicos, siguiendo las propuestas de la bibliografía especializada para el caso de cuencas torrenciales de morfología cambiante y gran potencia erosiva, donde, además, la información hidrológica es escasa o inexistente (BALLAIS *et al.*, 2005, GUZZETTI *et al.*, 2005, MARQUÍNEZ *et al.*, 2006 y LASTRA *et al.*, 2008).

Por lo que respecta a la **vulnerabilidad**, como ya se ha mencionado, existen numerosos indicadores que hacen referencia a sus múltiples acepciones (WISNER *et al.*, 2004): la *vulnerabilidad física o estructural* (fragilidad de las edificaciones), *social* (en función la posición socioeconómica de la población, distribución espacial, edad, discapacidades, género, etc.), *económica* (pérdidas, daños directos e indirectos), etc. Frente a la diversidad de interpretaciones y dada la falta de consenso, se corre el riesgo de reducir el concepto de vulnerabilidad a una mera y simple adición de indicadores (DOWNING, 2004).

Con el ánimo de no incurrir en tal efecto, hemos preferido seguir los trabajos de Grüntal *et al.* (2006), basados en los usos del suelo. En este sentido, proponemos una metodología sencilla en función de indicadores socioeconómicos fácilmente accesibles y abordables desde el campo de la Geografía. Partimos de la hipótesis de que, ante un grado de peligro similar, las mayores pérdidas afectarán a los usos del suelo residenciales (donde el volumen de población es mayor) y a los que registran un valor económico más elevado. La vulnerabilidad se estima, por tanto, en función del precio del suelo y de la ocupación humana del espacio. Ahora bien, como ésta última está condicionada por el tiempo (según se trate de horario laborable o festivo, existirá mayor o menor densidad de ocupación de un mismo espacio), se han elaborado mapas de vulnerabilidad teniendo en cuenta tres escenarios: jornada laboral, días festivos y noches. Finalmente, a partir de la combinación de los mapas de peligro y de vulnerabilidad se han confeccionado los mapas de **riesgo** para esos mismos supuestos.

La figura 2 muestra el modelo cartográfico seguido. Llegados a este punto conviene remarcar que todo el estudio está basado y referido al año 2000, porque fue en octubre de ese año cuando se registraron las últimas inundaciones de gran magnitud en las ramblas de Carraixet y Poyo. Ello dio lugar a registros sedimentológicos, noticias de prensa, partes técnicos..., en definitiva, a una interesante información complementaria que permite no sólo analizar el fenómeno, sino comprobar y ajustar los métodos de estudio.

Elaboración de la cartografía de peligro

La cartografía de peligro parte de la interpretación y análisis, en términos de peligrosidad, de la geomorfología de los llanos. En este tipo de cuencas de circulación intermitente y dinámica torrencial, las formas, tanto erosivas como deposicionales, que se generan en momentos de avenida constituyen un verdadero testimonio de los procesos que han tenido lugar y de las zonas que han sido afectadas.

El presente trabajo se basa en estudios geomorfológicos previos llevados a cabo por Camarasa (1990, 1995), Ruíz y Carmona (2004) y Carmona y Ruiz (2004, 2007) sobre los llanos de Carraixet y Poyo. Asimismo recoge parte de la cartografía geomorfológica detallada de las zonas inundables, elaborada por los mismos autores, en el marco del proyecto de investigación "*Riesgo de Inundación en Ramblas Mediterráneas. Umbrales Hidrogeomorfológicos de Crecida*" (REN2003-07171).

A partir de estos trabajos, con el apoyo del Modelo Digital de Elevaciones (1:5.000) y de la ortofoto del año 2000, se ha elaborado una cartografía hidrogeomorfológica de síntesis, donde pueden identificarse trece formas diferentes asociadas a procesos de crecida e inundación. Mediante consulta a expertos y revisión bibliográfica, estas formas fueron interpretadas y valoradas, de manera cualitativa, en términos de peligrosidad. Se les asignaron ocho niveles, desde el 1 que representa el peligro más alto –cauces y puntos críticos- al 8, referido a zonas prácticamente a salvo –relieves montañosos o barra litoral-. Los

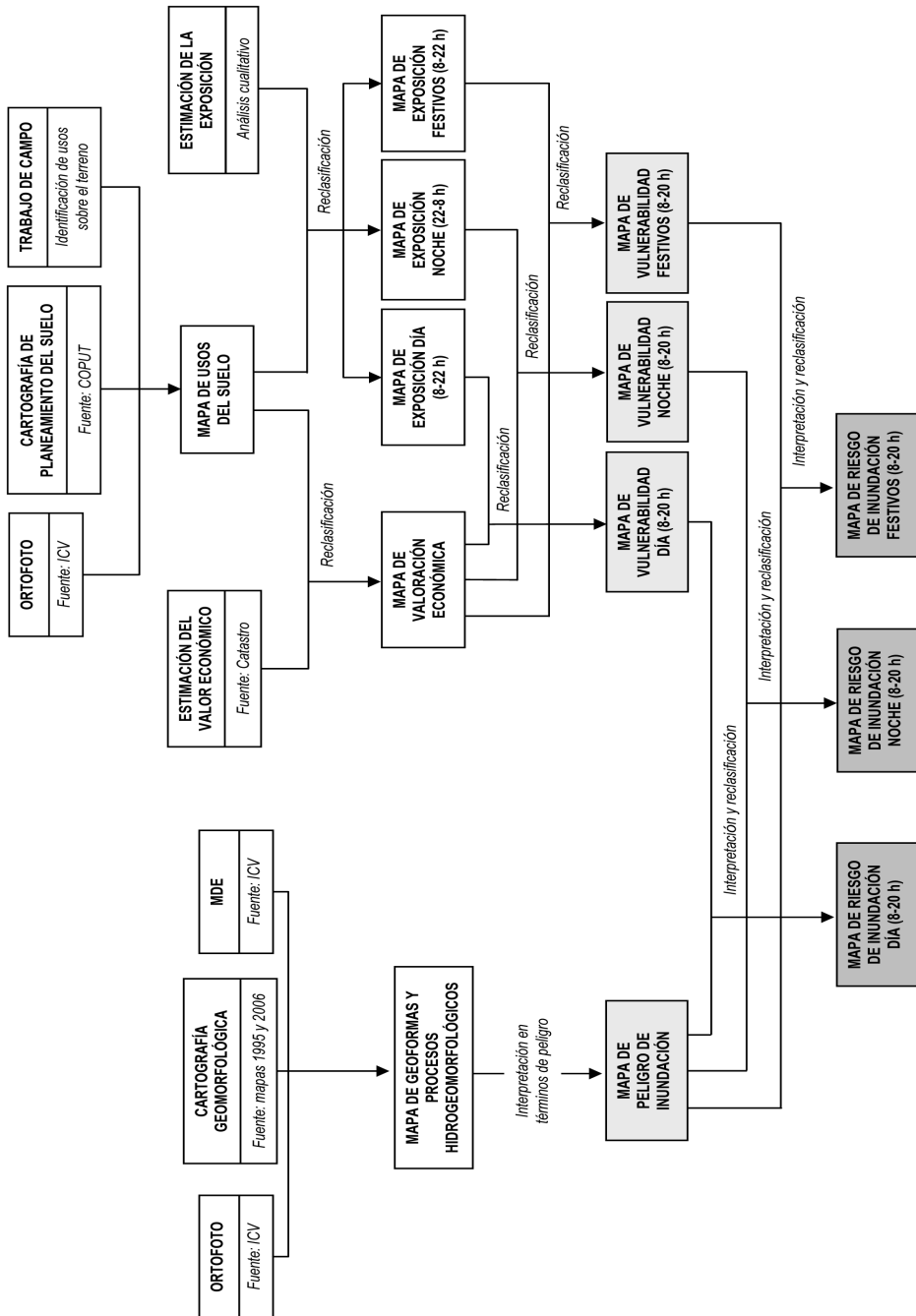


Figura 2. Modelo cartográfico.

Tabla I. Valoración, en términos de peligro, de las formas o procesos asociados a inundación, en los llanos de Carraixet y Poyo (el grado 1 representa el mayor peligro y el grado 8 el menor).

FORMA O PROCESO	DESCRIPCIÓN	GRADO DE PELIGRO
Cauce	Es la principal vía de desagüe. La profundidad del agua es muy alta en momentos de crecida, así como la velocidad, volumen y tamaño de los materiales transportados.	1
Puntos críticos de rotura del cauce	Se producen en zonas donde el cauce describe curvas pronunciadas, próximas a los 90°. La baja pendiente, la ausencia de diques, el poco encajamiento, la presencia de obstáculos en el cauce y los remolinos de agua por diferencias de presión favorecen la ruptura de las orillas. La velocidad puede ser muy alta. Gran carga de elementos sólidos.	1
Zonas de drenaje deficiente	El cauce desaparece al llegar a espacios semiendorreicos, donde se produce un estancamiento del agua con una duración variable y calados importantes.	2
Propensión a brechas y deltas de derrame	Se producen en diques (naturales o artificiales) construidos con materiales limo-arcillosos. En situación de márgenes llenas de agua, ésta cae en cascada erosionando rápidamente el dique. El volumen de agua es grande y la velocidad muy alta. Gran cantidad de carga sólida (proveniente del propio dique) que origina deltas de derrame.	2
Humedal-Albufera	Recogen las aguas desbordadas de distintos colectores fluviales. Los flujos se extienden en lámina, perdiendo velocidad a medida que se alejan de los cauces. La altura del agua es considerable y la duración de la inundación prolongada, debido a la dificultad para desaguar al mar.	3
Vaguadas y paleocanales	Actúan como colectores de escorrentía de las aguas desbordadas del cauce principal o que baja de los relieves montañosos. Gran acumulación de flujo con calados importantes. Dificultad de drenaje debido a que el agua es incapaz de volver al cauce principal por la existencia de diques en sus riberas.	4
Llanura de inundación	Las aguas desbordadas del cauce se extienden laminarmente por esta superficie sin apenas pendiente. Calados no muy altos y velocidades bajas.	5
Abanicos aluviales	El cauce se desvanece en la intersección con la superficie del abanico, pero no así el caudal, que se extiende de forma laminar cubriendo todo el abanico. La velocidad y el calado son bajos.	6
Diques	Inundables cuando el agua del cauce supera sus orillas. El calado y la velocidad son bajos. Escasa carga sólida, sólo elementos finos.	6
Glacis	Es raro que se inunde, salvo en crecidas excepcionales. En este caso la altura del agua es muy baja.	7
Manto de arroyada	Peligro de inundación muy bajo o nulo.	8
Barra litoral	Peligro de inundación muy bajo o nulo.	8
Relieves montañosos	Peligro de inundación muy bajo o nulo.	8

niveles intermedios están en función de su propensión a encharcarse (por ejemplo los humedales) o a vehicular agua (vaguadas y paleocanales). En la tabla I se muestra la relación de los elementos hidrogeomorfológicos, una breve descripción de las características de cada uno y el grado de peligrosidad asignado.

Llegados a este punto conviene resaltar que esta valoración depende mucho de la escala a la que se trabaje. Existen formas, como por ejemplo la barra litoral que, a este nivel general de diagnosis, se ha considerado fuera de peligro porque queda elevada topográficamente respecto a la marjal, es muy permeable y no se encharca. No obstante, si trabajáramos a escala más detallada, nos veríamos obligados a buscar los tramos erosivos por los que, en momentos de crecida, los flujos continentales rompen la restinga en busca del mar.

Elaboración de la cartografía de vulnerabilidad

La cartografía de vulnerabilidad parte del mapa de usos de suelo, elaborado mediante la interpretación de la ortofoto. Los distintos usos han sido evaluados en términos económicos y de exposición.

Para la obtención del mapa de **valor económico del suelo** se ha partido de la tasación catastral, por constituir un estimador oficial y homogéneo que permite la comparación entre distintos usos (aunque somos conscientes de las diferencias con el valor real de mercado). Por lo que respecta a la **exposición**, ésta viene determinada por la densidad de ocupación humana del espacio (aquellos lugares que concentran más población presentan mayor vulnerabilidad en caso de ser inundados). Sin embargo, los ciudadanos no revelan una ubicación estática sino que muestran movimientos pendulares entre sus lugares de residencia, de trabajo y de ocio. Parrot y Stutz (1991) remarcan las fuertes diferencias de ocupación de distritos industriales o de oficinas y barrios residenciales durante las 24 horas del día, e introducen la dimensión temporal a través del concepto de **división funcional del espacio**. Con objeto de contemplar el distinto grado de ocupación de un mismo sitio, en función de la franja horaria (por ejemplo una escuela tendrá máxima afluencia de día y mínima de noche), se han elaborado tres mapas de exposición al peligro: jornada laboral, días festivos y noches.

La cartografía de vulnerabilidad se ha estimado a partir de la combinación de los mapas de exposición con el valor económico del suelo, obteniéndose, para cada llano, tres escenarios de vulnerabilidad (jornada laboral, días festivos y noches).

a) Mapa de valoración económica del suelo

El mapa de valoración económica se elaboró mediante la asignación de precios a las distintas categorías de usos, a partir de los datos del Catastro. Como ya se ha mencionado, estas tasaciones no responden al mercado real, pero constituyen un valor teórico oficial, desagregado a nivel municipal, que permite la comparación entre diferentes usos.

La asignación de valores se realizó de forma diferenciada, según se tratara de usos rústicos o urbanos, en base a un análisis previo del patrón de comportamiento espacial de los precios. En el caso de los rústicos se comparó el valor por hectárea de cada categoría entre los distintos municipios que conforman la zona de estudio. Como los precios por uso eran muy similares, se asignó un valor medio para cada uno.

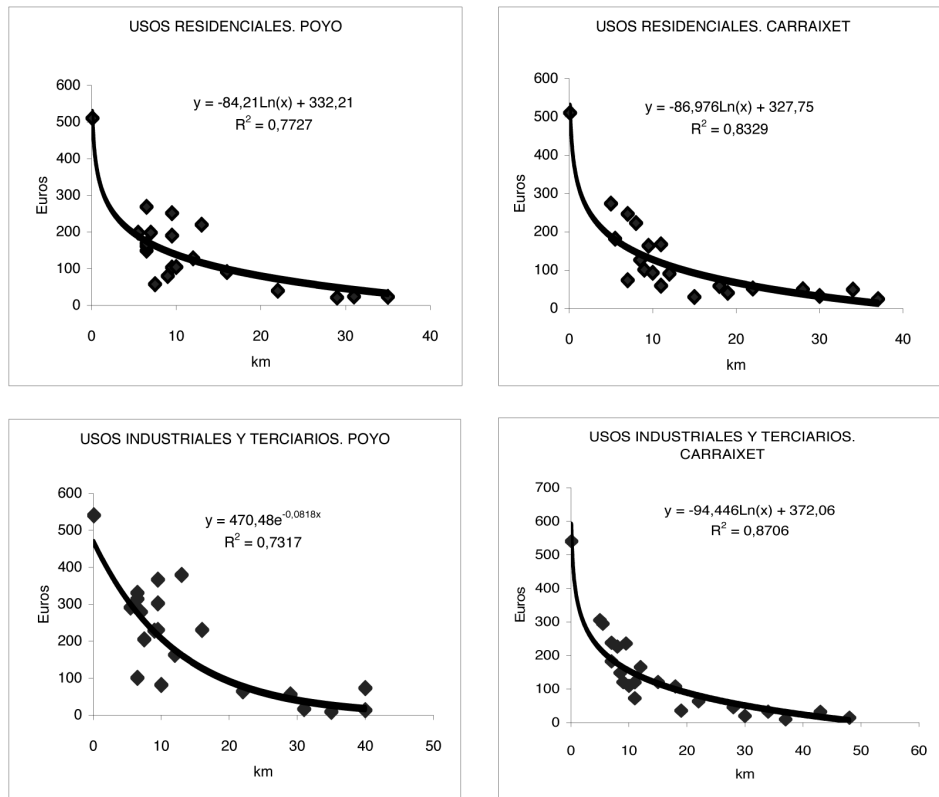


Figura 3. Valor del suelo (€/ha) en función a la distancia a Valencia.

Por lo que respecta a los usos urbanos (residenciales, industriales y terciarios) no se observó un valor medio representativo, sino que existía una gran variabilidad entre municipios. Para estos casos, la bibliografía especializada propone un modelo de disminución de precios inversamente relacionado con la distancia a los centros financieros (*Central Business District*, o CBD). A fin de comprobar si nuestra zona de estudio seguía este patrón, se analizó la correspondencia entre los precios del suelo urbano y la distancia a Valencia (CBD por antonomasia de la zona), utilizando como variable la distancia más corta al centro de la ciudad. La figura 3 muestra que, para cada llano, existen relaciones inversas, de tipo logarítmico y exponencial, con alto grado de correlación entre ambas variables. Para reflejar cartográficamente y de forma sencilla estos patrones, se estimó el precio del suelo urbano según anillos concéntricos, cada 2 km, en torno a la ciudad de Valencia. A los usos incluidos en cada anillo se les asignó el valor teórico calculado según las curvas de tendencia de la figura 3.

Por último, cabe destacar que en el mapa de valoración económica no están reflejados los equipamientos públicos, puesto que constituyen un tipo de uso cuyo valor no está en función del territorio que ocupan, sino que responde a objetivos sociales y estratégicos en relación con la gestión del riesgo.

Tabla II. Valores de vulnerabilidad asignados a cada grupo homogéneo de usos del suelo en función del precio por hectárea y nivel de exposición (el grado 1 representa la menor vulnerabilidad y el grado 9 la mayor).

GRUPO	€/ ha	GRADO DE EXPOSICIÓN						USOS
		1	2	3	4	6	8	
A	11-528	1						Cultivos agrícolas de secano
B	7.567-9.591	2						Cultivos agrícolas de regadío
C	888.118-1.813.259	3	4	5	6	8	9	Residenciales, industriales y terciarios
D	2.028.355-2.738.401	3	4	5	6	8	9	Residenciales, industriales y terciarios
E	2.879.980-3.994.759	4	5	6	7	8		Industriales y terciarios
F	5.110.000-5.400.000	5	6	7	8	8	9	Residenciales, industriales y terciarios

b) Mapas de exposición humana para diferentes escenarios temporales

Para la confección de los mapas de exposición se parte también de la cobertura de usos del suelo, teniendo en cuenta tres escenarios temporales de ocupación: jornada laboral, noches y días festivos. Desde las 8 hasta las 20 horas de los días laborables, se asume que la mayor parte de la población está realizando alguna actividad fuera de su domicilio habitual (centros de trabajo o estudio), mientras que de 20 a 8 horas (noches) permanece en sus hogares descansando. Durante los días festivos la situación es parecida al escenario nocturno, salvo por el protagonismo que adquieren los espacios de ocio. De esta manera, se puede establecer el grado de exposición de un determinado espacio, según un nivel teórico de densidad de ocupación que está en función, a su vez, de que sea un día laborable o festivo y de que la franja horaria sea diurna o nocturna.

Siguiendo estos criterios se han elaborado tres mapas de exposición (laboral, nocturno y festivo), asignando valores entre 0 (mínimo) y 8 (máximo). Existen determinados usos que mantienen un mismo nivel de exposición con independencia de las franjas horarias, como el caso de los rústicos (con los valores más bajos -0 y 1-). En el lugar opuesto (valor 8) se sitúan los equipamientos sanitarios, especiales (depuradoras, vertederos, etc.) y de seguridad (Policía, Bomberos).

En las jornadas laborables, el máximo nivel (8) lo registran los equipamientos escolares, mientras que los usos residenciales, industriales y terciarios presentan niveles medios (2 al 4). Durante la noche, la exposición más alta (8) correspondería a los usos residenciales de alta densidad, seguido de los de media y baja densidad (4-6). La exposición nocturna más baja (0) la encontramos en los centros educativos, industriales y en la mayoría de los equipamientos públicos. Los niveles de los días festivos son muy parecidos a los de la noche, a excepción de determinados equipamientos de ocio y tiempo libre, que presentan mayor afluencia estos días.

c) Mapas de vulnerabilidad

Los mapas de vulnerabilidad se han obtenido a partir de los cruces entre el mapa de valoración económica del suelo y los de exposición. La tabla II resume los cruces y la asignación de valores de vulnerabilidad. Se han identificado seis agrupaciones en función de un rango específico de precios del suelo y de niveles de exposición similares. Una vez

Tabla III. Asignación de valores de riesgo en función del nivel de peligro y de vulnerabilidad (el valor 1 representa el mayor riesgo y valor 10 el menor).

<i>Forma / proceso</i>	<i>PELIGRO</i>	<i>GRADO DE VULNERABILIDAD</i>										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cauce	1	1	1	1	1	1		1				
Desvío artificial del cauce	1		1									
Puntos críticos de rotura del cauce	1	1		1	1	1						
Desaparición del cauce	2		4	4	3	2	2	2		1	1	1
Propensión a brechas y derrames	2		4	4	3	2	2	2				1
Albufera	3		4	4	3	3	3	2				
Humedal	3		4	4	3	3	3	2	2	1	1	1
Vaguadas y paleocanales	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1
Llanura de inundación	5	6	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2
Abanico aluvial	6		6	5	4	4	3	3	3	2	2	2
Dique	6	8	8	8	8	8	8	8		6	6	6
Glacis	7	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7
Manto de arroyada	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7
Barra litoral	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Mar	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Relieve	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

agrupados por conjuntos es mucho más sencillo asignar un grado de vulnerabilidad, mediante discusión de un panel de expertos.

En total se han establecido 10 niveles. Los grupos A y B presentan una vulnerabilidad baja al estar integrados por usos rústicos de escaso valor económico y con un nivel de exposición muy reducido. Los grupos C y D tienen un valor del suelo más elevado porque corresponden a usos urbanos, con una vulnerabilidad mayor en función de su densidad de ocupación. Los grupos E y F incrementan el grado de vulnerabilidad por cada nivel de exposición respecto a los grupos anteriores ya que su precio de suelo es más elevado. Por último, el grado 10 no se deriva de la tabla, sino que se ha reservado para los equipamientos sanitarios, especiales y de seguridad (en cualquier escenario temporal) y los escolares durante las jornadas laborales.

Elaboración de la cartografía de riesgo

Los mapas de riesgo se han obtenido a partir de la integración de la cartografía de peligro y de vulnerabilidad (tabla III). Se han establecido un total de diez grados de riesgo, en una escala cualitativa en la que el 1 representa el más alto y el 10 el más bajo. La asignación de valores no ha seguido un patrón lineal, sino que cada cruce entre las categorías de peligro y vulnerabilidad ha sido evaluado en sí mismo, por el panel de expertos.

A las combinaciones que contienen el nivel de peligro más alto (1 –cauces y puntos de rotura-) se les ha otorgado el grado 1 de riesgo, independientemente del valor de vulnerabilidad que tengan, porque son sitios muy conflictivos, que deberían analizarse en detalle y, en cualquier caso, mantenerse al margen de los usos urbanos.

En los siguientes cruces, con niveles de peligro entre 2 y 6, el riesgo se incrementa conforme aumenta la vulnerabilidad. Valores de peligro menores (6 y 7) implican un riesgo bastante bajo, ya que se atañe a elementos geomorfológicos -diques y glacis- de dinámica comparativamente poco peligrosa. El riesgo sólo aumenta en los casos en los que la vulnerabilidad es muy elevada (grados 8, 9 y 10).

Por último, a las zonas afectadas por combinaciones que incluyen peligro bajo o nulo (nivel 8) se les considera sin riesgo de inundación, porque aunque presenten alta vulnerabilidad, están exentas de amenaza. Sólo hay una excepción, el cruce entre el manto de arroyada y la vulnerabilidad de grado 10, representada por equipamientos extremadamente vulnerables, cuya inundación, por leve que fuera, entrañaría enormes daños para la población del entorno.

Mención especial merecen las grandes vías de comunicación que, aunque no se pueden valorar a esta escala, presentan un trazado perpendicular a la dirección de los flujos de agua principales (desbordados o no). Un análisis más exhaustivo exigiría detallar más la escala y establecer un nivel de riesgo que tuviera en cuenta, por una parte el peligro que supone una barrera elevada y transversal a la dirección general de la escorrentía –en tanto que es un cambio en la topografía efectiva de la llanura- y, por otra, la vulnerabilidad, en función de la afluencia de tráfico por franjas horarias. Somos conscientes de que un trabajo de diagnóstico general, como el que presentamos, no puede asumir la evaluación de riesgo de estas infraestructuras, sin embargo no podemos menos que apuntar su necesidad de análisis en el caso de estudios de mayor detalle.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: TIPOLOGÍAS DE ESPACIOS EN RIESGO

A continuación se exponen los principales resultados de cartografía de peligro, vulnerabilidad y riesgo en los llanos de Carraixet y Poyo. Desde el punto de vista metodológico se han ensayado tres escenarios temporales que afectaban a la vulnerabilidad y, en consecuencia, al riesgo: jornadas laborables, noches y días festivos. Sin embargo la ejecución del trabajo ha puesto de manifiesto que, en los llanos de estudio, los mapas de noche y días festivos son muy parecidos, ya que no existen grandes áreas de ocio. Por ello se expondrán los resultados principales referidos a las jornadas laborables y a las noches.

El peligro de inundación

La figuras 4 y 5 muestran la cartografía de peligro en los llanos de Carraixet y Poyo respectivamente. En el llano de **Carraixet** el mayor grado de peligro (valor 1) está asociado, además del propio cauce, a puntos con probabilidad de ruptura de márgenes, en el cruce de la carretera CV-315 con el cauce principal, aguas arriba del núcleo urbano de San Isidro de Benagéber. La ruptura de ambas orillas en este lugar da lugar a dos vías de agua paralelas al cauce que drenan hacia el mar a través de paleocanales del abanico pleistoceno. El paleocanal de la margen derecha es el más peligroso porque puede vehicular las aguas desbordadas del Carraixet, confluyendo con el Barranc del Palmaret y otros paleocanales fluviocársticos que drenan parte de la plataforma Burjassot-Llíria (CAMARASA, 1995). En momentos de crecida, se activa esta gran vaguada de la margen derecha hasta el mar, creando un espacio especialmente inundable en la Marjal de Montcada (valor 2) y en las marjales costeras (valor 3). La marjal de Montcada constituye un punto de afluencia de agua que, imposibilitada de volver al cauce por la propia topografía convexa del llano y por el dique de la margen derecha del canal, busca su sali-

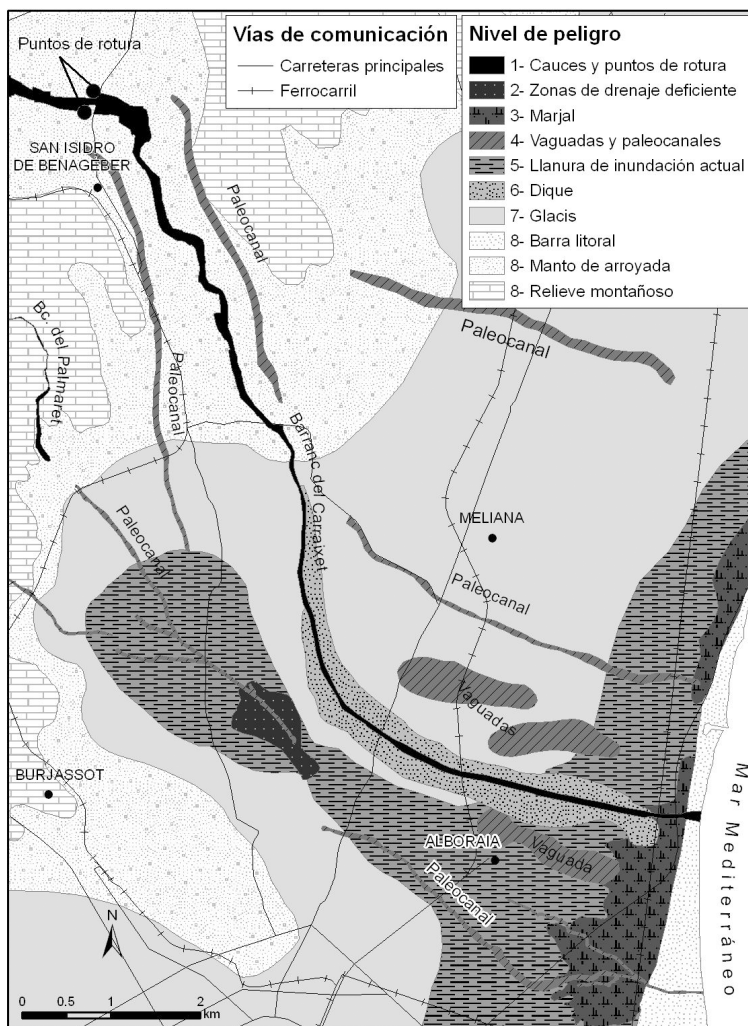


Figura 4. Cartografía de peligro en el llano del Barranc del Carraixet (el nivel 1 representa el mayor peligro y el nivel 8, el menor).

da al mar dirigiéndose en un principio por el Camí Fondo de Massarrojos-Borbotó, para luego continuar por la Séquia de la Font (entre Borbotó y Carpesa), Séquia del Palmar y, finalmente, Séquia de Vera (CAMARASA, 1995).

Otras vaguadas y paleocanales de menor importancia son puntos de peligro intermedio (5). En la parte final del recorrido el cauce está flanqueado por un dique o mota, que permanece sobreelevado con respecto a la llanura y que presenta un grado de peligro menor (6). Por último, las zonas prácticamente a salvo (valor 8) son los relieves montañosos, los mantos de arroyada y la barra litoral que, si bien muestra zonas propensas a la erosión y ruptura, a esta escala no son cartografiables.

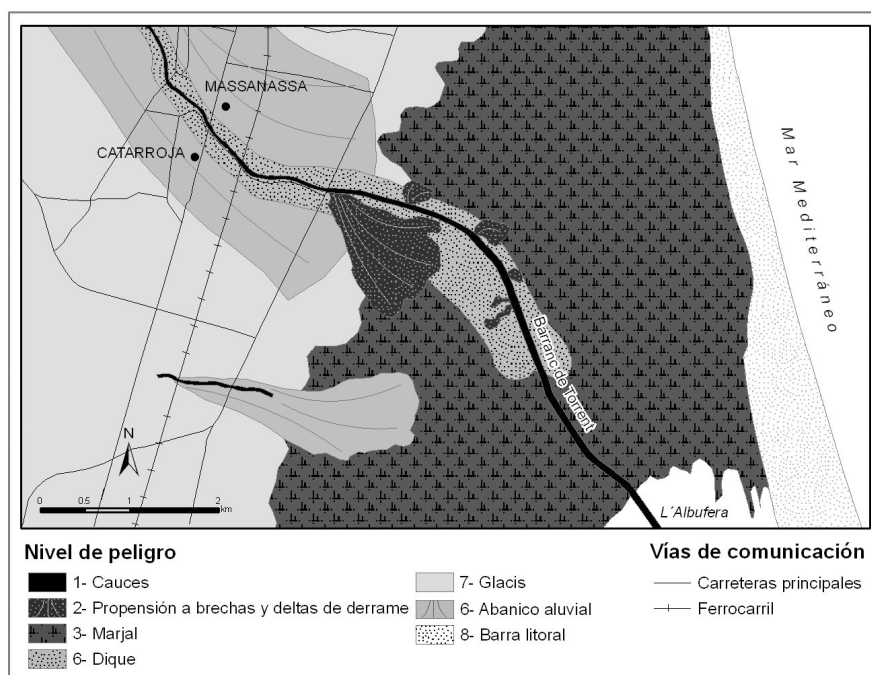


Figura 5. Cartografía de Peligro en el llano de la Rambla de Poyo (el nivel 1 representa el mayor peligro y el nivel 8, el menor).

En la rambla de **Poyo**, además del propio cauce, el espacio más peligroso (valor 1) se sitúa aguas abajo de su cruce con la Pista de Silla, en el área comprendida entre el Port de Catarroja y la Escuela de Capataces Agrícolas. Según Ruiz y Carmona (2004) es frecuente que en esta zona se produzcan roturas en los diques que bordean el cauce, originándose deltas de derrame que transfieren agua y sedimentos hacia la llanura. Esta cartografía recoge los puntos de debilidad, donde en el episodio de octubre del año 2000 se produjeron cuatro grandes brechas en los diques por las que salió el flujo, sobreexcavando el suelo de las parcelas de cultivo adyacentes (RUIZ y CARMONA, 2004). Dos meses después de la crecida, los derrames aún eran identificables a través de la imagen ikonos (LÓPEZ-GARCÍA *et al.*, 2006)

Otra área peligrosa (valor 2) es el sector oriental de la zona de estudio, desde la Pista de Silla hacia la Devesa del Saler, ocupado en su mayoría por la marjal de L'Albufera. Esta zona presenta anegamiento frecuente, por subida del nivel freático y acumulación de los flujos desbordados, dada su condición de humedal.

Por último destacar el espacio sobre el que se asientan los núcleos urbanos de Catarroja y Massanassa, en relación al abanico aluvial del Barranc de Torrent (valor 6). Diques, glacis y barra litoral son los espacios con menor peligro (valores 7 y 8).

La vulnerabilidad

Los mapas de vulnerabilidad aparecen representados en la figura 6. En el llano de **Carraixet**, de manera general, el sector de mayor vulnerabilidad se sitúa al sur de su

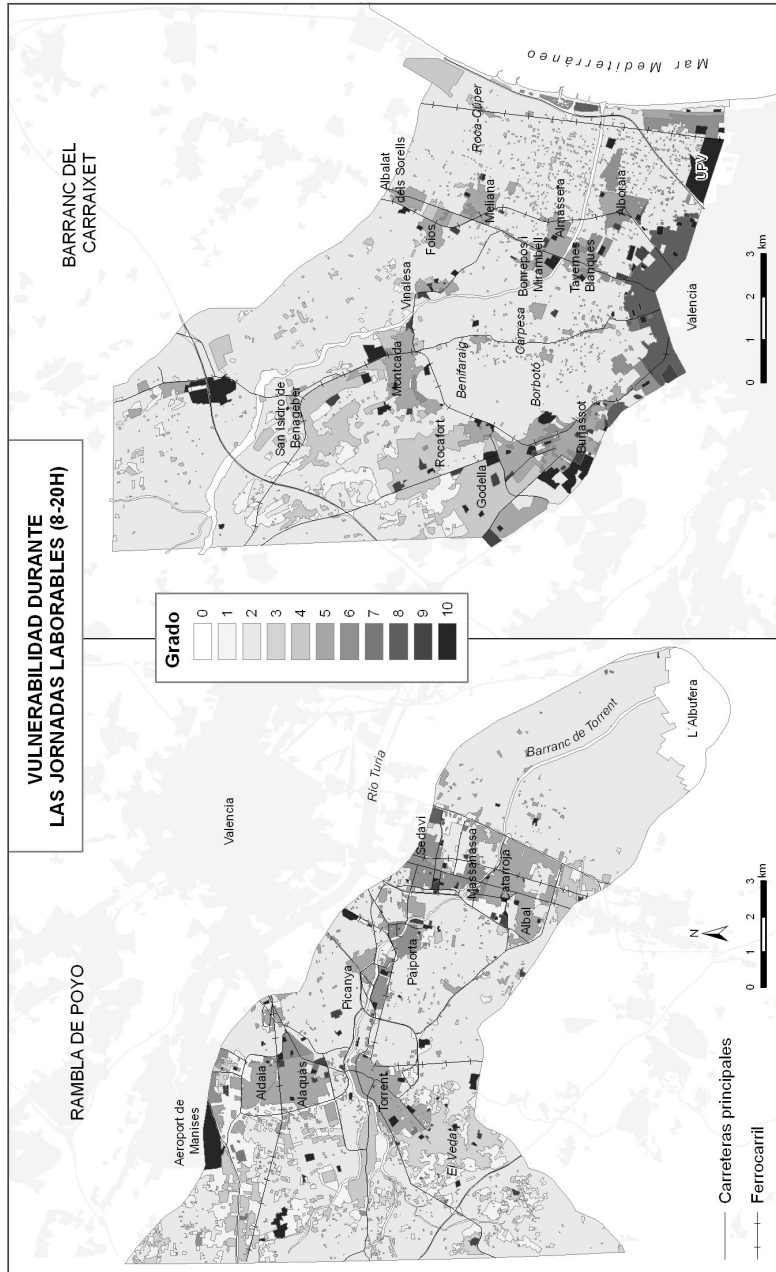


Figura 6. Cartografía de vulnerabilidad (el grado 0 representa la menor vulnerabilidad y el grado 10, la mayor).

tramo final, ocupado por los distritos del norte de la ciudad de Valencia, los núcleos de Tavernes Blanques y Alboraiá y la barriada costera de La Patacona. Son las zonas que presentan el precio del suelo más alto y una mayor densidad edificativa, que se traduce en una alta exposición. También son vulnerables los municipios agrupados en torno a la antigua Carretera de Barcelona, la conurbación de Burjassot-Paterna y los núcleos urbanos de Montcada, Vinalesa, Rocafort y Godella.

En general se trata de un llano de vocación agraria, donde no existen grandes concentraciones industriales y la mayor parte de la población trabaja en la ciudad de Valencia (fuera de la zona de estudio). No obstante, su función residencial es importante, ya que actúa como área dormitorio de la metrópoli y como residencia secundaria. Este hecho se evidencia a través de un incremento de vulnerabilidad del 18% durante la noche, que afecta sobre todo a los núcleos urbanos; frente a una disminución del 6% (en las zonas comerciales e industriales).

El llano de **Poyo** reproduce, en parte, el esquema de Carraixet al concentrar los mayores valores de vulnerabilidad en las proximidades de Valencia. Tres son los espacios más problemáticos: (1) el sector nororiental del llano, que se corresponde con un área de fuerte concentración industrial y urbana (Torrent, Aldaia y Alaquàs); (2) los núcleos de población de Paiporta y Picanya y sus respectivos polígonos industriales y (3) el continuo de pueblos y polígonos industriales agrupados en torno al antiguo Camino Real de Madrid.

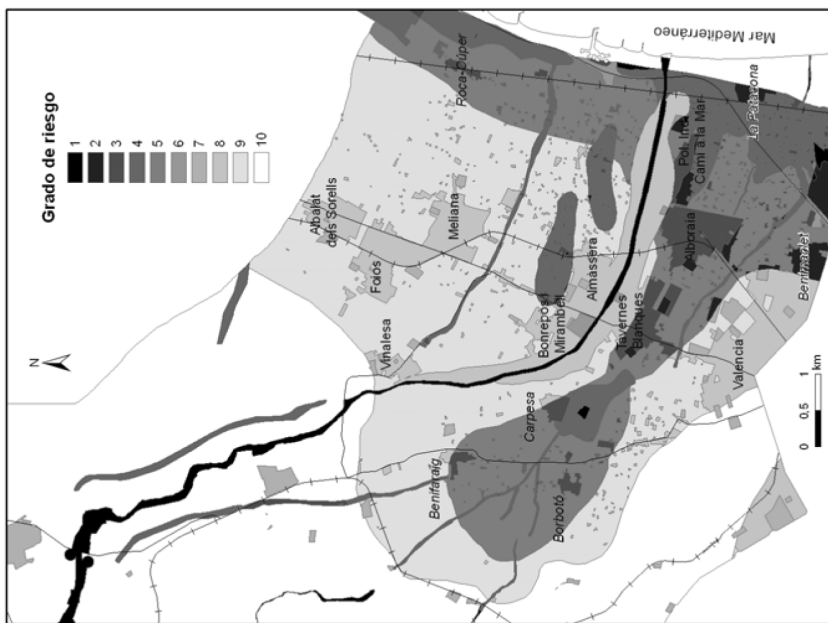
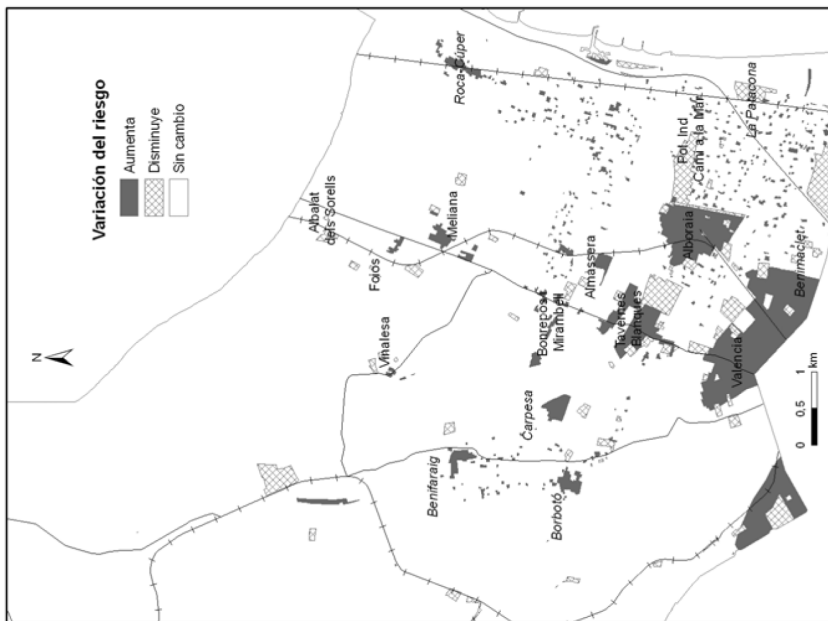
En este llano la vulnerabilidad no presenta cambios en la extensión, en términos absolutos, entre el día y la noche (por la noche la vulnerabilidad aumenta un 10% en las zonas residenciales, pero disminuye un 9% en las industriales y comerciales). No obstante, cambia la distribución de los espacios vulnerables, de modo que durante el día están asociados a polígonos industriales y comerciales (en torno a las principales vías de comunicación que conectan Valencia con el sur de la provincia) y, por la noche, se limitan a las áreas residenciales (formando una segunda alineación, al oeste del sector anterior).

El riesgo de inundación

Las figuras 7 y 8 representan el riesgo de inundación en el llano del **Carraixet** durante la jornada laborable y sus variaciones con respecto a la noche. De manera general, se pueden distinguir dos grandes espacios, al sur y al norte del cauce principal, donde el riesgo es más elevado.

El sector sur es el más significativo, porque aún las zonas de mayor peligro con las más vulnerables, en relación con una intensa ocupación residencial e industrial. Comprende la llanura de inundación holocena, la Marjal de Montcada y las marjales costeras, y se extiende desde las pedanías valencianas de Benifaraig y Borbotó hasta llegar prácticamente a la costa. Incluye el barrio valenciano de Benimaclet, el polígono industrial de Vera, en Alboraiá, las pedanías de Borbotó, Carpesa, Benifaraig, sur de Tavernes Blanques, polígonos industriales Lladró y Camí a la Mar, así como un centenar de alquerías aisladas que se asientan en la huerta.

El otro sector, de menor trascendencia y extensión, se halla al norte del Carraixet y está asociado a áreas de marjal costera (desde el polígono del Mediterráneo de Albuixec hasta el cauce del Carraixet). Aquí las zonas de mayor riesgo se localizan en parte del centro comercial de Alcampo-Alboraiá, pedanías de Roca y Cúper, Cases de Bàrcena, y una cincuentena de alquerías.



Figuras 7 y 8. Cartografía de riesgo durante la jornada laboral en el llano de Carraixet (el grado 1 representa el mayor riesgo y el grado 10, el menor) y variación del riesgo entre el día y la noche.

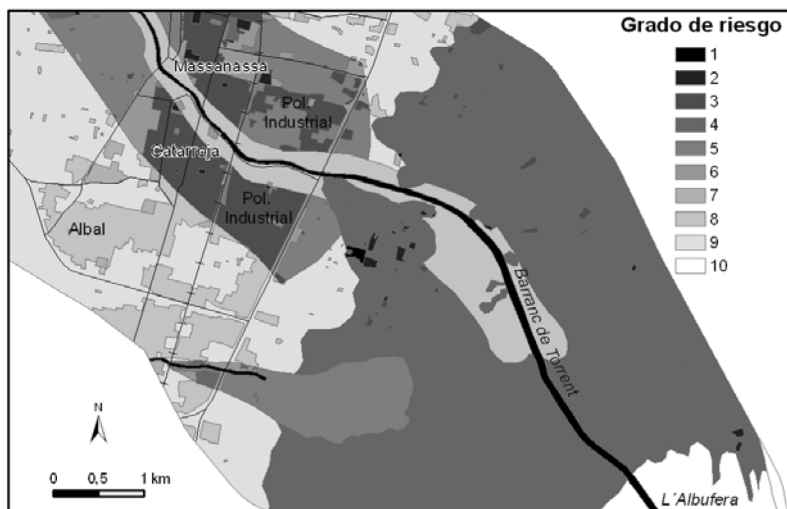


Figura 9. Cartografía de riesgo durante la jornada laboral en el llano de Poyo (el grado 1 representa el mayor riesgo y el grado 10, el menor).

Los cambios entre el día y la noche (figura 8) implican una intensificación del riesgo en las zonas residenciales (Benimaçlet, Alboraià, Tavernes Blanques, Carpesa, etc.), en detrimento de zonas industriales y de equipamientos, reflejando así la función que ejerce este llano como área dormitorio de Valencia.

Respecto a la rambla de **Poyo** las figuras 9 y 10 representan los mapas de riesgo durante la jornada laboral y los cambios que se producen por la noche. En términos generales, las zonas que presentan mayor problema son los espacios residenciales e industriales de Catarroja, Massanassa, Alfafar y Benetússer, situados sobre el abanico de la Rambla del Poyo. Se trata de un área de forma bastante compacta, alineada a partir del antiguo Camino Real de Madrid y con una marcada diferenciación de usos definida por la vía del ferrocarril Valencia-Albacete-Madrid.

Como consecuencia de los cambios de vulnerabilidad entre el día y la noche, el riesgo aumenta durante la noche en las zonas residenciales, sobre todo de Massanassa y Catarroja, y disminuye en los polígonos industriales alineados en torno a las vías de comunicación.

La cartografía de riesgo ha puesto de manifiesto un patrón distinto en Carraixet y Poyo, que está en función de cómo ha evolucionado la vulnerabilidad desde mitad del siglo pasado. Si bien los dos forman parte del Área Metropolitana de Valencia y han compartido su proceso de expansión urbana durante los últimos 50 años, la ocupación del suelo ha sufrido una evolución diferente, muy mediatizada en el llano de Poyo por el desvío del cauce del río Turia tras la inundación de 1957. Esta canalización, que atraviesa el llano de Poyo, contribuyó a la rápida desarticulación de los sistemas rurales de L'Horta Sud y a la densificación de su infraestructura industrial, de servicios y viaria (CARMONA y RUÍZ, 2000). El llano del Carraixet, sin embargo, ha mantenido su estructura agraria hasta finales del siglo pasado y el cambio de usos ha virado sobre todo hacia la construcción de residencias urbanas.

La distinta estructura económica de ambos espacios ha configurado, por tanto, patrones de vulnerabilidad diferentes que, a su vez, han condicionado modelos de riesgo distinto. En el

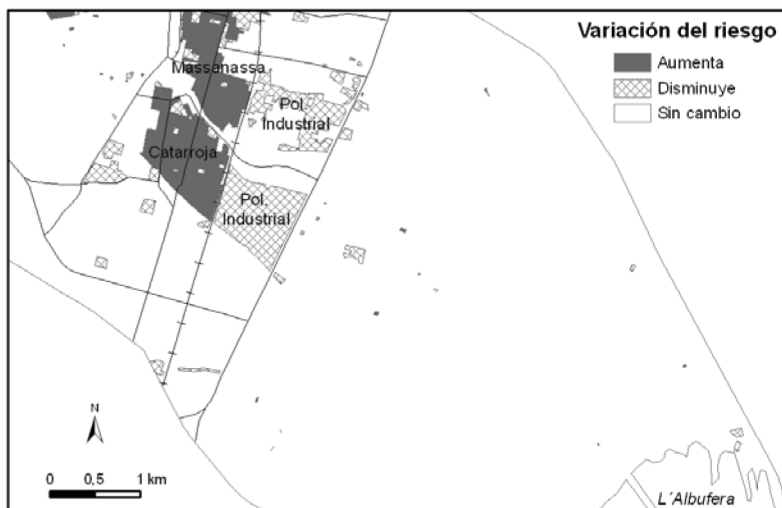


Figura 10. Variación del riesgo entre el día y la noche en el llano de Poyo

llano de Carraixet el riesgo es mayor por la noche y en los días festivos que durante las jornadas laborales, en relación con su función de área dormitorio y de residencia secundaria. En Poyo no existen grandes contrastes en términos absolutos, entre el día y la noche, ya que gran parte de la actividad industrial y comercial se concentra en el propio llano, pero sí que resulta evidente un cambio en la distribución de los espacios de riesgo, asociados durante el día a polígonos industriales y comerciales y desplazados, por la noche, a las áreas residenciales.

Tipología de espacios de riesgo

El análisis del riesgo a partir de de sus integrantes peligro y vulnerabilidad permite identificar tipologías de espacios en riesgo, en función de la intensidad y cualidad de sus componentes. Se trata de una cartografía de síntesis de gran utilidad para la planificación territorial, ya que permite una rápida diagnosis de la naturaleza del problema (factores naturales, humanos,...) y ayuda a la toma de decisiones en las estrategias de gestión. Los mapas de las figuras 11 y 12 constituyen un ejemplo de esta cartografía, donde se pueden distinguir cuatro clases fundamentales:

- a) *Alto peligro y alta vulnerabilidad*: es la situación que entraña más riesgo. Resulta de la combinación de niveles de peligro elevado (vaguadas, marjales, zonas de drenaje deficiente, brechas y derrames,...) con los elementos más vulnerables, como hospitales, centros educativos o equipamientos especiales. En el llano del Carraixet encontramos ejemplos de esta categoría en la Universitat Politècnica de València que se instala sobre la marjal costera, el centro deportivo ubicado en la Marjal de Montcada o la zona urbana de Alboraiá sobre la vaguada. En el llano de Poyo destaca el área ocupada por la Escuela de Capataces Agrícolas de Catarroja, en la marjal de L'Albufera.
- b) *Alto peligro y baja vulnerabilidad*: hace referencia a zonas que presentan un peligro importante, porque están en zonas muy inundables, pero cuya vulnerabilidad es baja

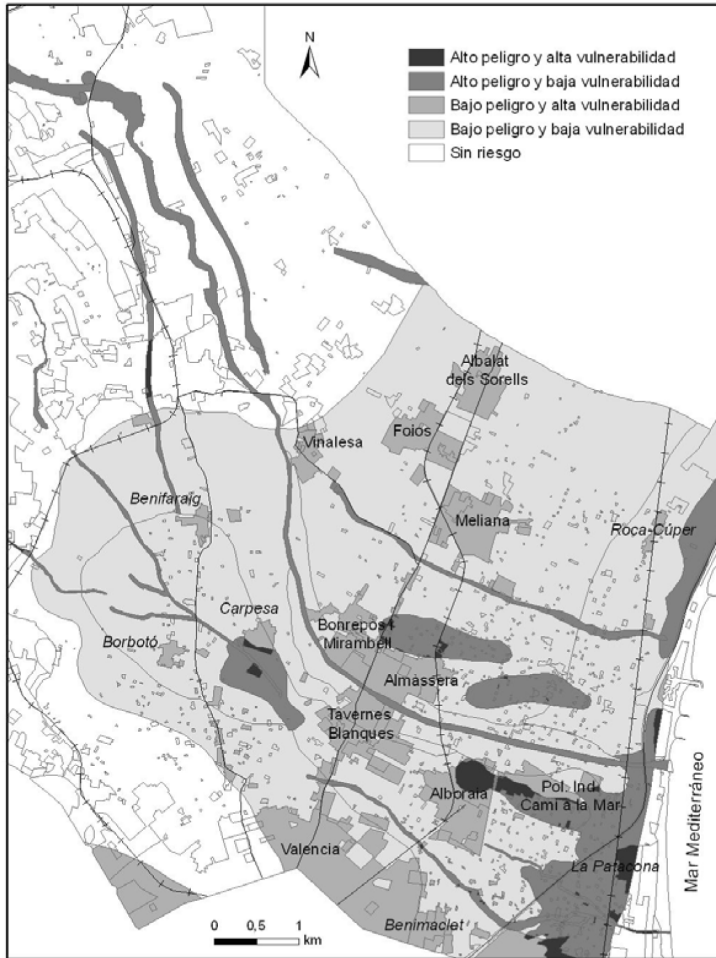


Figura 11. Tipología de espacios de riesgo en el llano de Carraixet.

porque predomina un uso rústico (el más compatible con la inundación) con escasa exposición humana. En el caso del Carraixet esta categoría incluye la mayor parte de vaguadas, paleocanales y marjales; mientras que, en el llano de Poyo, su mayor extensión se observa en la marjal que rodea l'Albufera y en las brechas y deltas de derrame que se producen en los diques del cauce.

- c) *Bajo peligro y alta vulnerabilidad*: esta categoría está relacionada con los usos urbanos fundamentalmente, porque hace referencia a zonas muy vulnerables (de gran valor económico y alta exposición humana), pero instaladas sobre áreas de bajo peligro, como glacis, diques y abanicos aluviales. Es el ejemplo de la mayoría de núcleos de población y polígonos industriales de ambos llanos.

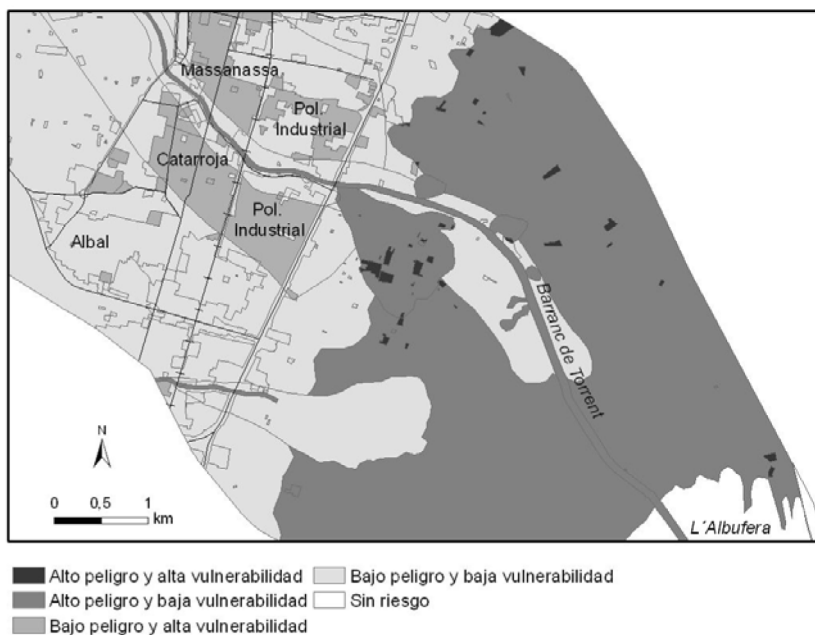


Figura 12. Tipología de espacios de riesgo en el llano de Poyo.

d) *Bajo peligro y baja vulnerabilidad*: en este supuesto el riesgo es muy bajo o nulo. Es el caso de los usos rústicos, especialmente los de menor valor, situados en espacios donde el peligro es muy reducido (por ejemplo cultivos de secano en las laderas de los relieves montañosos). Es la categoría que más superficie ocupa en ambas llanuras.

Un análisis comparativo de ambos llanos reafirma la idea de que siguen dos patrones distintos. En general, el llano de Poyo presenta un esquema más simple, con una gran superficie clasificada de alto peligro y baja vulnerabilidad, centrada sobre la marjal que rodea l'Albufera. Dada su condición de humedal, constituye un área fácilmente inundable, con una vocación fundamentalmente agrícola, que debería preservarse de usos urbanos. El llano del Carraixet presenta un modelo más complejo, donde el peligro viene asociado a diferentes vías actuales y relictas de escorrentía superficial. El crecimiento urbano que se está produciendo en esta zona es importante, porque los usos rústicos predominantes van dejando paso a una creciente ocupación residencial. Resulta especialmente interesante la categoría de alto peligro y baja vulnerabilidad, por cuanto puede contribuir a una mayor racionalización en la ocupación futura del suelo o en la instalación de equipamientos.

Por último, no podemos acabar sin hacer referencia, de nuevo, a las principales vías de comunicación, cuyo trazado, perpendicular a la dirección general de la escorrentía, supone un factor de riesgo muy importante. No obstante, como ya se explicó en la metodología, no es objeto de este artículo, dada su escala general de diagnosis, abordar el impacto de estas infraestructuras.

CONCLUSIONES

En este trabajo se propone una metodología para la cartografía del riesgo de inundación en ramblas, basada en la estimación del peligro y de la vulnerabilidad, que ha sido aplicada a los llanos del Barranc del Carraixet y de la Rambla de Poyo. Por un lado, se ha evaluado el peligro natural a partir de métodos hidrogeomorfológicos (eficaces para la interpretación de procesos de inundación en este tipo de cuencas, de circulación intermitente y dinámica torrencial, donde los modelos hidrológicos o hidráulicos estándares resultan inadecuados). Por otro lado, se ha estimado la vulnerabilidad, entendida como la combinación entre el valor económico de los usos del suelo y la exposición humana al peligro, para diferentes condiciones de ocupación del espacio, en función de la jornada laboral.

En conjunto, se trata de una metodología sencilla, que resulta fácilmente extrapolable a cualquier otra zona, por cuanto se basa en datos muy accesibles. Combina aproximaciones cuantitativas y cualitativas, de manera que las particularidades de cada caso pueden ser introducidas a través las interpretaciones valorativas que realiza el panel de expertos (tanto en la estimación del peligro a partir de la hidrogeomorfología, como de la vulnerabilidad, a partir de los indicadores basados en los usos de suelo). En consecuencia constituye un método eficaz, flexible y muy adaptable a la realidad geográfica de cada territorio. Además, la inclusión del factor temporal, en relación a las jornadas laborales, días festivos y noches, añade un componente dinámico a la cartografía, con una aplicabilidad directa para las estrategias de gestión de riesgo.

En cuanto a la cartografía de síntesis, permite la identificación de diferentes tipologías de espacios de riesgo en función de sus componentes de peligro y vulnerabilidad. Se apunta como una interesante herramienta para la planificación territorial y la toma de decisiones, porque posibilita una rápida interpretación de la naturaleza del riesgo.

Por lo que respecta a la aplicación en la zona de estudio, los resultados han puesto de manifiesto que pese a que los dos llanos de inundación forman parte del Área Metropolitana de Valencia y han sufrido una evolución parecida, presentan patrones diferentes de riesgo, como consecuencia de la desarticulación de los sistemas rurales que para el llano de la Rambla de Poyo supuso la construcción del nuevo cauce artificial del Río Turia, tras la inundación de 1957. El llano del Barranc del Carraixet ha mantenido una estructura fundamentalmente agraria con funciones de área dormitorio y residenciales, mientras que sobre el llano de la Rambla de Poyo se ha desarrollado un tejido industrial más denso, en torno a las principales vías de comunicación. Consecuencia de ello es que el riesgo en Carraixet, además de los cambios de localización entre el día y la noche, presenta cambios cuantitativos: es mayor por la noche y en los días festivos que durante las jornadas laborales. En Poyo, dado que los polígonos industriales se sitúan en el propio llano, estas diferencias afectan, sobre todo, a la ubicación de los espacios en riesgo, que durante el día están asociados a las áreas industriales y comerciales, y, por la noche, se limitan a las residenciales.

Somos conscientes de que la cartografía presentada en este trabajo sólo constituye una primera fase de diagnóstico general del riesgo y que debe profundizarse el estudio a una escala de planificación municipal, más detallada. No obstante, consideramos que el método, dada su sencillez, economía de datos, versatilidad y transferibilidad, puede constituir un instrumento de utilidad para detectar las zonas donde focalizar análisis pormenorizados posteriores.

Agradecimientos. Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación del Ministerio de Educación y Ciencia: proyectos CGL2007-65368 y REN2003-07171 (cofinanciados por fondos FEDER) y beca del Programa Nacional de Formación de Profesorado Universitario, concedida a J. Soriano.

Asimismo, los autores desean dejar constancia de su agradecimiento a la Dra. Mª José López por la codirección del trabajo; a la Dra. Pilar Carmona por su colaboración y asesoramiento en la elaboración del mapa de peligro y al Dr. Joan Mateu por sus sugerencias y recomendaciones para la publicación del trabajo.

Finalmente, agradecer a los servicios de Protección Civil (tanto de la Delegación del Gobierno como de la Generalitat Valenciana) y a la Confederación Hidrográfica del Júcar, su amable disponibilidad y la información facilitada.

BIBLIOGRAFÍA

- ADGER, N.W. (2006): Vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 268-281.
- BALLAIS, J.L.; GARRY, G. y MASSON, M. (2005): Contribution of hydrogeomorphological method to flood hazard assessment: the case of French Mediterranean region. *CR Geoscience*, 337 (13): 1120-1130.
- BIRKMANN, J. (2005): Danger need not spell disaster. But, how vulnerable are we?. *Research Brief* 1, 1-7. United Nations University.
- BIRKMANN, J. (2007): Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards* 7, 20-31.
- BIRKMANN, J. y FERNANDO, N. (2008): Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunamis in Sri Lanka. *Disasters*, 32-1, 82-105.
- BIRKMANN, J. y WISNER, B. (2006): Measuring the un-measurable. The challenge of vulnerability. *SOURCE: 'Studies of the University: Research, Counsel, Education' Publication Series of UNU-EHS*, 5/2006, 64 p.
- BROOKS, N.; ADGER, W.N. y KELLY, P.M. (2005): The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 4, 37-48.
- CAMARASA, A.M. (1990): Génesis de avenidas en pequeñas cuencas semiáridas: la rambla del Poyo (València). *Cuadernos de Geografía* 48, 81-104
- CAMARASA, A.M. (1995): *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas. Barranc de Carraixet y Rambla del Poyo*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Júcar, 252 p.
- CAMARASA, A.M. (2006): Inundaciones en España. Tipología. La importancia de las avenidas súbitas. *Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible. Impacto, Predicción y Mitigación*, I.G.M.E., Serie Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, 10, 167-178.
- CAMARASA, A.M. y BESCÓS, A. (2004): La creciente ocupación antrópica del espacio inundable y el aumento de la vulnerabilidad en las poblaciones del Bajo Arga (Navarra). *Boletín de la AGE*, 37, 101-118.
- CAMARASA, A.M. y SEGURA, F. (2001): Las crecidas en ramblas mediterráneas semiáridas. *Estudios Geográficos* 52, 649-672.
- CARMONA, P. (1990): *La formació de la plana al·luvial de València. Geomorfologia, hidrologia i geoarqueologia de l'espai litoral del Túria*. Edicions Alfons el Magnànim, Institució Valenciana d'Estudis i Investigació, 175p.

- CARMONA, P. (1995): Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia. *Cuadernos de Geografía* 57, 17-34.
- CARMONA, P. y RUÍZ, J.M. (2000). Las inundaciones de los ríos Júcar y Turia. *Serie Geográfica*, no. 9, 49-70.
- CARMONA, P. y RUÍZ, J.M. (2007): *El medio físico: el territorio como escenario de los regadíos históricos. El patrimonio hidráulico del Bajo Turia: L'Horta de València*. Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Júcar, Colección Regadíos Históricos Valencianos, 30-44.
- CUTTER, S.L. y FINCH, C. (2007): *Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazard*. In B.L. Turner II, Clark University, Worcester, MA, PNAS, vol 105, 7: 2301-2306. Available at <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0710375105>
- DÍAZ MUÑOZ, M.A. y DÍAZ DEL CASTILLO, C. (2002): El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas. *Serie Geográfica* 10, 27-42.
- DÍEZ, A. y PUJADAS, J. (2002): Mapas de riesgos de inundaciones. En: Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina, J. (Eds.). *Riesgos naturales*. Editorial Ariel, 997-1012.
- DOWNING, T.E. (2004). *What have we learned regarding a vulnerability science?*. In: Science in Support of Adaptation to Climate Change. Recommendations for an Adaptation Science Agenda and a Collection of Papers Presented at a Side Event of the 10 th Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Buenos Aires, 7 December 2004, pp. 18-21. Available at <www.aiaccproject.org/whats_new/Science_and_Adaptation.pdf>
- DOWNING, T.E.; BUTTERFIELD, R.; COHEN, S.; HUO, S.; MOSS, R.; RAHMAN, A.; OKONA, Y. y STEPHEN, L. (2001). *Vulnerability indices: Climate Change Impacts and Adaptations*. UNEP Policy Series. UNEP, Nairobi.
- EIRD (2005): *Marco de acción de Hyogo 2005-2015*. Secretaría de la Estrategia Internacional de la ONU para la Reducción de los Desastres. Ginebra. (www.unisdr.org)
- FRANCÉS, F. (1994). Uso de los SIG en la generación de hidrogramas de avenida. *Curso sobre utilización de los Sistemas de Información Geográfica en Hidrología*. CEDEX, MOPTMA (sin paginar).
- GARCÍA-RUÍZ, J.M.; WHITE, S.M.; MARTÍ, C.; VALERO, B. ERREA, M.P. y GÓMEZ, A. (1996). *La Catástrofe del Barranco de Aras (Biescas, Pirineo Aragonés) y su Contexto Espacio-Temporal*, Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Zaragoza, 54 p.
- GRÜNTAL, G.; THIEKEN, A.H.; SCHARWZ, J.; RADTKE, K.S.; SMOLKA, S. y MERZ, B. (2006): Comparative Risk Assessments for the City of Cologne - Storms, Floods, Earthquakes. *Natural Hazards*, 38, 21-44.
- GUZZETTI, F.; STARK, CP y SALVATI, P. (2005): Evaluation of flood and landslide risk to the population of Italy. *Environmental Management*, 36 (1), 15-36.
- LA ROCA, N. y CARMONA, P. (1983). Fotointerpretación de la Ribera del Xúquer después de la inundación de octubre de 1982. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, 121-136.
- LASTRA, J.; FERNÁNDEZ, E.; DÍEZ-HERRERO, A. y MARQUÍNEZ, J. (2008): Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian Peninsula. *Natural Hazards* 45, 277-293.
- LÓPEZ-GARCÍA, M.J; CARMONA, P; RUIZ, J.M. y CAMARASA, A.M. (2006): El uso de imágenes Ikonos para la cartografía de riesgo de inundación en pequeñas cuencas semiáridas. *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*, Granada, 949-957.
- LUERS, A.L. (2005): The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*, 15, 214-223
- MARQUÍNEZ, J.; LASTRA, J. y FERNÁNDEZ, E. (2006): Metodología utilizada para cartografiar la

- peligrosidad de inundaciones en las cuencas del Norte. En: Díez Herrero, A.; Lain Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (Eds.). *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos 7, 125-141. Madrid.
- MATEU, J.F. y CARMONA, P. (1991): Riesgos de Inundación en las Riberas del Túria y Xúquer, en *XII Congreso Nacional de Geografía. Sociedad y Territorio*, Valencia, pp.237-256.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998): *Libro Blanco del Agua en España*, 855 p.
- O'BRIEN, K.L.; LEICHENKO, R.; KELKARC, U.; VENERAD, H.; AANDAHL, G.; TOMPKINS, H.; JAVED, A.; BHADWAL, S.; BARG, S.; NYGAARD, L. y WEST, J. (2004): Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14, 303-313.
- OLLERO, A. (1996): *El curso medio del Ebro: geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 311 p.
- PARROT, R. y STUTZ, F. P. (1991): Urban GIS applications. En Maguire, Goodchild y Rhind (Eds.). *Geographical Information Systems. Principles and applications*, Longman, vol. 2, 247-260.
- PITA, M.F.; CARAVACA, I.; FERIA, F.M.; TARIN, A. y VALLEJO, I. (1999): *Riesgos Catastróficos y Ordenación del Territorio en Andalucía*. Sevilla. Consejería de Obras Públicas y Transportes, 225 p.
- POLSKY, C. (2004): Putting space and time in Ricardian climate change impact studies: agriculture in the US Great Plains, 1969-1992. *Annals of the Association of American Geographers*, 94, 549-564.
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; NAVARRO HERVÁS, F. y ALBACETE, M. (1992): El riesgo de inundabilidad y zonación de la rambla litoral de Las Moreras. La avenida de septiembre de 1989. En: *Estudios de Geomorfología en España*, F. López Bermúdez, C. Conesa y M.A. Romero (Eds.). Sociedad Española de Geomorfología, Universidad de Murcia, Murcia, 353-363.
- RUIZ, J.M. y CARMONA, P. (2004): Flujos de inundación (octubre del 2000) en el entorno de la Albufera de Valencia. En: Benito, G y Díez, A. (Eds). *Riesgos naturales y antrópicos en Geomorfología*. SEG y CSIC, 59-67.
- SALOM, J. y ALBERTOS, J.M. (2006): Industria y ciudad. El Área Metropolitana de Valencia. *Industria y ciudad en España: nuevas realidades, nuevos retos*. En: Méndez, R. y Pascual, H. (Eds.). Thomson-Civitas, Estudios y monografías de economía, 273-306.
- SEGURA, F. (1990): *Las ramblas valencianas*. Tesis doctoral, Universitat de València, 229 p.
- SEGURA, F. (1991). Geomorfología Fluvial y Trazado de Mapas de Riesgo de Inundación: el Cono Aluvial del Palancia, en *XII Congreso Nacional de Geografía. Sociedad y Territorio*, Valencia, pp 221-227.
- WHITE, G.F. (1974): *Natural hazards: local, national, global*. Oxford University Press.
- WISNER, B. BLAIKIE, P.; CANNON, T. y DAVIS, I. (2004): *At Risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, 472 p.
- YOHE, G. y TOL, R.S.J. (2002): Indicators for social and economic coping capacity: moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 12, 25-40.
- ZAVALA, P. (2002): *Análisis espacial de la vulnerabilidad sísmica aplicando SIG y teledetección: el caso de la ciudad de Arica*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá de Henares.