

La importancia de la vulnerabilidad y la exposición en el aumento del riesgo de inundaciones en el litoral mediterráneo

En los últimos veinticinco años se ha producido un aumento significativo del riesgo de inundación en el litoral mediterráneo debido al incremento de la vulnerabilidad y la exposición al peligro de lluvias intensas. Ello habla de los efectos que ha tenido el crecimiento urbanístico desde 1990 a la actualidad, especialmente en los años del denominado “boom inmobiliario” que situó a esta parte de España como la región europea con mayor volumen de edificación en esos años. La ocupación de espacios inundables destaca como causa principal del incremento del riesgo.

Jorge Olcina Cantos. Universidad de Alicante
Alfredo Pérez Morales. Universidad de Murcia
Antonio M. Rico Amorós. Universidad de Alicante
Salvador Gil Guirado. Universidad de Murcia
Francisco López Martínez. Universidad de Murcia

1. Vulnerabilidad y exposición, elementos clave en el incremento del riesgo de inundaciones en el litoral mediterráneo.

En las últimas décadas se observa un aumento de la intensidad, la frecuencia y el impacto económico asociados a las inundaciones en Europa (Barredo, 2007; Marchi et al., 2010). Algunos autores sugieren que esa acentuación en la severidad se debe más a factores socioeconómicos que a los relacionados con el propio funcionamiento atmosférico (IPCC, 2014). El informe de

la Agencia Medioambiental Europea sobre impactos del cambio climático (EEA, 2017) hace hincapié en la importancia del factor “vulnerabilidad” como elemento fundamental para abordar la adaptación al cambio climático y al previsible incremento de episodios de inundación en el territorio europeo hasta final de siglo. Se indica que, entre 2000 y 2014, se han producido 2.000 víctimas mortales en Europa por efecto de las inundaciones y cerca de 8,7 millones de afectados. Se estima, en escenarios climáticos SRES A1B, que en 2050 los afectados anuales por inundaciones en Europa serían 300.000 y llegarían a 390.000 a partir de los años ochenta del presente siglo (EEA, 2017, 205).

En este contexto, el factor social implicado en la ecuación de riesgo establecida por Wisner et al. (2004), la vulnerabilidad, adquiere especial protagonismo en las variaciones espacio temporales del riesgo de inundación. Sin embargo, en el momento que intervienen las cuestiones sociales, la evaluación de la contribución de este factor se hace muy complicada debido, entre otras cuestiones, a que no existe aún una definición definitivamente consensuada de la misma (Gil-Guirado et al., 2016).

A este respecto, las aproximaciones al término han ido evolucionando y la vulnerabilidad ha pasado de ser entendida como un mero concepto asociado al tanto de pérdida esperable en función de la resistencia de lo expuesto a algo



mucho más complejo e íntimamente relacionado con los procesos sociales (EIRD, 2005). Desde entonces los intentos de definición y modelos explicativos se han ido sucediendo (ej. Calvo, 2001, Wisner et al., 2004, Parker et al., 2009). En la actualidad, parece que hoy se acepta de forma generalizada que la vulnerabilidad sería la capacidad de una sociedad para lidiar con el peligro (IPPC, 2014). Esto significa que el riesgo pasa a ser concebido como una construcción social (Fusch, 2009) en la que el peligro se entiende como una constante (al menos en lo que se refiere a las inundaciones), y cuya variación depende más de un valor de vulnerabilidad determinado por una serie de factores interrelacionados como economía, política, educación, etc. con importancia desigual en función de los autores (Tabla 1). Es decir, entre esos factores se dan una serie de relaciones sinérgicas o antagónicas, cuya consideración ponderada representa el valor final de la vulnerabilidad (Wilches-Chaux, 1993).

Tabla 1. **Diferentes dimensiones de la vulnerabilidad.**

Fuente	Dimensiones de la vulnerabilidad	Breve descripción
Wilches-Chaux (1993)	Ambiental	Límites ambientales (temperatura, humedad, presión, etc.) entre los cuales la vida es posible.
	Físico	Localización espacial y presencia de medidas anti-riesgo.
	Económico	Niveles de ingresos.
	Social	Nivel de cohesión interna de una comunidad.
	Político	Autonomía para tomar decisiones.
	Técnico	Desarrollo tecnológico de una sociedad.
	Ideológico	Concepción del entorno que nos rodea.
	Cultural	Características particulares de la sociedad.
	Educativo	Información de desastre disponible.
	Ecológico	Auto-ajustes del planeta para compensar los efectos de los seres humanos.
	Institucional	Romper la conexión entre instituciones, medio ambiente y necesidades de los ciudadanos.
Parker et al. (2009)	Físico	Daños potenciales a estructuras, edificios, infraestructuras, propiedades o apoyo.
	Sistémico	Dónde y cómo un evento podría propagarse a través de los sistemas y la susceptibilidad a una incapacidad para funcionar.
	Social	Relacionado con diferentes niveles de la sociedad.
	Económico	Pérdida de activos económicos y productividad.
	Territorial	Implica una unidad de espacio y territorialidad.
	Institucional	Posibles consecuencias de las deficiencias críticas de las instituciones y los arreglos institucionales.
	Organizativo	Presencia de organizaciones sociales.
Calvo (1997)	Cultural	Pérdida de creencias, costumbres, artefactos y formas de vida indígenas.
	Condiciones económicas	Niveles de ingresos para hacer frente a los desastres.
	Cohesión social	Presencia de organizaciones.

Fuente	Dimensiones de la vulnerabilidad	Breve descripción
Calvo (1997)	Derecho y marco político	Existencia de leyes.
	Medios técnicos	Defensa de las infraestructuras.
	Cultural-educativo	Cuánta información tiene la gente.
	"Impacto mediático"	Cómo se tratan los desastres en los medios de comunicación.
Smith and Petley (2009)	Económico	Ingresos y nivel de servicios.
	Social	Características personales.
	Político	Existencia de un gobierno centralizado.
	Ambiental	Gestión insostenible de los recursos naturales.
	Geográfico	Distancia a zonas de ayuda.
Fusch (2009)	Estructural	Grado de pérdida resultante del impacto de un determinado evento sobre los elementos en riesgo.
	Económico	Capacidad para recuperar activos y valores expuestos.
	Institucional	Sistema político y estructuras institucionales relacionadas.
	Social	Características personales de las personas.
IPCC (2012)	Ambiental	Relacionado con el sistema natural (vulnerabilidad, impactos, mecanismo y respuestas).
	Social	Organización social y aspectos colectivos.
	Económico	La incapacidad de las personas afectadas, las comunidades, las empresas.
Wisner et al. (2004)	Causas fundamentales	Capacidad de los gobiernos para absorber o amortiguar el daño.
	Presiones dinámicas	Un conjunto interrelacionado de procesos generalizados y generales dentro de una sociedad y la economía mundial.
	Condiciones inseguras	Procesos y actividades que "traducen" los efectos de la raíz causan temporalmente y espacialmente en condiciones inseguras.
Cutter (2003)	Biofísica	Formas específicas en las que la vulnerabilidad de una población se expresa en tiempo y espacio en conjunción con un peligro.
	Social	Áreas expuestas al peligro.
Lebel et al. (2011)	Sensibilidad	Producto de las desigualdades sociales, gobierno y su capacidad de respuesta.
	Capacidad de respuesta	Grado en que el sistema se ve afectado por la perturbación o el estrés.

Fuente: López et al., 2017.

Dada la dificultad de saber hasta qué punto cada uno de ellos influye en la vulnerabilidad final (Calvo, 2001; Tate, 2013), una manera adecuada de abordar su estudio es a través del análisis de tipo cualitativo a partir de modelos explicativos reproducibles en el espacio como el MOVE (Birkmann et al., 2013). Este último integra conceptos de diferentes autores y resume las facetas de la vulnerabilidad global en seis grandes grupos: física, ecológica, social, económica, cultural e institucional. La combinación de los mismos en un entorno expuesto determina el nivel de riesgo que, para su mitiga-

ción, debe ser tratado por medidas eficaces de gobernanza territorial. De la aplicación organizada y efectiva de las mismas, depende una correcta adaptación al peligro que revierte en una mejora global del sistema. A este respecto, no cabe duda de la función desempeñada por las diferentes administraciones encargadas de guiar la capacidad de adaptación a los peligros ambientales. A pesar de esta responsabilidad capital de las administraciones (Giddens, 2002), hay algunas regiones en las que esta situación está lejos de ser el caso (Tailandia, Lebel et al. 2011; Burby, 2006, EEUU; los Países Bajos, Jongman et al., 2014). A modo de ejemplo, algunos trabajos han demostrado la posible influencia de las instituciones en la acentuación de los efectos del peligro. Lo anterior puede darse por un aumento de la vulnerabilidad: Adger (2006) indicó que la vulnerabilidad social se ve reforzada por algunos factores institucionales y económicos asociados con la transición económica de Vietnam desde la planificación central; O bien, por una gestión ineficaz que determina una acentuación de la exposición: Fuchs et al. (2015 y 2017) evidenciaron que el nivel actual de exposición en los Alpes europeos (Austria y Suiza) no depende exclusivamente del factor medioambiental, sino que también está relacionado con las actividades económicas y las diferentes debilidades de las medidas establecidas (estructurales y no estructurales). Asimismo, Pérez et al. (2015a) pusieron de relieve que el incremento de la exposición a inundaciones en la costa mediterránea española se correlaciona positivamente con períodos de crecimiento económico y permisividad legal.

Dada la importancia descrita sobre el papel de las instituciones y la gobernanza del riesgo, se cree necesario centrar la atención en el concepto y factor de la vulnerabilidad institucional (en adelante VI). Ésta ha sido también estudiada por varios autores (Renn, 2008; Raschky, 2008; Parker et al., 2009; Fusch, 2009). Sintetizando bastante, se conciben como "la ineficiencia de las diferentes autoridades responsables de la gestión de riesgos, cuyos resultados implican un aumento de la exposición en las sociedades, es decir, amplifica el riesgo". La VI incluye instituciones y organizaciones encargadas de la gestión de riesgos (por ejemplo, gobiernos, protección civil, sistemas de alerta, ordenación del territorio) o relacionadas con ella (ej. comunicación de riesgos, ONG, sistemas sanitarios, educación y centros de investigación) (Wisner, 2000) influye en otros factores de vulnerabilidad (Wilches-Chaux, 1993) y en varias limitaciones internas (ej. técnica, legislativa, personal) y presiones externas (ej. políticas, sociales, empleo).

El caso de estudio que nos ocupa es un claro ejemplo donde esos obstáculos que dificultan una correcta aplicación de la planificación destacan por encima de las facilidades. Entre otros, están los intereses económicos derivados de la ocupación masiva del suelo, los cuales prevalecen por encima de la aplicación efectiva de las medidas de mitigación de daños por inundación (Iglesias, 2007). El proceso que ha desencadenado lo anterior viene explicado, principalmente, porque el litoral mediterráneo español es uno de los destinos turísticos más importantes del mundo (WTO, 2016). Concretamente en todos los municipios costeros del Mediterráneo español comprendidos entre Águilas (Murcia) hasta Portbou (Girona), reside una población de 6.312.997 habitantes (López et al., 2016), sin embargo, si consideramos la población completa de estas comunidades autónomas, la cifra asciende a casi 14 millones de habitantes (13.947.411 habitantes en 2016), que suponen el 30% de la población nacional. Esta dinámica socioeconómica fue incentivada por una gobernanza autonómica y municipal claramente favorecedora de la actividad urbanística para acoger a toda esa población y crear nuevos espacios, y en al menos dos periodos desde los años sesenta interrumpidos por la crisis de los noventa, se multiplicaron la cantidad de edificios por ocho (Pérez et al, 2015a). La planificación territorial seguida durante ese tiempo se ha demostrado, a todas luces, ineficiente, y se manifiesta negativamente en forma de un nutrido catálogo de problemas (Aledo et al., 2007) entre los que están las inundaciones. Obviamente, al no haber considerado las zonas propensas a inundaciones en la medida de lo necesario, el balance de pérdidas ocasionado por las avenidas ha ido en ascenso (Gil-Guirado, et al., 2016) incluso por encima de la contribución que pueda estar haciendo el cambio climático en la acentuación de la frecuencia de episodios de lluvia de fuerte intensidad horaria (IPCC, 2014).

Por todo lo comentado, el caso del litoral resulta un buen ejemplo sobre el que llevar a cabo el estudio de la contribución de la VI al aumento del riesgo. El trabajo se organiza de acuerdo a esa premisa, de tal forma que, en el segundo apartado se aborda todo lo relacionado con el factor físico en lo que se refiere la variabilidad de las precipitaciones y los cambios que se puedan estar produciendo en su severidad. En el tercero se evalúa la Vulnerabilidad Institucional mediante dos métodos complementarios que centran la cuantificación en la eficiencia de las medidas de ordenación territorial y planificación para mitigar la exposición al peligro de inundación. Finalmente, en el cuarto y último apartado, se establecen una serie de conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

2. Cambios en la tipología de precipitaciones: incremento de intensidades

Al aumento de la vulnerabilidad se ha sumado un cambio en la peligrosidad de las precipitaciones, como factor natural de las inundaciones. No tanto por el aumento de cantidades de lluvia recogida en estos episodios, sino por la “calidad”, esto es, el tipo de precipitaciones que originan en las últimas décadas los episodios de inundación. En efecto, se observa un cambio en la manera de llover que origina anegamientos e inundaciones con pérdidas económicas y de vidas humanas. Se registran lluvias más concentradas en el tiempo, de cantidad no tan elevada como las que originaban eventos importantes de inundación en las décadas de los años ochenta o noventa del pasado siglo.

Diversos estudios (CEDEX, 2012; Marcos García y Pulido Velázquez, 2017; Serrano Notivoli, 2017) han señalado, en los últimos años, el desarrollo de cambios en las precipitaciones ocurridas en el conjunto de la península Ibérica que, por lo común, muestran tendencias de descenso en las lluvias, si bien no uniforme y de igual reparto en todo el territorio español, así como un incremento en las intensidades de precipitación que resulta notorio en el litoral mediterráneo.

La irregularidad interanual e intraanual de las lluvias es un rasgo propio de la precipitación mediterránea. Y junto a ello la concentración de las mismas en corto espacio de tiempo. Éste es un aspecto destacado a efectos de planificación territorial y, especialmente, de las infraestructuras necesarias de evacuación de aguas en entornos urbanos, a efectos de reducir el riesgo de inundaciones. Junto a los climas del ámbito tropical, debido a la génesis de ciclones tropicales o de lluvias de tipo monzónico, el litoral mediterráneo español es una de las más destacadas del mundo en el registro de intensidades diarias y horarias de las precipitaciones.

Los episodios de inundación significativos, con pérdidas económicas importantes y víctimas humanas, ocurridos desde 1950 han tenido como causa el desarrollo de jornadas de precipitaciones torrenciales, con registro de valores muy elevados de precipitación, generalmente por encima de 200 mm en 24 h. Los registros oficiales de lluvia en 24 h. en el territorio del litoral mediterráneo español ofrecen valores record por encima de 300 y 400 mm, pero hay localidades que han superado ampliamente este dato, duplicando o triplicando ese volumen de precipitación diaria acumulada (vid. tabla). Todos ellos han ocurrido en condiciones de tiempo atmosférico muy inestables (aire frío en capas altas -vaguadas, gotas frías-). La relación de valores extremos de lluvia por encima de 400 mm/24 h en un día comprende (vid. tabla):

Tabla 2. **Valores extremos de lluvia por encima de 400 mm/24 h. en el litoral mediterráneo español.**

Fecha	Localidad	Precipitación en 24h. (mm)
20 de octubre de 1982	Casas del Barón (Valencia)	1.121 (estimado)
2 de octubre de 1957	Javea (Alicante)	871 (no reconocido)
3 de noviembre de 1987	Oliva (Valencia)	817
4 de noviembre de 1987	Pobla del Duc (Valencia)	790
3 de noviembre de 1987	Gandía (Valencia)	720
20 de octubre de 1982	Bicorp (Valencia)	632
11 de septiembre de 1998	Tavernes de Valldigna (Valencia)	520
4 de noviembre de 1987	Sucamarcer (Valencia)	520
11 de septiembre de 1996	Benifairó de Valldigna (Valencia)	500
10 de octubre de 1994	Alforja (Tarragona)	450
14 de octubre de 1986	Cadaqués (Girona)	430

Fecha	Localidad	Precipitación en 24h. (mm)
20 de octubre de 1982	Cofrentes y Jalance (Valencia)	426
3 de noviembre de 1987	Denia (Alicante)	425
12 de octubre de 2007	Alcalalí (Alicante)	416
7 de mayo de 1982	Vall de Gallinera (Alicante)	412
6 de noviembre de 1983	Alginet (Valencia)	410
1 de octubre de 1957	Cabo de San Antonio (Alicante)	409

Fuente: AEMET, Gil Olcina y Olcina Cantos (2017). Elaboración propia.

El espacio geográfico más afectado por estos sucesos de torrencialidad pluviométrica es el área comprendida entre el norte de la provincia de Alicante y sur de Valencia (comarcas de La Marina Alta y La Safor). No obstante, se encuentran valores muy elevados de acumulación de lluvias en 24 h. en el resto de provincias del litoral mediterráneo español. De manera que ningún área de la franja este peninsular queda libre de la posibilidad de lluvias muy abundantes en condiciones de elevada inestabilidad atmosférica, si bien los condicionantes geográficos (presencia de relieves, trazado de la línea de costa en relación con los vientos dominantes en condiciones de inestabilidad), matizan las cuantías que se pueden registrar.

No obstante, la posibilidad de disponer, en los últimos años, de registros horarios de precipitación, con la instalación de pluviómetros o pluviógrafos de intensidad, de la red estatal de observación meteorológica o de los sistemas de información hidrológica en las demarcaciones hidrográficas españolas, ha permitido conocer con mayor detalle la tipología de lluvias que acontecen en eventos de inundación. Hay un dato realmente sorprendente de lluvia máxima diaria en el Sureste Ibérico, que es el estimado en la célebre Riada de Santa Teresa, durante la noche del 14 al 15 de octubre de 1879, la mayor de la que hay noticia histórica en la cuenca del Segura, en el río Vélez, una de las ramas madres del Guadalentín, se habrían recogido más de 600 mm en una hora. La localidad de Sueca (Valencia) tiene anotada la intensidad más elevada de España en un intervalo de 2 horas y 30 minutos (296 mm, 23 de septiembre de 2008). En 20 minutos, la estación del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) ubicada en la localidad valenciana de Manuel registro 90,6 mm el 1 de agosto de 1993. Y en tan solo 1 minuto, la intensidad más elevada anotada en España corresponde a la localidad de Montserrat (Valencia) el 10 de octubre de 2008 (10,2 mm).

Serrano Notivoli (2017), en su estudio sobre las precipitaciones en España ha señalado una tendencia negativa significativa en el análisis de la precipitación máxima anual en un día en toda la península Ibérica, para el período 1950-2012. Esto quiere decir que se acumula menos cantidad de precipitación total en los eventos más extremos. Sin embargo, encuentra tendencia positiva en la contribución de la precipitación intensa a los totales anuales acumulados, lo que viene a señalar que los episodios de lluvia intensa son más frecuentes aunque la cuantía acumulada en ellos sea menor. Esto se corresponde con el análisis efectuado en este trabajo para el caso de Alicante (vid. apartado 3).

En el estudio sobre extremos de lluvia en España, para el período 1805-2014, elaborado por Gonzalez y Bech (2017) se muestra cómo los valores más elevados de precipitación en corto intervalo de tiempo –entre 10 y 60 minutos– se han registrado en los últimos dos décadas, mientras que los datos record de lluvia torrencial (por encima de 300 mm) anotados en algún observatorio de la red nacional de AEMET son anteriores a 1990. Es decir, no se ha batido en los últimos veinte años ningún record de cuantía máxima absoluta, pero sí se han hecho más frecuentes los datos de intensidad en corto intervalo de tiempo. Destaca, asimismo el hecho de que estos valores record de lluvia por debajo de 60 minutos se han anotado en estaciones meteorológicas situadas en el litoral mediterráneo o en Canarias.

Se trata de valores de intensidad de las precipitaciones (horaria) que deben conocerse a efectos de calibrar la capacidad de evacuación de las redes de drenaje urbana en las ciudades del litoral mediterráneo y aunque resultan realmen-

te elevados y suponen un indudable encarecimiento de las obras de avenamiento urbano, son valores de salvaguarda de la vida humana y de evitación de elevadas pérdidas económicas para estos espacios urbanos.

Debe tenerse en cuenta, además, que este aspecto del incremento de la intensidad horaria de las precipitaciones, si se confirman los modelos de cambio climático, será un rasgo destacado de las precipitaciones en esta parte de España en las próximas décadas.

Diversas localidades del litoral mediterráneo español han registrado episodios de inundación en los últimos años, que han tenido como causa el desarrollo de lluvias intensas, cuya cuantía oscila entre 50 y 150 mm, que han precipitado en apenas 60-90 minutos. Como datos últimos, las ciudades de Málaga (56 mm en 1 hora) y Girona (53 mm en 30 min.) registraron pérdidas económicas elevadas por efecto de este tipo de eventos de lluvia intensa con inundaciones, en diciembre de 2016 y junio de 2017, respectivamente. Asimismo, la ciudad de Alicante registró en marzo de 2017 un episodio de lluvia intensa, con origen en un embolsamiento de aire frío en capas altas (gota fría) en un momento del año poco proclive a este tipo de eventos (invierno), que causó anegamientos e inundaciones, favoreciendo la puesta en marcha de las obras de prevención de riadas que se han ido desarrollando en el término municipal tras el grave suceso de 30 de septiembre de 1997.

La ciudad de Alicante, que puede servir de ejemplo para lo ocurrido en el litoral mediterráneo español, especialmente en su sector meridional, ha padecido reiterados episodios de inundación en su trama urbana y en el término municipal en las últimas décadas. En la serie de episodios de inundación relevantes ocurridos en la ciudad en las últimas décadas, se comprueba que, desde 1980, salvo los dos eventos señalados, la ciudad se ve sometida a anegamientos importantes e inundaciones con lluvias intensas que no superan, o lo hacen ligeramente, los 100 mm/24 h. Realmente, se trata de lluvias horarias, donde las máximas cuantías se acumulan en apenas 60-90 minutos (vid. Tabla).

Tabla 3. **Episodios de lluvias intensas con efectos de anegamiento e inundación en la ciudad y término de Alicante entre 1980 y 2017.**

Fecha	Precipitación acumulada (mm)
20 de octubre de 1982	233,1 mm
4 de noviembre de 1987	92 mm
5 de septiembre de 1989	133,6 mm
30 de septiembre de 1997	270,3 mm
3 de mayo de 1999	35 mm
23 de octubre de 2000	55,4 mm
21 de septiembre 2007	90,4 mm
11 y 12 de octubre 2007	49,7 mm y 42,1 mm
28 de septiembre 2009	131 mm
18 de noviembre de 2012	55,2 mm
13 de marzo de 2017	137,4 mm

FUENTE: AEMET. Observatorio de Alicante. (Ciudad Jardín).

En sombreado los episodios causados por lluvias de intensidad horaria, concentradas en el tiempo y con cuantía inferior a 150 mm/24 h.

Las precipitaciones más peligrosas a efectos de génesis de inundaciones son aquellas que concentran hasta 100 o 150 litros en apenas 2-3 horas. Para este tipo de precipitaciones los sistemas de drenaje urbano existentes en las ciudades del litoral mediterráneo español no resultan efectivos, al no estar adaptados a intensidades horarias de esta magnitud. Este aspecto del cambio en las precipitaciones –eventos de lluvia intensa más frecuentes-, junto al incremento de vulnerabilidad institucional, con ocupación indebida de espacios inundables, está en el origen del aumento de pérdidas económicas por inundaciones en el litoral mediterráneo español y en Canarias.

3. Aumento de la exposición y vulnerabilidad: estudio de casos

3.1. Aumento de la vulnerabilidad institucional

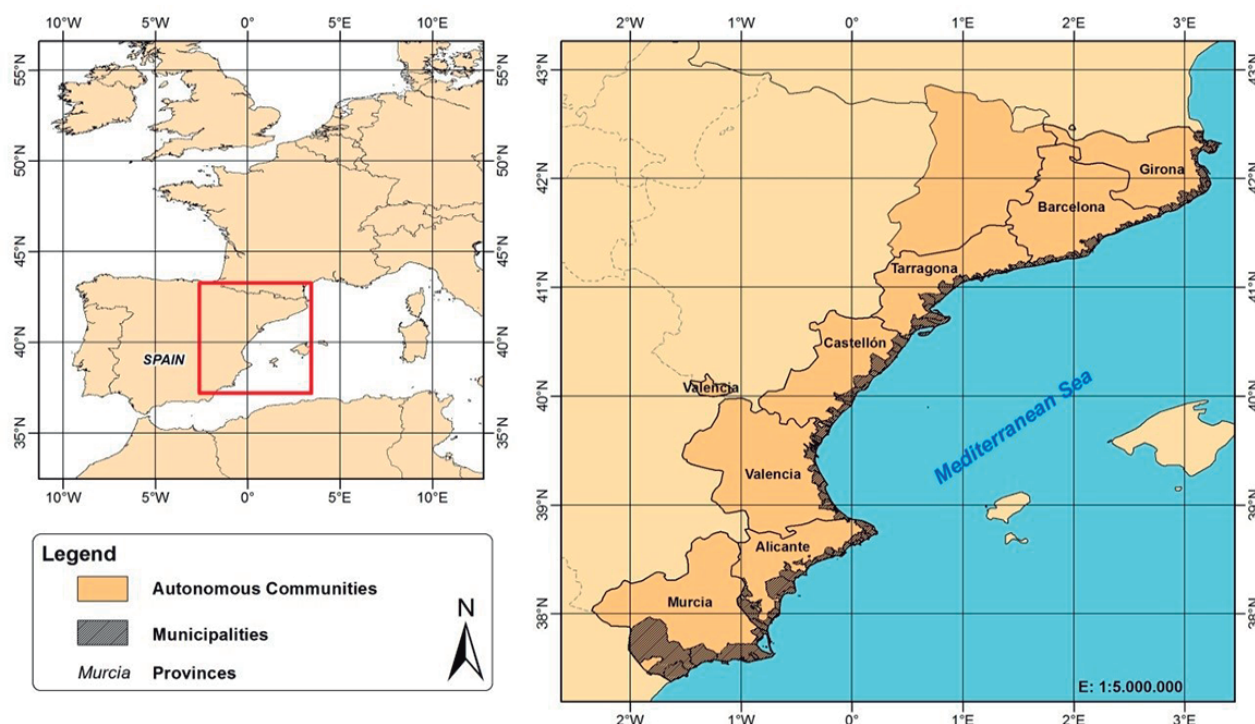


Figura 1. Área de estudio.

Desde mediados de los años cincuenta del siglo pasado, la normativa encargada de la ordenación territorial en el área de estudio ha experimentado una progresiva incorporación del análisis de riesgos naturales (1). Sin embargo, al contrario que ocurre en otros países como Francia, Grecia o Italia, en España se carece de una ley marco estatal sobre éstos. Este vacío legislativo ha provocado una dispersión administrativa de las competencias en gestión del riesgo de inundación entre diversas normativas con diferente incidencia sectorial (suelo, agua, medio ambiente, recursos naturales, etc.) (Olcina, 2010a).

Actualmente, de acuerdo al organigrama político administrativo español, el Estado, las Comunidades Autónomas y los Municipios son las administraciones encargadas de la planificación territorial y urbanística (2). Sin embargo, mientras que el Estado solo puede dictaminar condiciones básicas, las comunidades autónomas son las encargadas de aprobar la normativa de ordenación territorial y urbanística. Éstas, a su vez, otorgan su potestad en materia urbanística a los Municipios. De este modo, en última instancia son los municipios los encargados de materializar y determinar sus políticas de crecimiento urbanístico al definir los usos de suelo mediante instrumentos de planeamiento municipal.

(1) Desde Ley del suelo de 12 de mayo de 1956 al Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo.

(2) Constitución Española (1978) y Sentencia 61/1997 del Tribunal Constitucional.

En el presente artículo se propone una metodología para el cálculo de la Vulnerabilidad Institucional (VI) en el área de estudio. La anterior se lleva a cabo mediante un procedimiento de relación sencillo entre la información espacial del planeamiento y las áreas afectadas por la inundación de T100. La intersección de ambas capas de información a través de un SIG permite evidenciar y cuantificar la superficie entendida como VI, es decir, aquellas zonas urbanas y urbanizables afectadas por inundaciones.

En lo que se refiere a las urbanas, las hemos considerado como IV: *Vulnerabilidad Institucional Presente (VIP)* y las urbanizables como *Vulnerabilidad Institucional Futura (VIF)*. En otras palabras, *VIP* informa del porcentaje de suelo "Urbano" en zona inundable por T100 en el momento actual, y *VIF*, sobre el de suelo "Urbanizable" en zona inundable por T100, o lo que es lo mismo, se considera al ámbito proyectado en el plan para crecimiento urbano que se ve afectado por zonas inundables (Figura 2). En este sentido, y asumiendo una limitación de la información a este respecto, aunque hemos considerado ambos aspectos como estables (ej. Jongman et al., 2014, Pérez et al., 2015a), entendemos que las áreas inundables donde el planeamiento vigente permite su urbanización reflejan la *VIF*, pues no hay ningún impedimento legal para la ocupación de estos espacios de riesgo aunque se desconoce la proyección de consumo de suelo.

Los dos índices anteriores han sido calculados para los municipios que componen el área de estudio, desglosándose los resultados a nivel local, provincial y autonómico.

Por otra parte, los resultados fueron combinados en un nuevo índice (Figura 3) denominado *Evolución de la Vulnerabilidad Institucional (EVI)*, que nos permite calcular la variación de VI a lo largo del tiempo. Además, también se considera que *EVI* refleja la sensibilidad institucional adoptada ante las medidas no estructurales, pues cuanto mayor sea su valor, mayor será la exposición derivada del número de construcciones permitidas en zonas inundables.

En términos autonómicos y provinciales, Cataluña y Tarragona son, respectivamente, la comunidad autónoma y provincia con mayor porcentaje de Zona Inundable Municipal (*ZIM*), es decir, peligrosidad natural. En cambio, la Región de Murcia y Barcelona son la autonomía y provincia con menor superficie afectada (Tabla 4 Panel A). Obviamente, lo anterior depende de una distribución de la red hidrográfica aleatoria y desigual en cuanto al tamaño de sus cuencas vertientes. Sin embargo, y exceptuando a los grandes ríos que atraviesan los municipios del área de estudio (Ebro, Júcar y Segura) y que parecen ser los ámbitos que de forma tradicional más se ha respetado su ocupación, por lo general, predominan cauces efímeros del tipo rambla con fuertes pendientes y corto recorrido que desaguan de forma rápida ocasionando inundaciones del tipo *flash flood* cada vez que acontecen episodios de lluvia de fuerte intensidad horaria propios del clima mediterráneo.

Lo anterior se ve reflejado en la escala local. Las inundaciones y zonas inundables se manifiestan como un suceso tan común (Llasat et al., 2010) que solo 26 municipios (19,12 %) de los 136 estudiados no presentan zonas inundables, en su mayoría localizados en la provincia de Barcelona. Esto podría interpretarse como que dichos lugares permanecen alejados del peligro, sin embargo, tras cotejar el trazado de varios cursos hidrológicos hemos comprobado que algunos

$$ZIM = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Superficie inundable}_i}{\text{Superficie municipal}_i} \times 100$$

$$PIV = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Suelo urbano en zona inundable}_i}{\text{Zona inundable}_i} \times 100$$

$$FIV = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Suelo urbanizable en zona inundable}_i}{\text{Zona inundable}_i} \times 100$$

Figura 2. Expresiones utilizadas para el cálculo de *ZIM*, *VIP* y *VIF*. La *i* corresponde a cada uno de los municipios estudiados.

$$EVI = \frac{VIF}{VIP} \times 100$$

Figura 3. Expresiones para el cálculo de *EVI*.

no han sido modelizados todavía, por lo que en dicha provincia los valores reales de *ZIM* podrían ser todavía mayores a los reflejados en la cartografía y considerados en el presente estudio. El resto de municipios del área de estudio posee un promedio de *ZIM* nada desdeñable del 16,75 % ($dt = 22,12$, mediana = 6,10) que nos da idea de la densa red de drenaje que cubre este ámbito geográfico.

En relación a la *VIP*, Cataluña y sus tres provincias litorales presentan los mayores porcentajes. En el extremo opuesto se sitúa la Región de Murcia, donde aparecen los niveles más bajos de *VIP* (Tabla 4 Panel B). Además, considerando todos los porcentajes a nivel municipal, Cataluña es la comunidad autónoma con mayor *VIP* (3). Los resultados señalados ponen de manifiesto un claro gradiente constructivo de norte a sur que, a grandes rasgos, viene explicado por un grado desarrollo urbanístico mucho más precoz y avanzado en Cataluña que las otras dos comunidades autónomas. Lo anterior ha determinado una ocupación y consumo de zonas inundables mucho mayor a favor de zonas que han pasado a ser urbanas, en gran medida, estas últimas, motivadas por el crecimiento turístico residencial y el demográfico de una ciudad con entidad europea como Barcelona (Morris y Dickinson, 1987). Cabe destacar a este respecto el municipio de Barcelona como el de mayor *VIP*, pues el 100% de su superficie inundable está urbanizada.

Por otro lado, y en lo que se refiere a aquellos municipios eficientes que han sido capaces de restringir o limitar la construcción en *ZIM*, tan solo se han contado 10, 7 de los cuales pertenecen a la Comunidad Valenciana. A este respecto conviene señalar el gran esfuerzo dedicado por parte de dicha administración regional en la realización y aplicación de un plan integral contra avenidas e inundaciones, PATRICOVA que, sin llegar a una eficiencia máxima, parece que comienza a tener cierto grado de éxito (Olcina, 2010b). El resto de municipios del área de estudio estos presentan una *VIP* media del 21,02% ($sd = 23,28$, mediana = 12,55) que refleja un problema vigente serio que afecta a una parte importante de espacio urbanizado donde la mayoría de soluciones pasa por una política de actuaciones estructurales drástica y costosa.

En cuanto a la *VIF* la situación parece invertirse con respecto a todo lo comentado hasta ahora. En este caso la Región de Murcia tiene la mayor *VIF*, seguida por la Comunidad Valenciana y, en último lugar, Cataluña. El desarrollo urbanístico experimentado en esta última se ha visto ralentizado al haber consumido gran parte del espacio urbanizado durante el tiempo que Valencia y Murcia, permanecieron más rezagadas. Estas dos últimas han tratado de minimizar esa desventaja por medio de dos estrategias. La primera ha sido la de aplicar una política liberal del suelo amparada por Ley del Suelo de 1998 y de algunas leyes de planeamiento autonómicas y municipales (Jiménez, 2009). La repercusión de este contexto legal ha sido la de un aumento de la dotación del suelo urbanizable sobre zonas inundables en la mayoría de municipios del área de estudio. Así, solo 14 municipios (el 12,73 %) de los 110 municipios con *ZIM* no presentan *VIF*, para el resto, se registra una media del 15,61% de *VIF* ($dt = 17,03$, mediana = 9,52). Se da la circunstancia de que en algunos municipios del área de estudio (por ejemplo, Torreblanca en Castellón), la promoción de suelo para su urbanización ha agotado, prácticamente, este recurso, y lo que es todavía peor, dicho aumento se ha producido en su mayoría (92,97 %) a expensas de la *ZIM*. En segundo lugar, está la demanda de viviendas para residencias de inmigrantes europeos, que fue creciente en el área de estudio, en un contexto de bonanza económica en Europa en esos años. Se trata de un grupo poblacional que, atraído por las suaves condiciones climáticas invernales del litoral mediterráneo y, sobre todo, por una coyuntura económica ventajosa con bajos tipos de interés hipotecario en España (se pasó del 16,6% en diciembre de 1990 al 4,2% a mediados de 2006, con valores mínimos del 3,19 en agosto de 2005), llegó de forma masiva a este territorio para adquirir segundas residencias.

(3) Prueba H de Kruskal-Wallis y prueba U de Mann-Whitney, $p\text{-valor} < 0,05$.

Tabla 4. Porcentaje de ZIM, VIP y VIF en el área de estudio, nivel autonómico, provincial.

	Área de estudio	%ZIM (100=S.A.)	CCAA	%ZIM (100=CCAA)	Provincia	%ZIM (100=Prov.)	%ZIM (100=A.E.)
A	Municipios de la Costa Mediterránea Española	10,82	Cataluña	17,32	Barcelona Girona Tarragona	3,35 12,69 27,02	1,77 9,40 30,09
			Comunidad Valenciana	11,55	Alicante Castellón Valencia	7,46 7,88 25,88	13,62 7,98 20,20
			Región de Murcia	5,23	Murcia	5,23	16,94
	Área de estudio	%VIP (100=S.A.)	CCAA	%VIP (100=CCAA)	Provincia	%VIP (100=Prov.)	%VIP (100=A.E.)
B	Municipios de la Costa Mediterránea Española	6,16	Cataluña	1,18	Barcelona Girona Tarragona	1,01 1,61 0,97	8,63 19,39 17,48
			Comunidad Valenciana	0,74	Alicante Castellón Valencia	0,63 0,85 0,86	18,64 14,03 10,95
			Región de Murcia	0,21	Murcia	0,21	10,87
	Área de estudio	%VIF (100=S.A.)	CCAA	%VIF (100=CCAA)	Provincia	%VIF (100=Prov.)	%VIF (100=A.E.)
C	Municipios de la Costa Mediterránea Española	15,95	Cataluña	1,54	Barcelona Girona Tarragona	1,30 2,03 1,34	4,30 9,43 9,34
			Comunidad Valenciana	1,78	Alicante Castellón Valencia	1,10 2,23 2,76	12,63 14,18 13,50
			Región de Murcia	1,80	Murcia	1,80	36,61

*% ZIM: porcentaje de superficie inundable respecto a la superficie de los municipios litorales del área de estudio (A.E.), de la comunidad autónoma (CCAA) o de la provincia (Prov.).

% VIP: porcentaje de superficie inundable urbana respecto a la superficie de los municipios litorales del área de estudio (A.E.), de la comunidad autónoma (CCAA) o de la provincia (Prov.).

% VIF: porcentaje de superficie inundable urbanizable respecto a la superficie de los municipios litorales del área de estudio (A.E.), de la comunidad autónoma (CCAA) o de la provincia (Prov.).

El panel A representa la superficie inundable total desglosada y referida a diferentes niveles administrativos.

El panel B representa la superficie urbana inundable desglosada y referida a diferentes niveles administrativos.

El panel C representa la superficie urbanizable inundable desglosada y referida a diferentes niveles administrativos.

3.1.1 Evolución de la Vulnerabilidad Institucional (EVI)

Atendiendo a la variación de la VIP respecto a la VIF, es decir, la EVI, la superficie construida en zona inundable será significativamente(4) superior a la registrada en la actualidad. En este sentido, para el conjunto del área de estudio aumentará la vulnerabilidad institucional al haber cada vez más municipios con mayor superficie construida en zonas inundables.

(4) Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, p-valor >0,05.

Esta situación adquiere especial importancia en el caso de la Región de Murcia, donde la VIF puede superar en un 850% a la VIP (Tabla 5). Muy de lejos le sigue la Comunidad Valenciana y, en último lugar, Cataluña. En esta última y en sus provincias, el incremento de la VIF no ha sido tan acusado como en el resto de comunidades autónomas. Lo anterior podría llegar a interpretarse como una correcta integración por parte de Cataluña de las medidas de gestión del riesgo en el planeamiento y una minimización de los procesos de ocupación de zonas inundables. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, las razones atienden a que, especialmente en Cataluña, gran parte del suelo urbano ha consumido la ZIM, por lo que su tasa de EVI es baja con respecto a las otras dos comunidades.

Tabla 5. **Variación entre PIV and FIV en el área de estudio (A.E.), a nivel autonómico (CCAA) y provincial.**

Área de estudio	%EVI (100=S.A.)	CCAA	%EVI (100=CCAA)	Provincia	%EVI (100=Prov.)	%ZIM (100=A.E.)
Litoral Mediterráneo	258,99	Cataluña	131,35	Barcelona	129,14	49,86
				Girona	125,93	48,62
				Tarragona	138,45	53,46
		Comunidad Valenciana	239,30	Alicante	175,43	67,74
				Castellón	261,77	101,07
				Valencia	319,21	123,25
		Región de Murcia	872,40	Murcia	872,40	336,84

*% EVI, indica el porcentaje de variación de la VIF respecto a la VIP en el área de estudio (A.E.), la comunidad autónoma (CCAA) y la provincia (Prov.).

A pesar del desigual incremento comentado de la EVI en cada comunidad autónoma, si se consideran los datos a nivel municipal, en las tres se produce un incremento significativo de la misma (según la prueba de los rangos con signo de y la prueba de comparación de t, p-valor>0,05). Especialmente, esta situación adquiere cifras preocupantes, pues de acuerdo a la tasa media de crecimiento urbano en zonas inundables del área de estudio estimada en 8,9%/año (Pérez et al., 2015a), así como el porcentaje de suelo destinado a uso público (Ley del Suelo 2008, del 24% al 33% del suelo residencial), en menos de veinte años se habrá incrementado la superficie edificada expuesta en más de un 50%, cantidad que puede duplicarse en menos de cuarenta años.

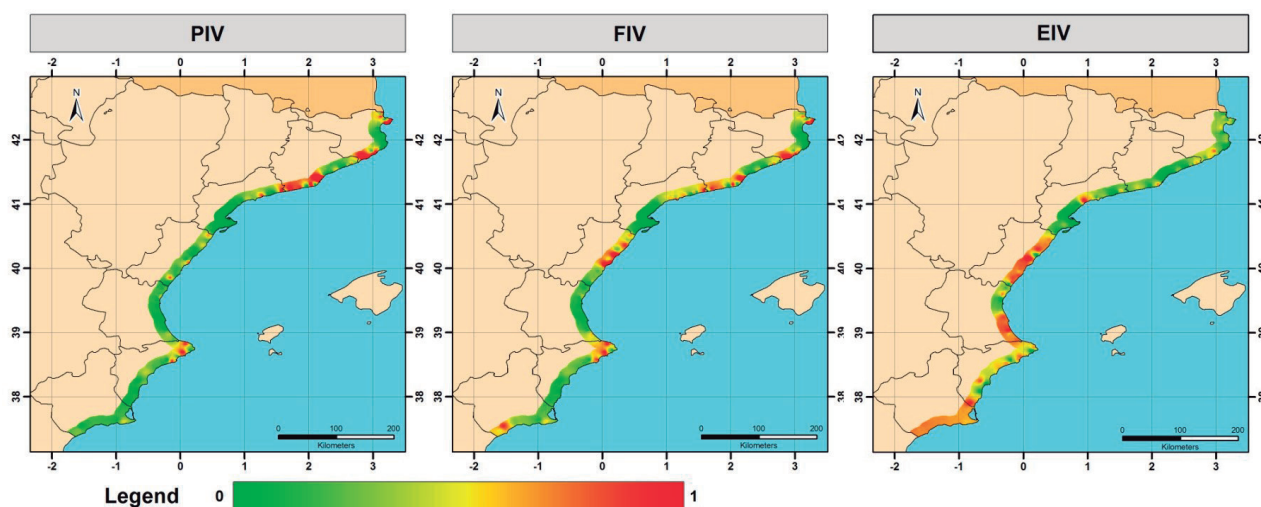


Figura 4. Vulnerabilidad Institucional Presente (PIV), Vulnerabilidad Institucional Futura (FIV) Evolución (EIV) en el área de estudio. Debido a los altos valores registrados para la EIV, se ha representado a través de una escala logarítmica.

Finalmente, la figura 4 sintetiza espacialmente todos los resultados hasta el momento comentados mediante un mapa de densidades o calor ponderado con los valores de cada índice. Para mejorar la representación gráfica del mapa, a nivel municipal se ha homogenizado espacialmente el área de estudio extendiendo hacia el interior la superficie de los mismos unos 10 km. En líneas generales, se advierten unos valores altos o muy altos de VIF en Cataluña que, secuencialmente parecen aumentar hacia el sur en los litorales de las provincias de Castellón, Alicante y Murcia. Atendiendo a la representación de la EIV, al contrario que sucede en las provincias de Cataluña donde aparecen focos puntuales que incrementan la EVI debido a la elevada VIP (el 50% de los municipios catalanes poseen de media un 55% de VIP), el resto de provincias registran un acusado aumento de la misma. Esta situación cobra especial importancia en las provincias de Murcia y Castellón, donde a pesar de la escasa VIP, los valores de VIF disparan la superficie afectada. En estas provincias, los planes contra las inundaciones, al contrario que sucede en la provincia de Valencia, han tenido un efecto mínimo (Olcina, 2010b; Pérez et al., 2015b).

3.2 Aumento de la exposición por vulnerabilidad institucional

Una forma más precisa de comprobar las carencias y falta de aplicación de los instrumentos de ordenación y planificación para limitar la ocupación de zonas inundables es mediante la combinación de las láminas de agua de cada periodo de retorno y la fuente del Catastro (MHAP, 2014). Con metodologías como la seguida en Pérez et al. (2015a) se puede llegar a realizar un análisis de alta resolución espacio temporal e identificar aquellas parcelas urbanas o rústicas que se encuentran en zona inundable e, incluso, cuantificar a partir de una serie de características como el año de construcción de cada una de ellas su evolución y periodización.

De la aplicación de lo anterior en el ámbito geográfico de los municipios del litoral de las provincias de Alicante y de Murcia se obtuvieron los siguientes resultados. De acuerdo a las Figuras 5a y b, a partir de 1975 el espacio urbanizado y el número de inmuebles que ocupan cada una de las zonas inundables para los periodos de retorno estudiados (10, 50, 100 y 500 años) ha ido experimentando un crecimiento acumulado continuo en el litoral de las provincias de Murcia y Alicante.

En cifras relativas los resultados son verdaderamente alarmantes. Para el periodo analizado el incremento de las parcelas urbanas es del 347% (< 1975=100), lo que supone una tasa de crecimiento anual del 8,9%. Sin embargo, llama la atención que el crecimiento de las parcelas urbanas en áreas propensas a experimentar inundaciones ha sido mayor que el crecimiento en áreas no inundables (273%). En lo que se refiere a la superficie ocupada por edificaciones en terrenos expuestos, los valores de incremento son sensiblemente inferiores (368%) con respecto a lo que ha sucedido en zonas no expuestas (442%). En cualquier caso no dejan de ser cifras muy elevadas que dan una idea del proceso acelerado de expansión urbanística y de la escasa repercusión que ha tenido la generación de normativas de mitigación del riesgo de inundación mediante medidas de ordenación territorial.

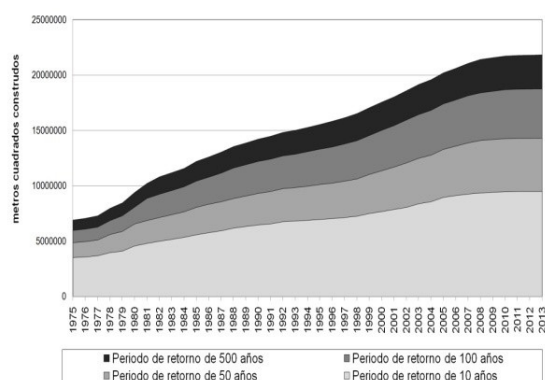


Figura 5 a. Curva de saturación de la superficie construida en zona inundable para los diferentes periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia.

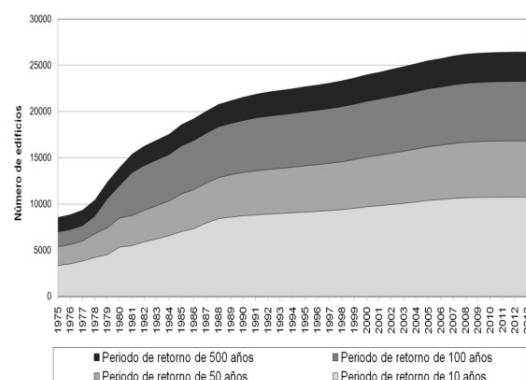


Figura 5 b. Curva de saturación de los edificios construidos en zona inundable para los diferentes periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia.

El análisis detallado de la figura 6 nos permite distinguir dos periodos bien diferenciados, 1975-1993 y 1994-2013. El primero viene precedido por la primera crisis del petróleo en 1973. Pese a la fuerte repercusión que tuvo este acontecimiento y que llevó, en términos globales, a un estancamiento de la economía española durante una década, en el ámbito espacial estudiado, sus efectos sobre la actividad inmobiliaria fueron efímeros, fruto de las necesidades habitacionales de una población creciente, junto con la expansión de las viviendas para un sector turístico en continuo crecimiento. De esta manera, a partir de 1977 el crecimiento urbano en espacio inundable y no inundable fue intenso. Las causas principales de esta nueva dinámica habría que buscarlas en los cambios que introdujo la mencionada crisis en el modelo económico español, con la paulatina terciarización de la economía y la progresiva importancia en el PIB estatal del sector servicios (Prados de la Escosura y Sanz, 1996). Este proceso tuvo especial influencia en las regiones y municipios turísticos como los del área de estudio, ya que ejerció, junto a la entrada de España en la Unión Europea en 1986, un efecto llamada de la población atraída por el impulso de esas actividades (Harrison, 2006), principalmente el turismo, lo que a la postre supuso un aumento en la construcción de edificaciones para satisfacer la llegada de trabajadores y visitantes. Entre 1975 y 1980, se construyeron un total de 35.618 nuevos inmuebles en el área de estudio, de los cuales 6.361 (17,8%) fueron levantados en zona inundable (Figura 3), lo que supone una tasa media de ocupación del espacio inundable (la velocidad a la que se va saturando la superficie inundable) del 0,61% anual en todas las zonas expuestas, y un máximo de 1,9% para el PR10 (ver figura 4 a y b), en lo que fue el momento de ocupación del espacio inundable de mayor intensidad de toda la serie analizada.

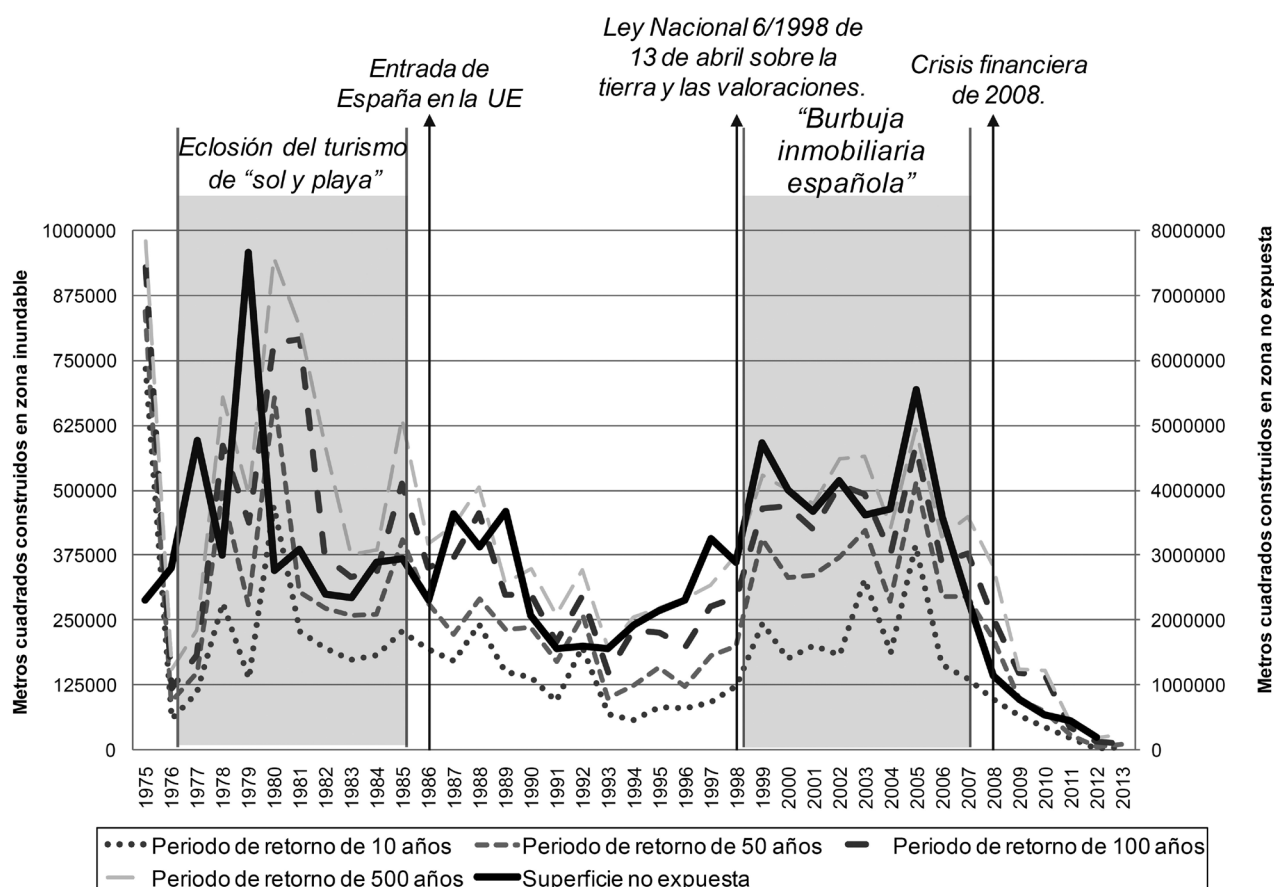


Figura 6. Evolución de la superficie urbanizada en la zona inundable de los diferentes periodos de retorno.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de 1980, tal y como se advierte en la figura 5 a y b, la tasa de urbanización fue decayendo hasta el 0,1% del 1993, para el promedio de todos los periodos de retorno; este año marca el inicio de otra gran crisis económica (Prados de la Escosura y Sanz, 1996) y pone fin al primer periodo que, no obstante, había empezado a mostrar signos de agotamiento

a mediados de los años ochenta del siglo XX. Además de factores económicos, este cambio pudo deberse a la aplicación de las primeras medidas efectivas de mitigación del riesgo por los municipios litorales españoles. Estas actuaciones estructurales se desarrollan como respuesta a la demanda social de soluciones al problema de reiterados episodios de inundación ocurridos en los años ochenta del pasado siglo en el litoral mediterráneo (Serra-Llobet et al., 2013). A ello obedecieron el Plan de Defensa contra avenidas de la cuenca del Segura y las obras de canalización de cauces menores –barrancos y ramblas- llevadas a cabo en diversos municipios del litoral murciano y alicantino.

No obstante, el balance general de este primer periodo se traduce en un aumento de la superficie urbanizada en zona inundable de 9.087.743 m², lo que sumado a lo que ya estaba construido, elevó la cifra a los 15.024.205 m². Por su parte, el número de edificios construidos fue el más elevado para el periodo analizado. Se levantaron un total de 90.922 inmuebles, de los cuales, 14.692 fueron en las áreas de influencia de los distintos periodos de retorno. En aquel momento, la disponibilidad de mucho terreno aprovechable para la construcción, motivó un modelo de crecimiento urbano atomizado y polinuclear, más extensivo en horizontal que en vertical, al contrario de lo sucedido durante el segundo "boom urbanístico" identificado (Figura 5 a y b).

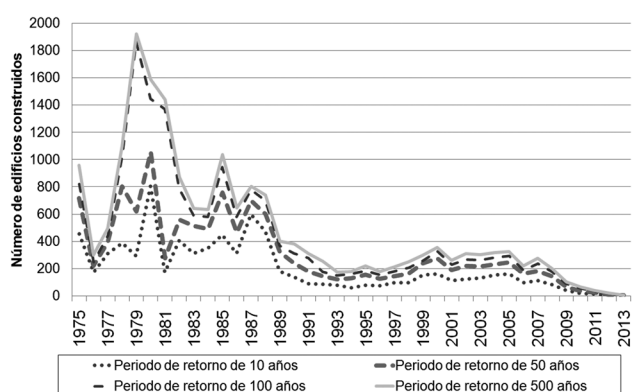


Figura 7 a. Evolución del número de edificios construidos en zona inundable de los diferentes periodos de retorno.
Fuente: Elaboración propia.

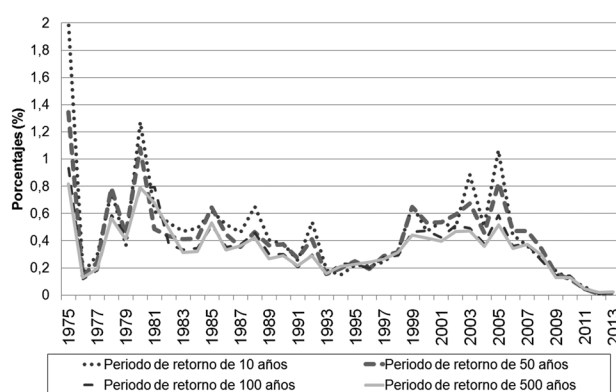


Figura 7 b. Evolución del porcentaje de superficie urbanizada en zona inundable para los diferentes periodos de retorno.
Fuente: Elaboración propia.

La superación de la crisis económica que afectó a España en 1993 y que redujo la actividad inmobiliaria de manera drástica, supuso el inicio del segundo periodo de crecimiento del parque de viviendas, que ha sido el que ha terminado por saturar el espacio inundable en varios municipios estudiados. Entre los años 1994 y 1997 se inicia este nuevo aumento, pero es sobre todo a partir de 1998 cuando se desató un nuevo proceso desaforado de construcción que, lejos de respetar el límite de los cauces naturales, volvió a contribuir al aumento y acumulación tanto de edificios, como de superficie ocupada en zonas inundables por distintos periodos de retorno. Tan solo entre 1998 y 2006, se levantaron 2.644 nuevas edificaciones, con una tasa anual de edificación en zona inundable en valores más similares a los anterior "boom" de la vivienda y que situaron a España a la cabeza de Europa por este concepto (Burriel, 2008).

Entre las causas que ayudan a entender la magnitud del fenómeno destaca la propia liberalización del proceso urbanizador experimentado con la aprobación estatal de la Ley del Suelo y la llegada masiva de nuevos residentes centroeuropeos señalado en el apartado anterior. Esta situación ha motivado que en algunos municipios del área estudio (ej. Torrevieja) la promoción de suelo para su urbanización ha agotado, prácticamente, este recurso en apenas 15 años. A modo de balance general del conjunto, este periodo supuso un incremento de 6.813.211 m² construidos en zona inundable, que añadidos a lo que ya había acumulado dan como resultado una cifra global de 21.837.416 m². Esto ha provocado una saturación del espacio inundable que motivaron diferencias urbanísticas, puesto que durante el "boom urbanístico" reciente, el número de edificaciones construidas en zona inundable fue mucho menor (4.148 entre 1994 y 2013, frente a los 14.692 del periodo comprendido entre 1975 y 1993), lo que indica una mutación del modelo urbanístico hacia el poblamiento en forma de grandes dominios asociados a una única edificación (Tabla 2).

Tabla 6. Tabla resumen con la superficie total y el número de edificaciones construidas en zonas expuestas a los diferentes periodos de retorno.

Años	Superficie (Hectáreas)	Nº propiedades	Periodo retorno 10 años		Periodo retorno 50 años		Periodo retorno 100 años		Periodo retorno 500 años	
			Superficie (Hectáreas)	Nº Propiedades	Superficie (Hectáreas)	Nº Propiedades	Superficie (Hectáreas)	Nº Propiedades	Superficie (Hectáreas)	Nº Propiedades
<1975	390.863	69.943	27.926	2.942	40.350	4.697	50.555	6.187	59.365	7.617
1975-1993	699.145	90.922	40.511	6.079	58.226	9.169	78.220	13.466	90.877	14.692
1994-2013	592.785	35.946	26.676	1.772	44.676	2.966	59.008	3.611	68.132	4.148
Total	1.682.792	196.811	95.113	10.793	143.252	16.832	187.784	23.264	218.374	26.457

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Catastro de urbana.

El resultado de este proceso de expansión del caserío durante los 39 años de la serie analizada se ha traducido en la sucesiva integración en el callejero urbano de cursos fluviales, y por ende, el incremento progresivo de la exposición al peligro de inundación (figura 8).

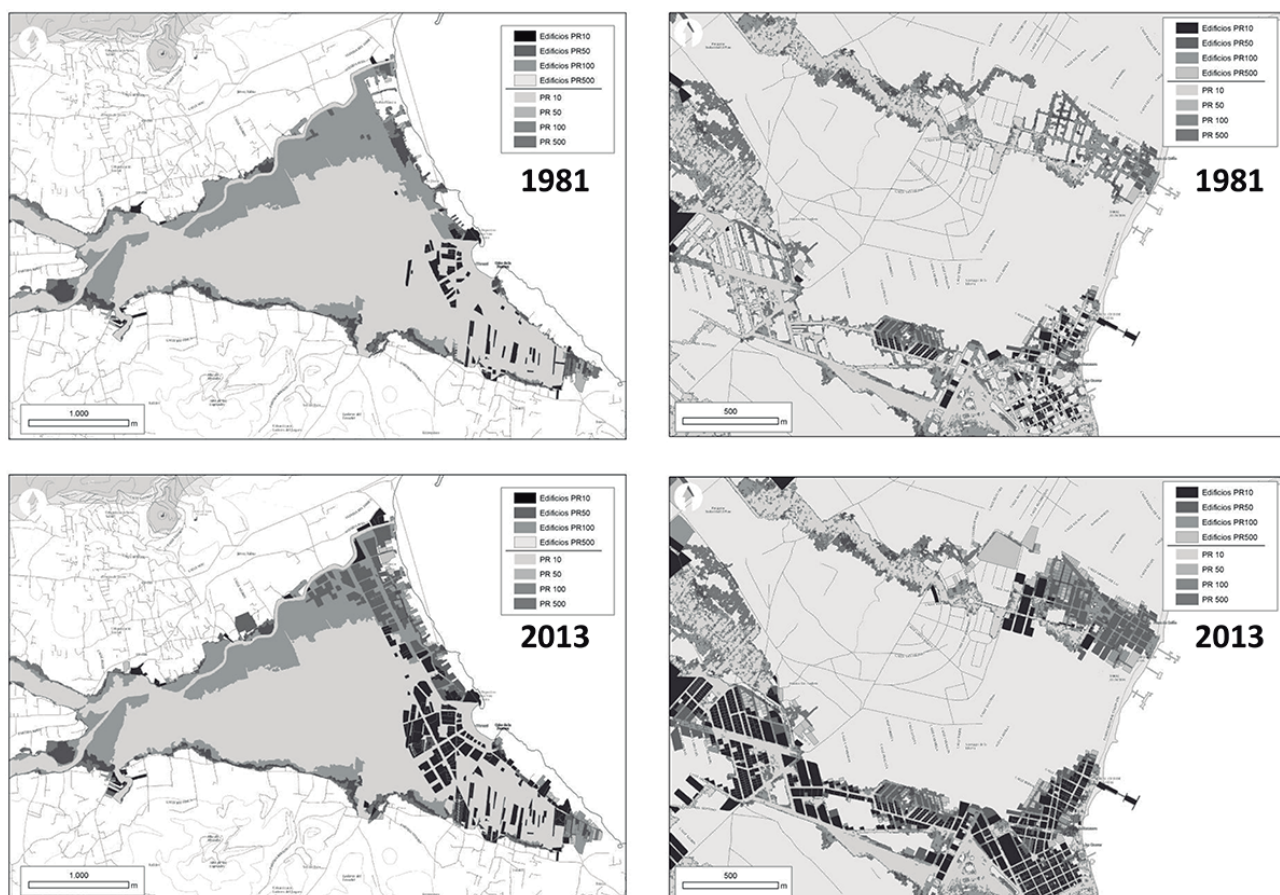


Figura 8. Aumento de la exposición en dos poblaciones seleccionada del área de estudio entre 1981 y 2013. Izquierda, Jávea (Alicante) y derecha, San Javier (Murcia).

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior puede advertirse en la distribución de lo construido en los distintos periodos de retorno con respecto al total. La figura 9 señala que hasta estos últimos años la ocupación de lo inundable se ha hecho principalmente sobre la zona de los 10 años. Se trata de un dato alarmante, que resulta de un comportamiento corriente en un ámbito geográfico donde la red hidrográfica está compuesta en su mayoría por ramblas y barrancos que de forma natural permanecen secos durante largos periodos de tiempo, y tan solo ven interrumpida esta condición en situaciones transitorias tras lluvias de fuerte intensidad horaria, contribuyendo esto a una baja percepción del peligro de inundación (Llasat et al, 2008). Desafortunadamente, estas características físicas han invitado desde siempre a ocupar las márgenes más próximas a los lechos de inundación, cuando no a instalar las edificaciones directamente en el fondo de esos cauces fluviales y desdibujar por completo el trazado original de los mismos (Pérez, 2008).

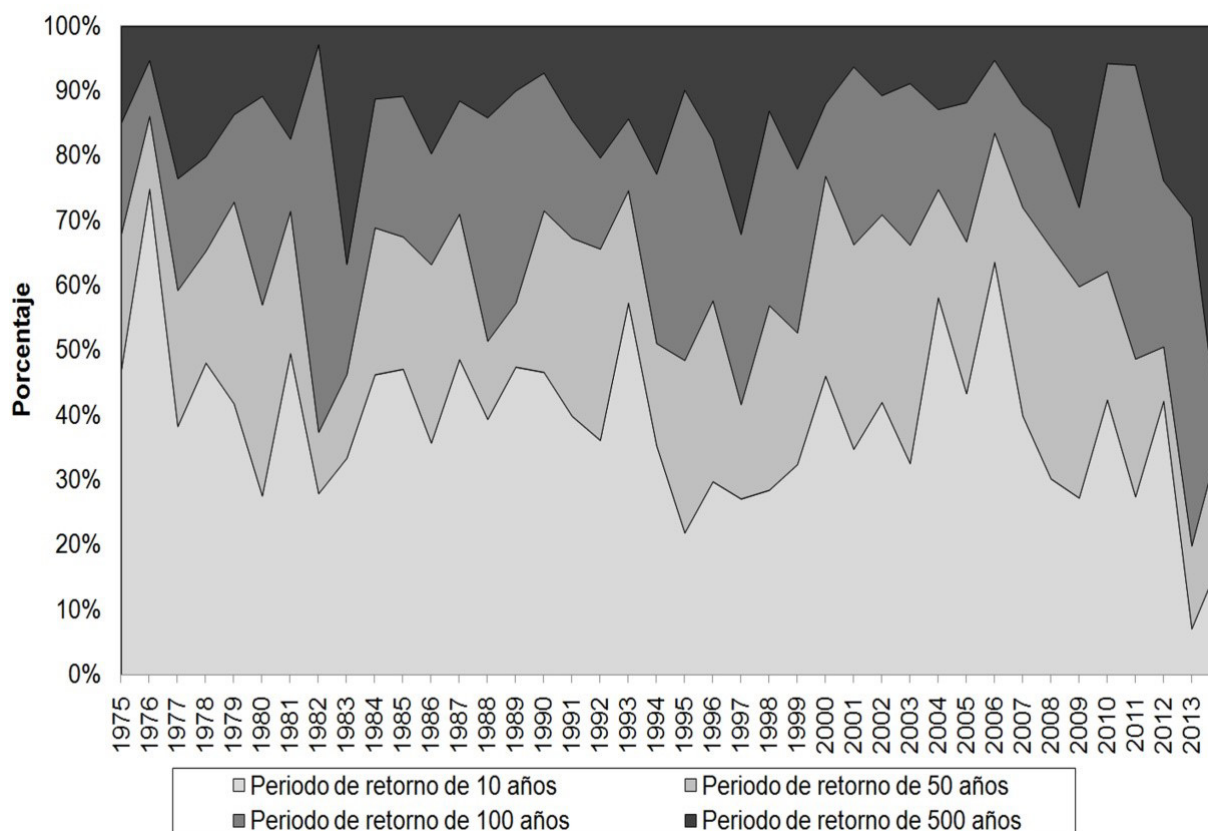


Figura 9. Evolución del porcentaje construido en cada periodo de retorno.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 10 muestra la tendencia seguida por la superficie construida en zona inundable con respecto al total construido. Se advierte una variabilidad que se ajusta a las coyunturas de crisis y crecimiento señalados. No obstante, la línea de tendencia de la superficie expuesta indica un descenso algo mayor que la de la superficie no expuesta. Esta hecho estaría en relación con la mencionada ocupación intensiva de los espacios de riesgo en las décadas anteriores (1970 a 1990) respecto a la última fase de fuerte crecimiento inmobiliario y al efecto que han podido tener las restricciones legales de ocupación de áreas de riesgo (leyes del suelo 1998, 2008 y planes regionales de ordenación del territorio). En cualquier caso, los datos no son del todo concluyentes y la diferencia no es estadísticamente significativa (U Mann-Withney, $p\text{-valor} > 0,05$).

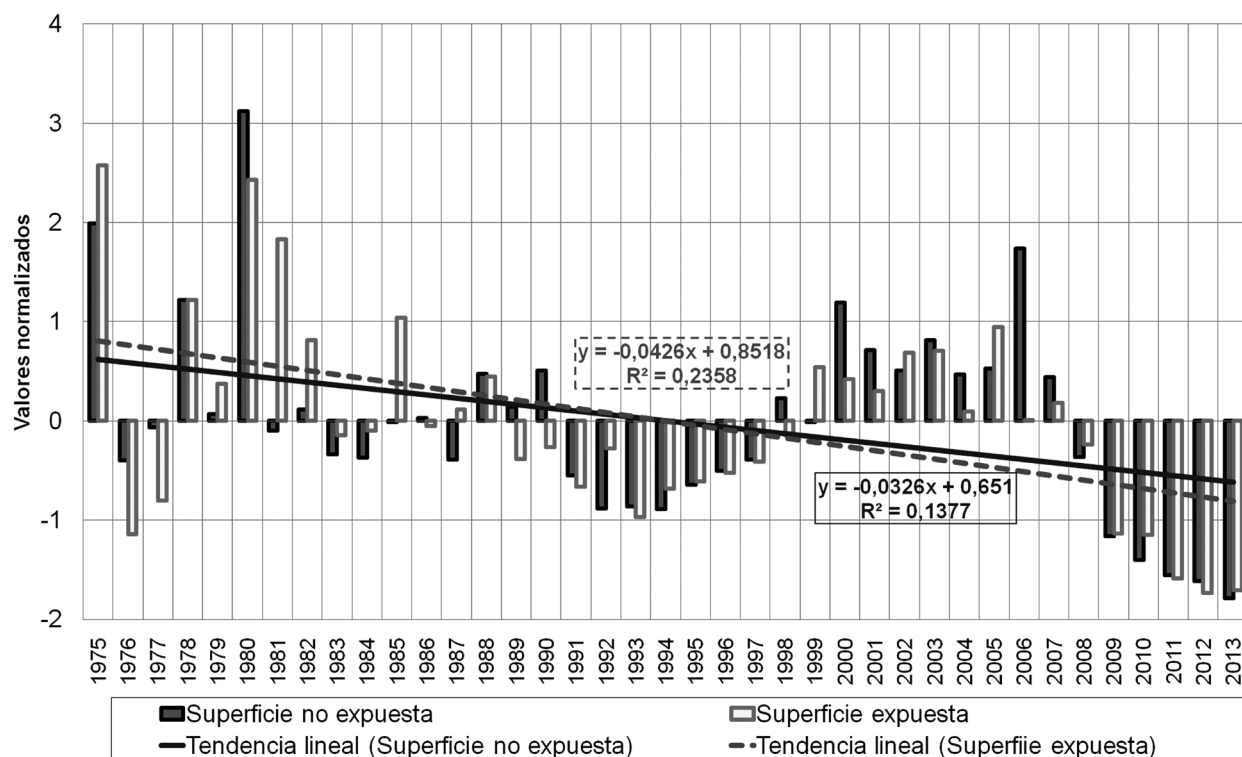


Figura 10: Evolución de la superficie urbanizada normalizada en zona expuesta y no expuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

El incremento de episodios de lluvia intensa, con una concentración horaria elevada, se presenta como uno de los indicadores de cambio climático en el ámbito mediterráneo. De ello han sido partícipes, en las dos últimas décadas, localidades del litoral mediterráneo español, que han padecido inundaciones importantes, con elevada pérdida económica, e incluso víctimas humanas, en jornadas con lluvias de alta concentración horaria que los sistemas de drenaje, natural y artificial, no han sido capaces de asumir, generándose anegamientos importantes.

En España comienzan a desarrollarse estrategias de adaptación al cambio climático y a los extremos atmosféricos asociados, que contemplan medidas estructurales (obras de drenaje sostenible, acciones relacionadas con la energía, con el abastecimiento de agua) y no estructurales (ordenación del territorio). Destacan, en este contexto, Barcelona, Málaga, Alicante, Reus, Calviá y diversos municipios del País Vasco donde se han aprobado ordenanzas municipales vinculadas con la reducción de los efectos del cambio climático. Pero queda mucho por hacer.

Los extremos atmosféricos del clima mediterráneo suponen un reto para el ciclo urbano del agua. Las ciudades mediterráneas deben estar preparadas para soportar meses de escasa precipitación y, en sentido contrario, para aguantar lluvias torrenciales que originan anegamientos e inundaciones. Se requiere una planificación hidráulica y territorial "de extremos" que garantice el agua en un espacio geográfico sometido a episodios de sequía y con demandas urbanas importantes. E igualmente, que evite la pérdida de vidas humanas y la génesis de pérdidas económicas elevadas a consecuencia de lluvias muy abundantes en corto espacio de tiempo.

La tabla adjunta resume los retos de la planificación urbana del agua en el litoral mediterráneo en relación con el previsible incremento de episodios de lluvias de intensidad, con mayor concentración horaria, que se estima en la modelización climática.

Tabla 7. **Estrategias de adaptación ante inundaciones por lluvias de intensidad horaria en el litoral mediterráneo español.**

Planificación de episodios de lluvia torrencial	• Construcción de colectores de agua pluvial de gran capacidad • Adecuación de sistemas tradicionales de alcantarillado a lluvias intensas • Construcción de depósitos pluviales • Construcción de espacios públicos (parques, explanadas) inundables • Sistemas de alerta a las poblaciones (Apps específicas en móviles)
---	--

Elaboración propia.

En lo que se refiere a las actuaciones de carácter no estructural o preventivo, las administraciones públicas parecen haber tomado las primeras medidas de consideración desde la aprobación de la Directiva 2007/60/CE de la Comisión Europea y transposición a la legislación española en 2010. En el último lustro, esas tareas han experimentado una mejora significativa en forma de mayor información disponible relativa a las zonas inundables y un organigrama de competencias mejor definido que se están concretando en los primeros planes de gestión del riesgo de inundación (PGRIs). El cometido de éstos, para nada sencillo, es lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad, y de esta forma reducir las consecuencias negativas de las inundaciones. Una de las acciones que se han llevado a cabo recientemente para facilitar la

aplicación de dichos planes es la de una guía sobre la reducción de vulnerabilidad de los edificios editada por el Consorcio de Compensación de Seguros (2017). El propósito principal de dicho documento es ayudar a comprender la causa y efecto de los problemas causados por una inundación en un edificio o instalación y orientar sobre el modo de disminuir los daños. De acuerdo a estas pretensiones su interés y utilidad en materia de gestión del riesgo es esencial para conseguir una minimización de las pérdidas en todo aquello expuesto que se ha puesto de manifiesto en el presente trabajo.

Bibliografía

- Adger, W. N., 2006. Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281. DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006)
- Aledo Tur, A.; Mazón Martínez, T.; Mantecón Terán, A. 2007. "La insostenibilidad del turismo residencial". En: *Antropología y turismo : claves culturales y disciplinares* / David Lagunas (coord.). México, D.F.: Plaza y Valdés, 2007. ISBN 978-970-722-626-5, pp. 185-208
- Barredo, J. I., 2007. Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Natural Hazards*, 42, 125-148. DOI: [10.1007/s11069-006-9065-2](https://doi.org/10.1007/s11069-006-9065-2)
- Birkmann, J., 2013. *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies* (No. 363.34 M484m). New York, US: United Nations University Press.
- Burby, R. J., 2006. Hurricane Katrina and the paradoxes of government disaster policy: Bringing about wise governmental decisions for hazardous areas. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 604(1), 171-191. DOI: [10.1177/0002716205284676](https://doi.org/10.1177/0002716205284676)
- Burriel, E., 2008. La década prodigiosa del urbanismo español (1997-2006). *Scripta Nova*, 12 (270), 64.
- Calvo García-Tornel, F., 1997. Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 10.
- Calvo García-Tornel, F., 2001. *Sociedades y Territorios en Riesgo*. Ediciones Serbal, Barcelona.
- Cardona O.D., van Aalst M.K, 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability, in: C.B. Field et al., (Eds.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 65-108.
- CEDEX (2012) *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y en las masas de agua. Informe Técnico para el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Centro de Estudios Hidrográficos. Informe Final. Madrid, 46 p.
- Consorcio de Compensación de Seguros (2017) *Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones*. Madrid, 103 p. Disponible en: http://www.consorseguros.es/web/documents/10184/48069/-guia_inundaciones_completa_22jun.pdf/480edc31-446b-40a5-af5b-2c37daf20a35
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., Shirley, W. L., 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 84(2), 242-261. DOI: [10.1111/1540-6237.8402002](https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002)

Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks.

EEA, 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report, Luxemburgo, 419 p. Disponible en <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016> [consulta 29 de julio de 2017]

EIRD, 2005. Marco de acción de Hyogo 2005-2015. Ginebra: Secretaría de la Estrategia Internacional de la ONU para la Reducción de los Desastres. [consulta 29 de julio de 2014]

Fuchs, S., Keiler, M., Zischg, A., 2015. A spatiotemporal multi-hazard exposure assessment based on property data. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(9), 2127-2142. DOI: [10.5194/nhess-15-2127-2015](https://doi.org/10.5194/nhess-15-2127-2015)

Fuchs, S., Röthlisberger, V., Thaler, T., Zischg, A., Keiler, M., 2017. Natural hazard management from a co-evolutionary perspective: exposure and policy response in the European Alps. *Annals of the American Association of Geographers*, 107(2), 382-392. DOI: [10.1080/24694452.2016.1235494](https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1235494)

Giddens, A., 2002. Modernidade e identidade. Zahar.

Gil-Guirado, S., Pérez-Morales, A., López-Martínez, F., Barriendos-Vallvé, M., 2016. Are we safe? A tool to improve the knowledge of the risk areas: high-resolution floods database (MEDIFLOOD) for Spanish Mediterranean coast (1960-2014). In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 18, p. 4218).

Gonzalez Herrero, S y Bech, J. (2017) "Extreme point rainfall temporal scaling: a long term (1805-2014) regional and seasonal analysis in Spain: extreme point rainfall temporal scaling in Spain", *International Journal of Climatology*. doi: [10.1002/joc.5144](https://doi.org/10.1002/joc.5144)

Harrison, J., 2006. Economic crisis and democratic consolidation in Spain, 1973-82. *Working Papers in Economic History*, 06-10, 1-33.

Iglesias, F., 2007. Urbanismo y democracia. Alternativas para evitar la corrupción. Fundación Alternativas.

IPPC, 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. Cambridge.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Jiménez, F. (2009) Building boom and political corruption in Spain. *South European Society and Politics*, 14 (3), 255-272.

Jongman, B., Koks, E. E., Husby, T. G., Ward, P. J., 2014. Increasing flood exposure in the Netherlands: implications for risk financing. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(5), 1245-1255. DOI: [10.5194/nhess-14-1245-2014](https://doi.org/10.5194/nhess-14-1245-2014)

Lane, S. N., Odoni, N., Landström, C., Whatmore, S. J., Ward, N., & Bradley, S., 2011. Doing flood risk science differently: an experiment in radical scientific method. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 36(1), 15-36.

Lebel, L., Manuta, J. B., Garden, P., 2011. Institutional traps and vulnerability to changes in climate and flood regimes in Thailand. *Regional Environmental Change*, 11(1), 45-58. DOI: [10.1007/s10113-010-0118-4](https://doi.org/10.1007/s10113-010-0118-4)

Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Prat, M. A., et al., 2010. High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database. *Advances in Geosciences*, 23, 47-55. DOI: [10.5194/adgeo-23-47-2010](https://doi.org/10.5194/adgeo-23-47-2010)

Llasat, M. C., López, L., Barnolas, M., y Llasat-Botija, M. (2008). Flash-floods in Catalonia: the social perception in a context of changing vulnerability, *Adv. Geosci.*, 17, 63-70, doi:10.5194/adgeo-17-63.

López-Martínez, F., Gil-Guirado, S., & Pérez-Morales, A., 2017. Who can you trust? Implications of institutional vulnerability in flood exposure along the Spanish Mediterranean coast. *Environmental Science & Policy*, 76, 29-39.

Marchi, L., Borga, M., Preciso, E., Gaume, E., 2010. Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. *Journal of Hydrology*, 394, 118-133. DOI: [10.1016/j.jhydrol.2010.07.017](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.017)

Marcos-García, P. y Pulido-Velázquez, M (2017) "Cambio climático y planificación hidrológica: ¿Es adecuado asumir un porcentaje único de reducción de aportaciones para toda la demarcación?", *Ingeniería del Agua*, 21,1, 35-52.

MHAP. (08 de 08 de 2014). Dirección General del Catastro. Recuperado el 08 de 05 de 2014, de Dirección General del Catastro: <http://www.sedecatastro.gob.es/>

Morris, A., y Dickinson, G., 1987. Tourist development in Spain: growth versus conservation on the Costa Brava. *Geography*, 16-25

Olcina Cantos, J., 2010a. El tratamiento de los riesgos naturales en la planificación territorial de escala regional. *Papeles de Geografía*, 51-52, 223-234.

Olcina Cantos, J., 2010b. Spatial planning processes, territorial planning law and flood risk in the region of Valencia (Spain). *Risks Challenging Publics, Scientists and Governments*, 191.

Parker, D., Tapsell, S. et al., 2009. Deliverable 2.1. Relations between different types of social and economic vulnerability. Final draft report submitted to EU project Enhancing resilience of communities and territories facing natural and na-tech hazards (ENSURE).

Pérez-Morales, A., 2008. Aumento del riesgo de inundación por ocupación indebida de las áreas de convergencia de aguas en el Sur de la Región de Murcia. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 12.

Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., Olcina, J., 2015a. Housing bubbles and increase of the exposure to floods. Failures in the floods management in the Spanish coast. *Journal of Flood Risk Management*. DOI: [10.1111/jfr3.12207](https://doi.org/10.1111/jfr3.12207)

Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., Martín, F., 2015b. Veinte años de protección de cauces en el litoral de la Región de Murcia (1194-2014). Evaluación de la eficiencia de las medidas de Ordenación del Territorio. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 35, 169-185.

Prados De la Escosura, L. y Sanz, J. C., 1996. Growth and macroeconomic performance in Spain, 1939-93., En: *Economic Growth in Europe since 1945*, Crafts, N. y Toniolo, G. (eds.), 355-387. Cambridge University Press, Cambridge.

Raschky, P. A., 2008. Institutions and the losses from natural disasters. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8(4), 627-634. DOI: [10.5194/nhess-8-627-2008](https://doi.org/10.5194/nhess-8-627-2008)

Renn, O., 2008. Risk governance: coping with uncertainty in a complex world. *Earthscan*.

Serra-Llobet, A., Tàbara, J.D. y Saurí, D., 2013. The Tous dam disaster of 1982 and the origins of integrated flood risk management in Spain. *Natural hazards*, 65 (3), 1981-1998.

Serrano Notivoli, R. (2017) Reconstrucción climática instrumental de la precipitación diaria en España: ensayo metodológico y aplicaciones. Tesis doctoral, inédita. Universidad de Zaragoza. Facultad de Filosofía y Letras. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Zaragoza, 234 pp + anexo cartográfico.

Smith K., Petley, D. N., 2009. Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster. Routledge.

Tate, E., 2013. Uncertainty analysis for a social vulnerability index. *Annals of the association of American geographers*, 103(3), 526-543.

Wilches-Chaux, G., 1993. La vulnerabilidad global, in: Maskrey, A. (Ed.), *Los desastres no son naturales*. LA RED, Colombia, pp. 9 - 50.

Wisner, B., 2000. From "Acts of God" to "Water Wars": The urgent analytical and policy role of political ecology in mitigating losses from flood: A view of South Africa from Central America, in: Parker, D. J., (Ed.), *Floods*. Routledge, London and New York, pp. 88-99.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., 2004. *At risk*. Natural hazards, people's vulnerability, and disasters. Routledge, London and New York.

WTO, 2016. *Tourism Highlights*. United Nation World Tourism Organization.