

Temporales marítimos, cambio climático y cartografía de detalle de ocupación de la franja costera: diagnóstico en el sur de la provincia de Alicante (España)

Antonio Oliva Cañizares
Jorge Olcina Cantos

Universidad de Alicante. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física
antoniogeografia1@gmail.com
jorge.olcina@ua.es



Recibido: febrero de 2021
Aceptado: mayo de 2021
Publicado: enero de 2022

Resumen

La Ley de Costas 2/2013 extiende las concesiones de las construcciones que ocupan el dominio público marítimo terrestre (DPMT) hasta un máximo de 75 años, lo que supone una falta de visión ante los efectos del cambio climático asociados al incremento del nivel del mar y la mayor recurrencia de los temporales marítimos. El presente trabajo realiza un diagnóstico sobre el problema de la ocupación de la franja costera en el litoral sur de la provincia de Alicante. Se analizan los efectos de la borrasca *Gloria* (enero de 2020), el grave problema de regresión de las playas y el riesgo de inundación en las viviendas que ocupan el DPMT. Los resultados muestran el grave riesgo de inundación que presentan las playas de Babilonia, La Mata, Las Villas y El Mojón. Se realizan propuestas en diferentes materias que permitirían la recuperación de las playas con el grave problema de la regresión y la adaptación al cambio climático.

Palabras clave: cambio climático; temporales marítimos; borrasca *Gloria*; cartografía de riesgo; dominio público marítimo terrestre (DPMT); Bajo Segura

Resum. *Temporals marítims, canvi climàtic i cartografia de detall d'ocupació de la franja costanera: diagnòstic al sud de la província d'Alacant*

La Llei de Costes 2/2013 estén les concessions de les construccions que ocupen el *domini públic marítim terrestre* DPMT fins a un màxim de 75 anys, la qual cosa suposa una falta de visió davant l'efecte del canvi climàtic associat a l'increment del nivell del mar i la major recurrencia dels temporals marítims. Aquest treball fa un diagnòstic sobre el problema de l'ocupació de la franja costanera al litoral sud de la província d'Alacant. S'analitzen els efectes de la borrasca *Gloria* (gener de 2020), el greu problema de regressió de les platges i el risc d'inundació en els habitatges que ocupen el DPMT. Els resultats mostren el greu risc d'inundació que presenten les platges de Babilònia, la Mata, les Viles i el Molló. Es realitzen propostes en diferents matèries que permetrien la recuperació de les platges amb el greu problema de la regressió i l'adaptació al canvi climàtic.

Paraules clau: canvi climàtic; temporals marítims; borrasca *Gloria*; cartografia de risc; domini públic marítim terrestre (DPMT); Baix Segura

Résumé. *Tempêtes maritimes, changement climatique et cartographie détaillée de l'occupation de la bande côtière: diagnostic dans le sud de la province d'Alicante (Espagne).*

La loi côtière 2/2013 étend les concessions des constructions qui occupent le DPMT jusqu'à un maximum de 75 ans, ce qui implique un manque de vision des effets du changement climatique liés à l'augmentation du niveau de la mer et à la récurrence accrue des tempêtes maritimes. Le présent ouvrage établit un diagnostic sur le problème de l'occupation de la bande côtière de la côte sud de la province d'Alicante. Les effets de la tempête Gloria (janvier 2020), le grave problème de régression de ses plages et le risque d'inondation des maisons qui occupent le DPMT sont analysés. Les résultats montrent que les plages de Babilonia, La Mata, Las Villas et El Mojón sont gravement menacées d'inondation. Des propositions sont faites dans différents domaines qui permettraient la récupération des plages présentant de graves problèmes de régression et d'adaptation au changement climatique.

Mots-clés : changement climatique ; tempêtes maritimes ; tempête Gloria ; cartographie des risques ; Domaine Public Maritime et Terrestre (DPMT) ; Bajo Segura

Abstract. *Maritime storms, climate change and detailed mapping of the occupation of the coastal strip: Diagnosis in the south of the province of Alicante*

Coastal Law 2/2013 extends the concessions of the constructions that occupy the Maritime Terrestrial Public Domain (MTPD) to a maximum of 75 years, which implies a lack of vision concerning the effects of climate change associated with the increase in sea levels and the greater recurrence of sea storms. This paper diagnoses the problem of the occupation of the coastal strip on the south coast of the province of Alicante. It analyses the effects of the Gloria squall (January 2020), the serious problem of beach regression and the risk of flooding in the dwellings occupying the MTPD. The results show that the beaches of Babilonia, La Mata, Las Villas and El Mojón are at serious risk of flooding. Proposals are made in different areas that would allow the recovery of beaches with a serious problem of regression and adaptation to climate change.

Keywords: climate change; maritime storms; Gloria squall; risk mapping; Maritime Terrestrial Public Domain (MTPD); Bajo Segura

Sumario

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Introducción | 4. Discusión |
| 2. Materiales y métodos | 5. Conclusiones |
| 3. Resultados | Referencias bibliográficas |

1. Introducción

El cambio climático es la mayor amenaza para la población mundial del siglo XXI, causada por la propia actividad humana, cuyos efectos se aceleran y se agravan desde los años ochenta del siglo pasado hasta la actualidad. Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013-2014; 2018;

2019), la cuenca del Mediterráneo es uno de los espacios más vulnerables a los efectos del cambio climático, donde sus consecuencias serán más notorias que en otras zonas del planeta. Esto está relacionado directamente con el incremento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos naturales de rango extraordinario (AEMET, 2020).

Uno de los temas que más preocupan en Europa está relacionado con el incremento del nivel de mar y los temporales marítimos. En este sentido, el informe especial del IPCC (2019) titulado *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* señala que el nivel medio del mar mundial está subiendo de forma acelerada, y que en el periodo comprendido entre los años 1901 y 1990 ha aumentado 1,4 mm/año; mientras que para el periodo 1970-2015 ha ascendido 2,1 mm/año, y de 1993 a 2015 la cifra se eleva hasta 3,6 mm/año. Por su parte, los niveles del mar extremos en Europa podrían incrementarse hasta 1 metro o más para finales de este siglo (Join Research Centre, 2018 y 2020).

De manera global, se asume que la tendencia actual de la variación del nivel medio del mar en el litoral español es de 2,5 mm/año, por lo que extrapolado al año 2050 se tendría un ascenso del nivel medio de +0,125 m (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2004 y 2014) (MITERD, en adelante). En estos estudios se señala que no se aprecian cambios relevantes en la magnitud de la energía del oleaje y que las direcciones de excedencia de altura de olas estimadas tienden a aumentar ligeramente a lo largo de la costa, lo que implica una disminución de la operatividad de los puertos. Además, el incremento del nivel medio del mar provoca la variación de la cota de inundación, que afectaría a los primeros 200 m tierra adentro (MITERD, 2004 y 2014).

En el año 2020, el gobierno de España aprueba el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) (2021-2030), donde se señala que se evidencia un notable aumento del nivel del mar desde el año 1993 en toda la costa española, mientras que en el Mediterráneo existe una mayor incertidumbre sobre el incremento del nivel medio del mar por efectos regionales (MITERD, 2020), aunque este es evidente.

Asimismo, los factores antrópicos han desempeñado un papel muy importante en el aumento de la exposición y la vulnerabilidad de las comunidades costeras de baja altitud a los fenómenos de incremento del nivel del mar y nivel del mar extremo (temporales) (IPCC, 2019). Esto se debe a la intensa ocupación del litoral experimentada en los últimos cincuenta años, en los que se han invadido espacios que pertenecen al mar, por lo que las localidades costeras más pobladas y expuestas a la acción del oleaje son especialmente sensibles a los efectos producidos por el cambio climático (Santiago et al., 2020).

Los sistemas marinos y costeros son espacios muy vulnerables a los impactos desencadenados por el cambio climático. Los peligros derivados de este cambio en la costa incluyen el aumento de la frecuencia e intensidad de temporales costeros, la inundación permanente por la subida del nivel del mar, el incremento de la erosión y la pérdida de ecosistemas vitales como consecuencia del calentamiento del agua del mar (MITERD, 2020), lo que genera un

efecto negativo en términos socioeconómicos y ambientales (Santiago et al., 2020). Sin embargo, hay que comprender que las olas de los mares y océanos son las principales impulsoras de la dinámica y la estabilidad de las costas, y sus contribuyentes clave a los extremos del nivel del mar costero en múltiples escalas de tiempo (Morim et al., 2020).

El problema se halla en la actuación antrópica en estos puntos, donde, a partir de los años cincuenta de la pasada centuria y con el crecimiento económico (turismo y construcción), se han ido ocupando los espacios litorales, sobre todo en primerísima línea de costa o al borde del mar (costa arenosa o acantilada), lo que ha ocasionado un impacto ambiental importante. Esta ocupación desde los años cincuenta hasta antes de la crisis económica (2007) fue masiva y comportó efectos directos en la erosión de las zonas costeras. Sus principales construcciones son las que se ven afectadas por los temporales marítimos, con notables daños económicos y la pérdida de vidas humanas, el factor más importante a tener en cuenta.

Sin embargo, muchas de estas viviendas ya se veían perjudicadas en episodios extremos en la centuria pasada, pero los estropicios eran reparables y el coste económico era bajo. En la actualidad, en cambio, los temporales más mínimos o menos importantes ya afectan a estas construcciones, lo que genera notables daños económicos a causa de la regresión grave que sufren las playas por las actuaciones antrópicas. Estas intervenciones son la regulación de cuencas fluviales; la construcción de espigones, escolleras, malecones y puertos, y la ocupación con construcciones antrópicas del dominio público marítimo terrestre. Así lo confirman Puig y otros autores (2017) al señalar que la urbanización descontrolada de las zonas adyacentes a la costa, la construcción de obras de defensa (espigones y escolleras) o la destrucción de los sistemas dunares harán todavía más vulnerables los sistemas costeros, ya que debilitarán las defensas naturales de protección de las playas al interferir en los ciclos naturales de erosión y acreción.

El mantenimiento físico de la playa, con una morfología que sea percibida positivamente por los usuarios, constituye un importante foco de atención de los gestores (Valdemoro y Jiménez, 2006), lo cual, en ocasiones, se traduce en actuaciones sin la planificación adecuada. Estas intervenciones suponen habitualmente una solución puntual y cortoplacista, que puede agravar la situación en segmentos costeros distantes (Ojeda et al., 2009).

Las playas son un recurso de atracción turística y, en función en la época del año en que se produzca un temporal costero, sufren una mayor o menor pérdida económica, sobre todo para las administraciones locales, que exigen de manera inmediata la restauración de la arena de sus playas. De ahí que el problema se solventa con medidas puntuales y cortoplacistas que de ningún modo contemplan cuestiones relacionadas con la ordenación del territorio y del litoral. Además, cuando llegue el próximo temporal, la afectación volverá a ser la misma.

Es por este motivo que resulta necesaria la adopción de medidas que permitan generar un espacio resiliente y adaptado al cambio climático. En esta línea, existe una disparidad de opiniones y estudios que o bien apuestan por

medidas duras (grises) o blandas (verdes). Los primeros se agrupan con los que pretenden crear infraestructuras ingenieriles que permitan sobreelevar viviendas o levantar muros para que las olas de los temporales no impacten en ellas como forma de proteger las construcciones antrópicas. Los segundos quieren dar espacio al mar y rescatar la función natural de estos espacios buscando recuperar las playas y los sistemas dunares que se encuentran en estado de regresión.

Los ecosistemas costeros (sistemas dunares, playas, acantilados y marismas, entre otros) ofrecen importantes servicios para el bienestar de la sociedad y ayudan a disminuir la vulnerabilidad del territorio frente al cambio climático, ya que mejoran la resiliencia del mismo (Peña et al., 2020; Hernández-Salinas et al., 2020; MITERD, 2020). A estas medidas, se les unen dos más de vital importancia: las sociales (educación, información, sensibilización y comportamiento) y las institucionales (leyes y reglamentos, políticas y programas gubernamentales y figuras de protección).

El litoral valenciano (Comunidad Valenciana) presenta un alto grado de riesgo por las actuaciones antrópicas en el sistema costero, lo que representa un problema muy grave. El incremento del nivel del mar en el litoral valenciano supone un impacto potencial por el aumento de la erosión costera, los procesos de intrusión salina en estuarios y acuíferos y la elevación de los riesgos de inundación, entre otros (Puig et al., 2017; Ojeda et al., 2009).

Es importante destacar la labor realizada por la administración valenciana, que, en un último intento de proteger los espacios que todavía se mantienen libres de cualquier clasificación, aprobó el Plan de Acción Territorial, de carácter sectorial de la Infraestructura Verde del Litoral (PATIVEL), en el año 2018. En este proyecto, el paisaje y la infraestructura verde forman los principios rectores para la planificación en la Comunidad Valenciana, pues constituye una actuación de carácter supramunicipal (Vera-Rebollo et al., 2019). En resumidas cuentas, se trata de un plan de ordenación territorial, competencia de la administración autonómica, que protege los espacios sin ocupar, además de delimitar tres franjas o ámbitos en los cuales se regulan los usos permitidos o prohibidos en estos espacios (tabla 1).

Este plan delimita y ordena un total de 52 áreas, lo que supone la protección de 1.426 ha de suelo en la franja litoral valenciana (Vera-Rebollo et al., 2019). Sin duda alguna, se trata de un plan novedoso y necesario para la protección del espacio litoral que corresponde a la parte continental, ya que evita nuevos desarrollos en primera línea de costa que podrían verse afectados por los temporales y los efectos del cambio climático¹.

1. Con fecha 11 de febrero de 2021, el Tribunal Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana ha declarado nulo el Plan de Acción Territorial de Infraestructura Verde del PATIVEL, atendiendo, en sentencia promulgada por dicha instancia judicial, al recurso planteado por una empresa de promoción urbanística. Los argumentos incluidos en la sentencia no afectan a los aspectos básicos del plan (criterios, método), pero indican fallos en la tramitación por carencia de informes necesarios (igualdad de género, estudio de alternativas, lucro cesante en zonas afectadas por la protección). La Consejería de Territorio del Gobierno Valenciano ha interpuesto recurso de casación.

Tabla 1. Regulación de los usos en la primera línea de costa según el PATIVEL (2018*)

Franja costera-DPMT	Ordenación en el espacio litoral
Sin competencias	<p>El plan regula únicamente el terreno en situación básica de suelo rural dividido en tres franjas, que cuentan con una mayor permisividad de usos a medida que se alejan de la ribera del mar. Estas franjas son, con carácter general, las delimitadas por los 500, 1.000 y 2.000 metros.</p> <p>Las tipologías de suelo reguladas en las áreas afectadas por el plan son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">– Suelos ya regulados por instrumentos de ordenación y gestión ambientales (áreas naturales catalogadas), que se regirán por los mismos y deberán mantener su estado rural en aquellos supuestos en que exista coincidencia con los regulados por el plan.– Suelos no urbanizables de protección del litoral. Se sitúan con carácter general en los primeros 500 metros desde el límite interior de la ribera del mar medidos en proyección horizontal tierra adentro. No se permiten con carácter general nuevas edificaciones, pero sí la rehabilitación y adecuación de las existentes para usos residenciales y terciarios relacionados con la proximidad del mar y la actividad turística. También son compatibles los usos agrarios.– Suelos no urbanizables de refuerzo del litoral. Situados entre los 500 y 1.000 metros, en estos suelos, junto con los usos y actividades permitidas en los anteriores, también se podrán autorizar campamentos de turismo, usos deportivos abiertos que no conlleven la construcción de viviendas, estaciones de suministro de carburantes vinculadas a vías de comunicación y establecimientos hoteleros y asistenciales con baja ocupación de parcela y ambiente rural.

*Vid. nota 1.

Fuente: elaboración propia.

No obstante, queda todavía por ordenar el sector costero *sensu stricto*, competencia del Estado español, con la revisión de su normativa de costas, para actualizarla según la coyuntura actual del cambio climático y los problemas existentes en el litoral español. Por su parte, el PNAAC sí que contempla cuestiones relacionadas con la recuperación de estos espacios litorales como una de las líneas a seguir para la adaptación al cambio climático en el territorio español.

1.1. Normativa de costas en el litoral español

En lo que concierne a los reglamentos sobre costas en España, conviene destacar que existen numerosas normativas sobre costas, que van desde la Ley de Aguas de 1886 hasta la Ley de Costas 2/2013 y su RD 876/2014. Es por ello que se procede a centrar especial atención a las dos últimas leyes de costas aprobadas en España.

En este sentido, conviene destacar la aprobación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, que establecerá la protección y regulación de usos en el dominio público marítimo terrestre (DPMT) y sus zonas de influencia, además de fijar

Tabla 2. Regulación de usos en la primera línea de costa según la Ley de Costas de 2013

Franja costera-DPMT	Ordenación en el espacio costero
Delimitación a partir de los oleajes de los máximos temporales registrados Se deben tener en cuenta los efectos del cambio climático Ampliación de concesiones administrativas de ocupación del DPMT (75 años)	Regulación de usos en las «zonas de servidumbre»: <ul style="list-style-type: none">– Servidumbre de tránsito. Es una franja de terreno de 6 m, medidos tierra adentro a partir del límite interior de la ribera del mar. Es ampliable a 20 m en lugares de tránsito difícil y peligroso. Esta zona debe quedar permanentemente libre al acceso y tránsito peatonal y vehículos de vigilancia o salvamento.– Servidumbre de protección. Tiene una anchura de 100 m ampliable a 200 m, que se extiende a lo largo de toda la costa y se mide tierra adentro a partir del límite interior de la ribera del mar. También podrá reducirse a 20 metros en los márgenes de los ríos hasta donde sean sensibles las mareas, siempre conforme a lo que reglamentariamente se disponga.– Servidumbre de acceso al mar. Recae sobre los terrenos colindantes o contiguos al dominio público marítimo terrestre, en la longitud y anchura necesarias para asegurar el acceso y uso público de aquel. En las zonas urbanas y urbanizables, los accesos de tráfico rodado deberán estar separados entre sí como máximo 500 m, y los peatonales 200 m. Todos los accesos deberán estar señalizados y abiertos al uso público.– Zona de influencia. Se determinará en los instrumentos correspondientes y abarca como mínimo 500 m a partir del límite interior de la ribera del mar. Se establecen unas exigencias para la protección del dominio público. En tramos con playas y accesos de tráfico rodado, se preverán reservas de suelo para aparcamientos, para garantizar el estacionamiento fuera de la zona de servidumbre de tránsito. De igual modo, en esta zona las construcciones tendrán que adaptarse a lo establecido en la legislación urbanística. Se evitará la formación de pantallas arquitectónicas o acumulación de volúmenes.

Fuente: elaboración propia.

unos plazos temporales para las concesiones de ocupación, otorgadas por parte del Estado, de las instalaciones ubicadas dentro de dicho dominio. De hecho, se faculta a las administraciones a autorizar concesiones de 30 años, suficientes para la amortización de cualquier instalación, y que, en ningún caso, pueden exceder los 75 años (tabla 2).

Aquí es donde reside el problema del litoral español, puesto que existen viviendas ubicadas en el DPMT, con anterioridad a la aprobación de esta ley, en zonas de elevada peligrosidad ante temporales marítimos. Desde la aprobación de esta ley de costas de 2013, las viviendas situadas en DPMT pueden solicitar una concesión de 30 años, prorrogables hasta 75 años sin excederlos en ningún caso, siempre y cuando la erosión y el efecto del cambio climático lo permitan. Su artículo 13 bis recoge que las concesiones pueden ser eliminadas por medio de «declaración de situación de regresión grave» y «riesgo de inundación en los próximos 5 años» bajo criterios científico-técnicos.

Sin embargo, cabe recordar que, en el periodo transcurrido entre la aprobación de esta ley y su reglamento de desarrollo —el RD 1471/1989, de 1 de

diciembre, por el que se aprueba el reglamento general para su desarrollo y ejecución de la anterior ley—, algunos municipios se apresuraron en aprobar planes y reclasificar suelo no urbanizable en urbanizable, y las zonas urbanizables en espacios urbanizados (Vera-Rebollo et al., 2019), con la finalidad de que dicha ley sin carácter retrospectivo tendría que aceptar las zonas aprobadas con anterioridad a esta (Olcina y Oliva, 2020a).

Esta ley fue modificada en el año 2013, tras la aprobación de la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y usos sostenibles del litoral. Dicha ley se asemeja a la anterior, salvo en el aspecto relacionado con las concesiones administrativas del DPMT, cuya duración es ampliada a 75 años. Esta modificación supone un retroceso importante en materia de ordenación del territorio y litoral, basada en el desarrollo sostenible y el respeto ambiental. Además, a pesar de mencionar en su texto la importancia de adaptarse al cambio climático, lo cierto es que dicha prorrogación de concesiones significa lo contrario y, por consiguiente, no tiene en cuenta escenarios futuros de la dinámica litoral relacionados con los efectos del calentamiento climático actual. Conviene destacar la relevancia que se concede a los temporales marítimos, puesto que son estos los que delimitan dónde comienza el DPMT (Olcina y Oliva, 2020a).

Esta investigación persigue los siguientes objetivos:

- Análisis de la evolución histórica de la regresión de las playas, a partir de la consulta de imágenes aéreas y mediciones en la comarca del Bajo Segura.
- Comparación, en las zonas con alto grado de exposición, frente a temporales marítimos, de los efectos ocurridos tras la borrasca *Gloria* y el espacio ocupado por las concesiones administrativas de la ley de costas vigente (2013).
- Elaboración de una cartografía de riesgo en el litoral sur de la provincia de Alicante que pueda utilizarse en los procesos de planificación territorial.

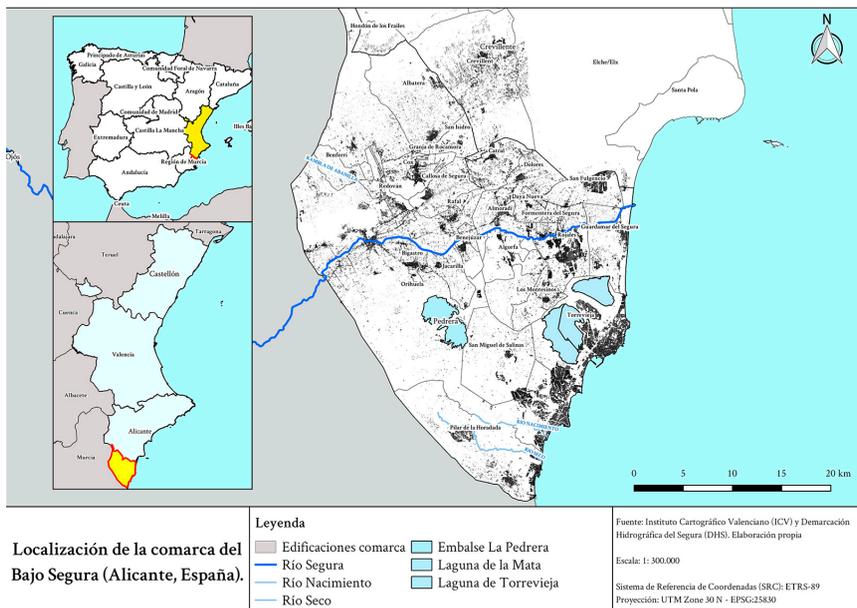
La selección del episodio de temporal de la denominada borrasca *Gloria* se justifica porque los efectos causados por este evento se sitúan entre los más dañinos ocurridos en el litoral mediterráneo español desde 1950 hasta la actualidad. Además, este episodio causó varias víctimas mortales (13 fallecidos) (Ribas y Saurí, 2020). Se trata de una situación que, según el informe de Copernicus (Amores et al., 2020), evidenciaría ya, junto con la DANA de septiembre de 2019, los efectos del cambio climático en la cuenca occidental del Mediterráneo.

2. Materiales y métodos

2.1. Zona de estudio

El área de estudio escogida se refiere a la Zona VI definida por el MITERD (2004), que abarca desde el cabo de San Antonio hasta el cabo de Gata (Espa-

Figura 1. Localización de la comarca del Bajo Segura (Alicante, España)



Nota: como se observa en la imagen, el litoral costero de dicha comarca se encuentra prácticamente ocupado por construcciones residenciales.

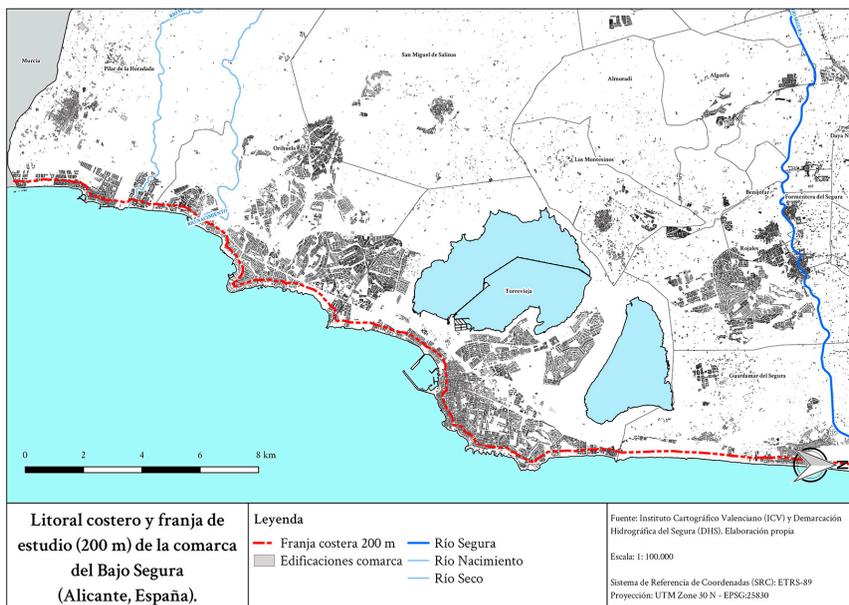
Fuente: elaboración propia.

ña). Dada la extensión que supone todo este tramo de costa, se ha escogido la parte que concierne al litoral del Bajo Segura (figura 1), desde la desembocadura del río Segura, en Guardamar del Segura, hasta Pilar de la Horadada, el recorrido costero más meridional de la provincia de Alicante.

Esto supone el estudio del litoral de los municipios de Guardamar del Segura, Torrevieja, Orihuela Costa y Pilar de la Horadada (figura 2), que suman una longitud de costa de unos 37 km, aproximadamente. Se escoge este tramo porque en el trabajo del MITERD (2004) se señala que para el horizonte de 2050 la costa habrá retrocedido 4,85 m, y se quiere comprobar si se ha dado este dato o si la regresión del litoral ha sido menor o mayor.

Se trata de una comarca que, a partir de la mitad del siglo pasado, comienza a experimentar una masiva ocupación del suelo (tabla 3), en cuanto al número de población y viviendas en las zonas litorales, motivada por los procesos de construcción y el turismo de masas (sol y playa). Guaita et al. (2008) analizaron el proceso de «artificialización» de litoral español entre 1987 y 2000 y señalaron un cambio en los usos del suelo del litoral del 29,5% en dicho período —las mayores transformaciones de toda España correspondían a la costa de la Comunidad Valenciana y Murcia (el 50% y el 60%, respectivamente).

Figura 2. Litoral costero y franja de estudio (200 m) de la comarca del Bajo Segura (Alicante, España)



Nota: para un mayor detalle, se ha escogido la cartografía base de edificaciones de los cuatro municipios de análisis (Guardamar del Segura, Torreveja, Orihuela Costa y Pilar de la Horadada), donde se observa la intensa ocupación de los espacios litorales y la primera línea de costa. Asimismo, se puede ver la presencia de viviendas en el DPMT.

Fuente: elaboración propia.

Más recientemente, la actualización de estos datos realizada por el Observatorio de la Sostenibilidad (2018) señalaba que la costa española había incrementado su superficie «artificial» en un 130% para el período 1987-2014, pasando de 240 a 530 millones de hectáreas transformadas, y se destacaba que la provincia de Alicante, junto con la de Málaga, era la que más suelo litoral ha transformado en este intervalo (el 28,5%, 20.636 ha nuevas). Son datos que están en la línea de estudios elaborados en los últimos años sobre transformación del suelo en el litoral mediterráneo y que destacan el peso importante del cambio de uso para suelo urbano experimentado desde 2000 en la Comunidad Valenciana (Burriel, 2008), especialmente en la provincia de Alicante, que cuenta con algunos municipios —Torreveja y Orihuela— que han liderado los procesos de artificialización del suelo litoral en el conjunto de España (2008). Todo ello ha supuesto un aumento de la exposición y la vulnerabilidad ante los peligros naturales existentes en este espacio geográfico (Pérez Morales et al., 2016).

Tal como se refleja en la tabla 3, se ha producido una intensa ocupación de la primera línea de costa en los municipios de la comarca del Bajo Segura, que

se ha extendido prácticamente todo su litoral, desde Guardamar del Segura hasta Pilar de la Horadada, cuyas viviendas —al menos un cuantioso número de ellas— se encuentran instaladas directamente en el DPMT.

Los datos de Instituto Nacional de Estadística (INE, en adelante) son abrumadores y corroboran esta intensa ocupación, que se observa con la comparativa de imágenes.

Por un lado, los cuatro municipios con costa del Bajo Segura han experimentado un crecimiento exponencial en cuanto a la población total, tanto de españoles como de extranjeros, desde 1991 hasta 2011 (tabla 4). Además, destaca el exponencial incremento de población extranjera no europea —Torrevieja es el municipio más significativo de este caso—.

Por otro lado, en lo concerniente a las viviendas y con relación al incremento de la población, se puede observar que para el censo del año 1991, excepto en Orihuela, en el resto de municipios destacan las viviendas secundarias asociadas al turismo residencial o estacional. Sorprende la cifra de Torrevieja, con 33.995 segundas residencias. Los datos del censo del año 2011 indican que Torrevieja y Orihuela Costa duplican o triplican el número de viviendas principales y secundarias (tabla 5). Ello se debe al incremento de población española y extranjera experimentado en dichos municipios, atraída por la bondad climática, y al turismo de masas (sol y playa).

No obstante, los efectos de la crisis económica del año 2007 y la especulación urbanística se dejan notar en las viviendas vacías, que incrementan su número en el periodo de tiempo analizado.

Según la cartografía de edificaciones del ICV, la costa de la comarca del Bajo Segura presenta un total de superficie edificada o construida de 1.427 ha, donde los municipios de Torrevieja y Orihuela Costa son los que presentan

Tabla 3. Evolución de la ocupación residencial de la franja costera en el litoral del Bajo Segura (Alicante)

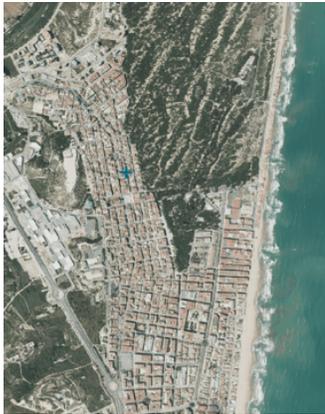
Municipio	Vuelo americano serie-b (1956-1957)	Vuelo autónómico Comunidad Valenciana (2020)
Guardamar del Segura		

Tabla 3. Evolución de la ocupación residencial de la franja costera en el litoral del Bajo Segura (Alicante) (*continuación*)

Municipio	Vuelo americano serie-b (1956-1957)	Vuelo autonómico Comunidad Valenciana (2020)
Torreveija		
Orihuela Costa		
Pilar de la Horadada		

Fuente: ICV. Elaboración propia.

Tabla 4. Censo de población en los municipios costeros de la comarca del Bajo Segura (1991-2011)

Municipios	1991			2011		
	Españoles	Extranjeros europeos	Extranjero no europeos	Españoles	Extranjeros europeos	Extranjero no europeos
Guardamar del Segura	6.622	268	92	10.226	5.294	779
Torreveja	20.307	4.590	255	48.863	41.233	10.893
Orihuela*	48.333	1.096	75	51.881	28.008	5.162
Pilar de la Horadada	7.239	248	8	12.320	8.516	2.684

* Los datos de Orihuela, en su mayoría, corresponden a la propia ciudad de la Vega Baja. No obstante, se considera que vale la pena tener en cuenta estos valores ya que una gran parte del crecimiento de Orihuela se ha dado en la costa, lo que justifica el incremento del número de población española y, sobre todo, extranjera.

Fuente: *Censo de población y vivienda*. INE. Elaboración propia.

Tabla 5. Censo de viviendas y superficie construida en los municipios costeros de la comarca del Bajo Segura (1991-2011)

Municipios	1991			2011			2020
	Principales	Secundarias	Vacías	Principales	Secundarias	Vacías	Superficie construida (ha)
Guardamar del Segura	2.156	4.479	2.307	—*	—	—	166
Torreveja	8.806	33.995	10.440	39.855	62.585	19.887	622
Orihuela**	14.345	10.285	4.684	31.021	27.573	10.892	399
Pilar de la Horadada	2.162	7.047	281	8.068	6.218	388	240

* Los guiones señalan que el Censo de población y vivienda de 2011 no dispone de dichos datos.

** Los datos de Orihuela, en su mayoría, corresponden a la propia ciudad de la Vega Baja. No obstante, se considera tener en cuenta estos valores ya que una gran parte del crecimiento de Orihuela se ha dado en la costa, lo que justifica el incremento del número y la tipología de viviendas.

Fuente: *Censo de población y vivienda*. INE. Elaboración propia.

mayores valores de superficie construida. Esto se justifica por la construcción de viviendas en horizontal (chalé, jardín y piscina), que ocupan una mayor superficie del suelo.

Sin embargo, conviene destacar que faltaría incluir los viarios, otras construcciones, equipamientos, etcétera, que incrementarían la superficie construida en el litoral de la comarca del Bajo Segura y en cada uno de los municipios.

Asimismo, existen edificaciones instaladas desde décadas anteriores en el DPMT y que, en la actualidad, son los espacios más vulnerables y con mayor riesgo de pérdidas de vidas humanas y económicas, por los efectos del calentamiento global, en concreto, por el incremento del nivel del mar y la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos de rango extraordinario, como lo fueron la DANA (2019), la borrasca *Gloria* (2020) y, recientemente, la borrasca *Filomena* (2021).

2.2. Metodología

2.2.1. Metodología empleada para la corroboración de las playas en regresión de la comarca del Bajo Segura

Para confirmar el proceso de regresión que sufren las playas de la zona de estudio, se ha llevado a cabo un análisis histórico comparativo de las zonas afectadas. Para ello, se ha consultado la fototeca del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), que ofrece una gran diversidad de vuelos aéreos (de menor superficie, provinciales y autonómicos, entre otros). Se han escogido el vuelo americano serie B (1956), el vuelo sur de la provincia de Alicante (1993) y el vuelo autonómico de la Comunidad Valenciana (2020). Las zonas elegidas son aquellas donde se han dado estos procesos de regresión con mayor notoriedad y en las que, además, se encuentran edificaciones instaladas en el DPMT. Se trata de los casos de la playa de Babilonia, en Guardamar del Segura, y las playas de Las Villas y El Mojón, en Pilar de la Horadada.

Asimismo, se recoge una tabla para cada municipio sobre aquellos sectores que sufren un problema de regresión muy grave, los cuales, además, coinciden con los espacios que presentan construcciones en su DPMT, afectadas gravemente por los temporales marítimos.

Para ello, se han escogido puntos concretos de Guardamar del Segura, Torrevieja y Pilar de la Horadada para el análisis, y se ha llevado a cabo la medición con la herramienta de medir que ofrece el ICV, a la vez que se han corroborado dichas medidas con el sistema de información geográfica denominado QGIS, mediante sus herramientas.

La medición se ha realizado gracias a los vuelos aéreos que se encuentran georreferenciados midiendo el espacio de playa que existe entre la ribera del mar y el comienzo de las dunas, donde aparece vegetación, la cual indica el espacio que las olas del mar todavía no han alcanzado ni en temporales extremos. No obstante, la evolución y el desarrollo urbanístico de dichos municipios, que ocupan la primera línea del litoral, incluso el DPMT, han conllevado a realizar la medición desde la ribera del mar hasta dichas construcciones.

Estos datos se han recopilado en tres tablas, según los siguientes vuelos históricos: el vuelo de Ruiz de Alda (1929-1930), el vuelo americano serie B (1956), el vuelo sur de la provincia de Alicante (1993), el vuelo completo de la provincia de Alicante (2007) y el vuelo autonómico de la Comunidad Valenciana (2020). Así, se lleva a cabo una medición que permite observar el grave problema de regresión de los espacios seleccionados desde una evolución histórica de casi un siglo.

Asimismo, se ha incluido una comparativa de imágenes de vuelos aéreos históricos y actuales, para comprobar la masiva ocupación del litoral, contrastada con los datos del INE y el *Censo de población y vivienda* de 1991 y 2011.

2.2.2. Metodología para la confección de mapas de riesgo

La metodología empleada para el trabajo de esta investigación se ha basado en la descarga de la cartografía base de los municipios de Guardamar del Segura

ra, Torreveja, Orihuela y Pilar de la Horadada, gracias al Instituto Cartográfico Valenciano (ICV). Posteriormente, se ha obtenido el deslinde establecido por el MITERD como DPMT, que está disponible en formato Shape (línea).

Dado que el deslinde del DPMT que ofrece el MITERD carece de sentido, ya que no se ajusta a las definiciones de las leyes de costas de 1988 y 2013, se ha llevado a cabo la elaboración de un deslinde que cumple estrictamente la definición de DPMT recogida en dichas leyes. Esto se ha llevado a cabo para poder realizar una comparación y comprobar qué construcciones se hallan realmente en dicho espacio.

Una vez finalizado el nuevo deslinde establecido, se ha modificado y actualizado la capa de construcciones, ya que en la actualidad existen nuevas edificaciones que en dicha capa no están representadas.

Esto ha facilitado elaborar una tabla comparativa entre las construcciones que se ven afectadas por el deslinde del MITERD y por el trazado elaborado por los propios autores. En referencia al primero, las edificaciones que se ven afectadas por este deslinde en el litoral de análisis son las siguientes (tabla 6).

Tabla 6. Edificaciones incluidas y no incluidas según el deslinde del DPMT trazado por el MITERD

Municipio	Edificación DPMT	Edificación DPMT (no incluida)	Total
Guardamar del Segura	209	58	267
Torreveja	484	91	575
Orihuela Costa	127	13	140
Pilar de la Horadada	141	32	173
Total	961	194	1.155

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el trazado del deslinde que sigue la definición de ambas leyes de costa ha permitido identificar un mayor número de construcciones que se encuentran en del DPMT, que llegan a contabilizarse en un total de 4.315 a lo largo del litoral del Bajo Segura (tabla 7).

Tabla 7. Edificaciones que se encuentran en el DPMT siguiendo la definición de la Ley de Costas de 1988 y 2013

Municipio	Edificación DPMT
Guardamar del Segura	1.087
Torreveja	2.072
Orihuela Costa	497
Pilar de la Horadada	659
Total	4.315

Fuente: elaboración propia.

Dada la problemática que supone seguir el deslinde oficial establecido por el MITERD, se ha preferido establecer una franja de 200 m que recoge desde la ribera del mar hacia tierra adentro del continente, ya que es la línea de costa más inmediata al mar. Esto se justifica según el criterio establecido por los estudios del MITERD (2004 y 2014), que señalan que la franja costera de los primeros 200 m es la que más va a sufrir la cota de variación de las inundaciones por los efectos del cambio climático, como son el incremento del nivel del mar y la mayor recurrencia de fenómenos meteorológicos adversos.

Para la obtención de los mapas de riesgo presentados en la investigación, se ha llevado a cabo la elaboración de una gran cantidad de cartografía temática, en función de los factores que conforman el riesgo (peligrosidad x exposición x vulnerabilidad). Posteriormente, a estos mapas se les ha asignado un valor de peligrosidad, exposición o vulnerabilidad, que ha permitido sumar dichos factores para la obtención de un mapa de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad totales. La suma de estos tres mapas finales ha dado como resultado los mapas de riesgo que se presentan en esta investigación (figura 3).

La explicación de la vulnerabilidad merece un especial hincapié, ya que la metodología es un poco más compleja en función de una serie de características.

Por consiguiente, para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad, se han tenido en cuenta tres características concretas: los usos del suelo o sistema de información sobre ocupación del suelo de España (SIOSE), las características de los paseos marítimos y la tipología de edificación. En primer lugar y relacionado con el SIOSE, se ha asignado un valor de vulnerabilidad del 0 al

Figura 3. Esquema de la metodología aplicada en la elaboración de la cartografía de riesgo



Fuente: elaboración propia.

6 según el uso del suelo, por lo que los campos de *Edificación*, *Otras construcciones* y *Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación* poseen los valores máximos, 6, 5 y 4, respectivamente. El resto de usos se encuentran entre los valores del 0 al 3. Para la cuestión de los paseos marítimos, se han establecido una serie de valores de vulnerabilidad en función de las características físicas del paseo, es decir, si son de madera, piedra o cualquier otro material que con los temporales se vea destruido con facilidad por el violento oleaje.

Por último, se contempla la tipología de viviendas, categorizadas en siete clases: *Viviendas* (exclusivamente construcciones residenciales), *Viviendas y locales comerciales* (los que en una misma construcción tienen ambos usos), *Equipamientos dotacionales* (construcciones como escuelas, casetas de socorrismo, hoteles, restaurantes, otras construcciones), *Construcciones desmontables* (chiringuitos de playa, industriales, portuarios, infraestructuras de los puertos comerciales y deportivos) y *Zonas verdes* (artificiales, relacionadas con la presencia de parques). Siguiendo este orden, los valores de vulnerabilidad asignados se hallan del 7 al 1, respectivamente. Sin olvidar que todo ello depende de la mayor o menor proximidad al mar. Por último, la suma de estos tres mapas ha dado como resultado un mapa de vulnerabilidad.

Por consiguiente, los mapas de riesgos obtenidos provienen del producto de los mapas finales obtenidos por la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, y representados a una escala 1:5.000, incluso de mayor detalle, a 1:3.000. Los valores cuantitativos finales han sido sustituidos por valores cualitativos, con una categoría de riesgo dividida en cinco clases: *Extremo*, *Alto*, *Medio*, *Bajo* y *Muy bajo*.

No obstante, a pesar de los resultados obtenidos en la cartografía, los mapas que se encuentran en el siguiente apartado presentan las dos categorías máximas (*Extremo* y *Alto*). El motivo de representar únicamente estas categorías se justifica porque son las zonas que necesitan medidas urgentes de adaptación a los temporales marítimos y al cambio climático.

La razón por la cual no se representan las categorías *Medio*, *Bajo* y *Muy bajo* en los mapas se explica porque son las zonas que se encuentran más alejadas, en la franja de 200 m, y es prácticamente imposible que el mar las alcance, por lo que no se estaría representando la realidad de manera objetiva. Asimismo, las zonas que figuran en la cartografía final de riesgo son los espacios donde se necesitan actuaciones urgentes en un horizonte cortoplacista.

3. Resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las construcciones que ahora se encuentran en el DPMT son las que presentan un mayor riesgo motivado por el grave problema de regresión natural de las playas y el progresivo incremento del nivel del mar, unido a la mayor frecuencia y virulencia de los temporales costeros en el contexto del proceso actual de cambio climático. Teniendo en cuenta estas cuestiones, se hace necesario analizar en mayor detalle ambas consideraciones.

3.1. La regresión de las playas en el sistema costero de la comarca del Bajo Segura

Resulta conveniente destacar que los espacios costeros de la comarca del Bajo Segura con un grave problema de regresión natural en sus playas coinciden con aquellos cuyas construcciones son en la actualidad las zonas de mayor riesgo de inundación por los efectos de los temporales marítimos. Muchos de los elementos que han influido en estas cuestiones se deben a las actuaciones antrópicas que, de manera directa e indirecta, han afectado a los espacios costeros ya señalados en el apartado de introducción.

Todos estos factores han llevado a que exista un proceso de regresión muy grave en las playas de la comarca del Bajo Segura, casi de extinción. Los principales espacios más afectados son: la playa de Babilonia (Guardamar del Segura), la playa de La Mata (Torrevieja), la playa de Las Villas (Pilar de la Horadada) y la playa de El Mojón (Pilar de la Horadada) (figura 4). En efecto, la comparativa de los vuelos aéreos históricos que ofrece la fototeca del Instituto Cartográfico Valenciano corrobora la enorme regresión que han sufrido las mencionadas playas casi cien años después.

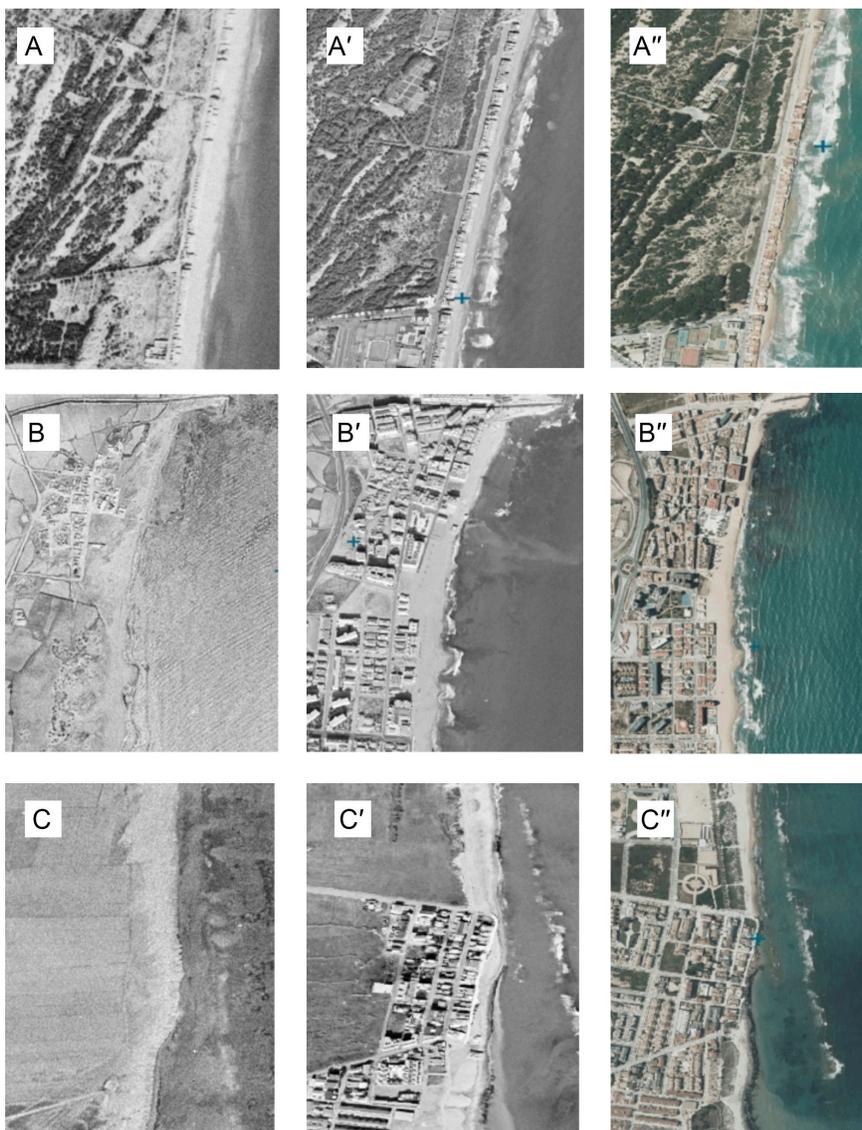
Para la zona costera de Guardamar del Segura, se evidencia un descenso paulatino desde el siglo xx. Especial preocupación merece el sector de la playa de Babilonia, que ha perdido totalmente toda su playa, de manera que el mar apenas llega a un metro de distancia de las construcciones. Ello supone una grave regresión de dicha playa, ya que el mar está recuperando su terreno, lo que explica que las viviendas que se asientan en este espacio se vean afectadas constantemente por los temporales marítimos.

Esta pérdida de sedimentos desde la desembocadura del río Segura hasta la playa Centro de Guardamar se justifica por la extrema regulación que existe en la cuenca del río Segura, que evita la llegada de materiales a su desembocadura. Asimismo, el espigón del encauzamiento del río Segura se encuentra orientado de SW a NE (única disposición en la provincia de Alicante), de manera que se ve dificultada la llegada de sedimentos a la deriva litoral y que esta la distribuya por las playas de la comarca. Además, la intensa ocupación del DPMT impide la regeneración natural de las playas.

Estos datos confirman que las playas de Guardamar del Segura están sufriendo un proceso de regresión extrema, a lo que se le une la virulencia de los temporales marítimos, por tanto, conviene buscar soluciones urgentes para estos espacios.

En la zona de la playa de La Mata, en el término municipal de Torrevieja, se produce una importante regresión de los años treinta a los cincuenta del siglo pasado, pero, a partir de los años noventa, tanto para el sector de Torre de La Mata como para Les Peñetes, se produce un incremento de arena gracias a la aportación de forma artificial por parte del municipio en las décadas de desarrollo de Torrevieja. No obstante, tras las mediciones actuales, se evidencia que en 13 años se está produciendo una importante regresión en este espacio, por lo que conviene también tomar medidas urgentes para solventar dicha problemática a corto plazo (tabla 8).

Figura 4. Comparativa histórica de la regresión de la playa de Babilonia, la playa de La Mata y la playa de El Mojón



Fuente: ICV. Vuelo americano serie B (1956) (A, B y C); vuelo sur de la provincia de Alicante (1993) (A', B' y C'); y vuelo autonómico de la Comunidad Valenciana (2020) (A'', B'' y C''). Elaboración propia.

Tabla 8. Distancia entre la ribera del mar y las dunas o edificaciones en la comarca del Bajo Segura, desde 1929 hasta 2020

		1929-1930	1956	1993	2007	2020
Guardamar del Segura	Desembocadura río Segura	90,8 m	55,5 m	41,6 m	8,3 m	2 m
	Duna de Guardamar	96,4 m	54,9 m	30,2 m	21,8 m	5,2 m
	Playa de Babilonia	96,4 m	55,6 m	44,3 m	32,1 m	0 m
	Playa Centro	120 m	73 m	62,1 m	55,6 m	41,3 m
	Playa de las Ortigas	101 m	122,4 m	102,7 m	124,3 m	57,7 m
Torrevieja	La Mata (Torre de la Mata)	19,3 m	10,7 m	52 m	21 m	20 m
	La Mata (Les Peñetes)	51,3 m	30,1 m	42,3 m	41,4 m	37,6 m
Pilar de la Horadada	Las Villas	101 m	63 m	15,7 m	10 m	3 m
	El Mojón	170 m	41,5 m	16,6 m	6,4 m	5 m

Fuente: ICV. Fototeca. Elaboración propia.

Por último, en el sector más al sur de Pilar de la Horadada, lindando con el límite autonómico de la Región de Murcia, se encuentran las playas de Las Villas y El Mojón. Como se puede observar en la tabla 5, sorprenden los elevados valores de distancia que existía entre la ribera y el comienzo del sistema dunar cuando era un espacio deshabitado y nada desarrollado. Una situación contraria sucede cuando se intensifica la ocupación del litoral, con la aparición puertos deportivos y la regulación de algunos cursos fluviales de régimen esporádico. Esto ha provocado que desde los años noventa hasta 2020 se haya producido la extinción prácticamente de las zonas arenosas de estas playas en Pilar de la Horadada. De hecho, los 5 m que aparecen en la playa de El Mojón corresponden a la distancia que existe entre el paseo marítimo y la primera construcción, puesto que no se halla la presencia de arena en este espacio (0 m).

Todas estas consideraciones confirman que el litoral del Bajo Segura está sufriendo un proceso continuo y activo de regresión en todas sus playas. Preocupan especialmente las mencionadas anteriormente, puesto que son espacios en los que se encuentran construcciones en el DPMT. Este hecho, unido a los efectos del cambio climático más que evidentes en el ámbito Mediterráneo, supone un gran problema socioeconómico que conviene solventar.

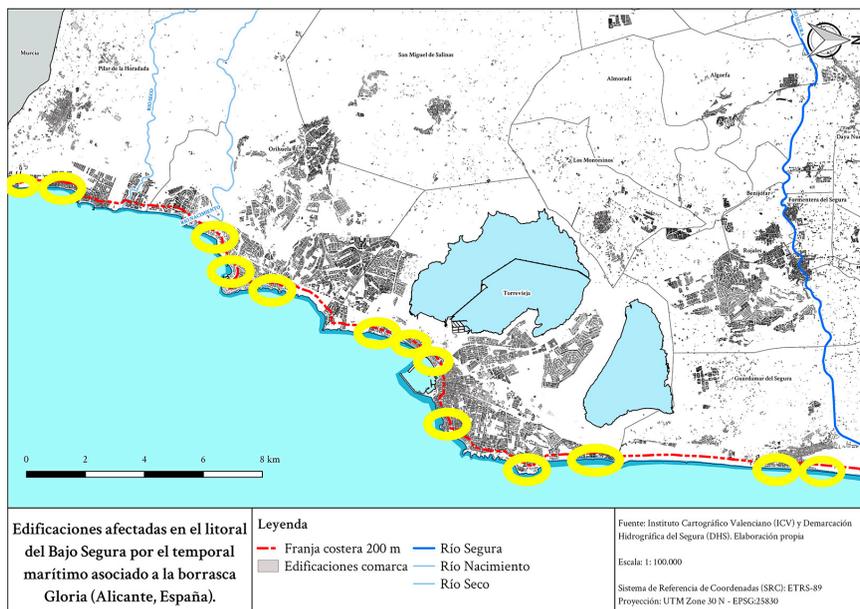
3.2. Temporal marítimo causado por la borrasca Gloria (enero de 2020) y cartografía de riesgo de inundación por oleaje marítimo

Junto al proceso de regresión natural de las playas en el litoral, muy notable desde la segunda mitad del siglo xx debido a la falta de aportes sedimentarios por la regulación del río Segura, la sucesión de temporales marítimos ocurridos desde 1980 hasta la actualidad ha intensificado el deterioro de las condiciones de la costa en esta franja meridional de la provincia de Alicante. Este hecho ha incrementado el elevado riesgo frente a oleajes intensos en este sector costero, que presenta, además, un importante grado de ocupación, con viviendas e infraestructuras urbanas asentadas durante el proceso acelerado de

desarrollo urbano-turístico de las últimas décadas. Dos episodios de temporal marítimo vinculados a situaciones de fuerte inestabilidad atmosférica (embolsamiento de aire frío en altitud) que favorecieron la formación de desarrollos ciclogénéticos propios en la cuenca occidental del Mediterráneo, ocurridos en enero de 2017 y especialmente en enero de 2020 (borrasca *Gloria*), causaron oleajes muy intensos que golpearon la fachada mediterránea española (Ribas y Sauri, 2020). El último tuvo efectos catastróficos en el litoral de la provincia de Alicante, especialmente en las áreas de los municipios de Denia y Jávea, en el norte de la provincia, y en el sector del Bajo Segura, en el sur de la provincia (figura 5). Las pérdidas económicas fueron cuantiosas por los daños sufridos en las viviendas de primera línea de costa, instalaciones y equipamientos turísticos.

Las viviendas instaladas en el dominio público marítimo terrestre de la playa de Babilonia quedaron destruidas total o parcialmente afectadas por el intenso y constante embate del mar (Olcina y Oliva, 2020b) (figura 6). Dichas viviendas ya se han visto perjudicadas por temporales marítimos anteriores en los últimos cinco años, tal como sucedió en diciembre de 2016, enero de 2017, abril de 2019, septiembre de 2019, enero de 2020 y enero de 2021.

Figura 5. Edificaciones afectadas en el litoral del Bajo Segura por el temporal marítimo asociado a la borrasca *Gloria* (Alicante, España)



Nota: zonas afectadas a partir de la información de los periódicos sobre los efectos y zonas afectadas por la borrasca *Gloria*. Tramo 1: Guardamar del Segura-Torrevieja; tramo 2: Torrevieja-Orihuela Costa, y tramo 3: Orihuela Costa-Pilar de la Horadada.

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Efectos del temporal marítimo provocado por la borrasca *Gloria*, en la playa de Babilonia (Guardamar del Segura, Alicante)



Fuente: las imágenes muestran la presencia de viviendas en primera línea de costa que han sufrido daños por el fuerte temporal marítimo. Proyecto Mastral. Fotos realizadas por Aida Aldeguer (izq.) (20/01/2020), Julián Navarro (der.) (24/01/2020). Autorización de publicación cedida a los autores.

La borrasca *Gloria* sorprendió por la intensidad y constancia de los vientos y el oleaje marítimo desarrollado, con valores de ola que han sido récord en el litoral mediterráneo (14 m en el mar Balear), y entre los 5 y 8 m de altura en el litoral de la zona de estudio, tal como se recoge en los datos de Puertos del Estado (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020).

Este episodio ha sido una nueva manifestación de los cambios que se están evidenciando en la circulación atmosférica de latitudes medias y altas en relación con el calentamiento de la atmósfera. Esto implica la importancia de tener en cuenta el cambio climático en la planificación territorial, tanto por el incremento previsto del nivel del mar en la costa mediterránea como por la mayor frecuencia de temporales marítimos de efectos directos sobre viviendas e infraestructuras de primera línea de costa (Olcina y Oliva, 2020b).

La importancia de destacar este acontecimiento tiene como objetivo demostrar que la borrasca *Gloria* puede considerarse la más fuerte entre los temporales marítimos registrados desde 1950 en el litoral de la provincia de Alicante y, seguramente, en todo el litoral costero mediterráneo de la península Ibérica. He aquí la relevancia de destacar este suceso, ya que los efectos de esta borrasca deben valorarse como criterios para la delimitación más real del DMPT, como señala el Reglamento de la Ley de Costas (Real Decreto 876/2014).

En lo que concierne a los mapas de riesgo de inundación por efecto de los temporales marítimos, solamente se tienen en cuenta las categorías de *Extremo* y *Alto*, puesto que se refieren precisamente a las zonas que necesitan tomar medidas urgentes.

La primera zona corresponde al sector costero de Guardamar del Segura, caracterizado por presentar playas de gran longitud y formadas por materiales arenosos y limosos, provenientes del río Segura y las corrientes marinas del litoral. En este término municipal, se encuentran dos espacios en riesgo *Extre-*

Figura 7. Edificaciones en riesgo de inundación ante temporales marítimos en la playa de Babilonia (Guardamar del Segura)



Fuente: elaboración propia.

mo y *Alto*, que corresponden a la playa de Babilonia y a la playa Centro. Debe ponerse especial atención a las viviendas que se encuentran instaladas en el DPMT del sector de la playa de Babilonia.

Desde una escala de detalle (1:5.000), se observa que las viviendas que se encuentran instaladas en la playa de Babilonia ocupando el DPMT presentan un riesgo de inundación por efecto de temporales marítimos *Extremos* y *Alto* (figura 7), lo que genera un perjuicio social, ambiental y económico muy elevado.

Los otros dos espacios que más preocupan se dan en Pilar de la Horadada, en concreto, en la playa de Las Villas y en la playa de El Mojón. Son dos espacios que están sufriendo un proceso de regresión paulatina, ya que las playas están desapareciendo, lo que favorece la entrada del mar en episodios de temporales marítimos con la afectación de las viviendas de manera total o parcial. Asimismo, conviene destacar que existen construcciones temporales —relacionadas con la presencia de chiringuitos de playa, casetas de socorrismo e infraestructuras de equipamientos o servicios para los turistas— situadas en el DPMT que pueden ser un problema si no se regula mejor su ubicación.

A una escala de mayor detalle (1:3.000), se puede observar de manera esclarecedora que las viviendas que ocupan la primera línea de costa en la zona

Figura 8. Edificaciones en riesgo de inundación ante temporales marítimos en la playa de Las Villas (Pilar de la Horadada)



Fuente: elaboración propia.

de la playa de Las Villas presentan un riesgo *Extremo* y *Alto* (figura 8). La única diferencia en este sector entre una zona de riesgo *Extremo* y *Alto* está directamente relacionada con la morfología de la costa, que alterna por el norte una zona de playa arenosa, un sobresaliente que corresponde a una costa acantilada —lo que implica que, de alguna manera, reduce el riesgo— y hacia el sur de este aparece de nuevo un sector de playa arenosa. Además, coincide con la presencia de la rambla de la Pilarica o del Pilar, que se encuentra encauzada, y que es la principal vía de alimentación de las playas del término municipal de Pilar de la Horadada.

Al sur de la playa de Las Villas, se encuentra la última playa de la comarca, que linda con el límite de la comunidad autónoma de Murcia y que recibe la denominación de playa de El Mojón. Como en el caso de los anteriores espacios analizados, se trata de un espacio costero que ha sufrido un grave problema de regresión y de intensa ocupación del litoral. Además, presenta una zona costera de acantilado bajo, lo que no supone una gran protección de las construcciones que se encuentran en el DPMT en caso de temporal marítimo. De hecho, estas viviendas presentan un riesgo *Extremo* y *Alto* (figura 9), al encontrarse situadas a menos de cinco metros de distancia del mar, y ya se vieron afectadas por la borrasca *Gloria*.

Figura 9. Edificaciones en riesgo de inundación ante temporales marítimos en la playa de El Mojón (Pilar de la Horadada)



Fuente: elaboración propia.

Todos los sectores analizados presentan construcciones en el DPMT, a escasos metros del mar, lo que supone un riesgo muy elevado para las personas que residen en estos espacios o llevan a cabo sus actividades económicas en ellos. Se trata, pues, de las zonas que presentan un mayor riesgo social, ambiental y económico, que urgen medidas de actuación que permitan al mar recuperar su espacio y reducir la erosión que están sufriendo las playas del litoral mediterráneo.

4. Discusión

Los resultados obtenidos podrían ser completados añadiendo aspectos de vulnerabilidad social y económica. Por ejemplo, se podría tener en cuenta el factor de ocupación de las viviendas, si se trata de residencias de carácter temporal, la estancia de residencia de los inquilinos de las viviendas, el país y el lugar de origen de los inquilinos favorecidos por las concesiones estatales, los daños económicos estimados en caso de afección a una residencia o local comercial que alterase la actividad económica, entre otros ejemplos, además de incluir elementos y factores relacionados con cuestiones ambientales, como la presencia o no de posidonia.

Añadiendo estas consideraciones, entre otras, se conseguiría una metodología más completa, con resultados más amplios y precisos, que podrían modificar de manera puntual los mapas finales de riesgo e incluso incorporar nuevos espacios.

Los datos analizados en este trabajo sobre la transformación del suelo en la franja costera y el aumento del riesgo para la población que se ha asentado en la primera línea del litoral meridional de la provincia de Alicante entran en relación con tendencias de cambio de usos del suelo en el litoral ocurridas en otras regiones españolas o en Europa (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2008). No obstante, debe tenerse en cuenta que la costa alicantina, junto con las de Barcelona y Málaga, ha sido una de las que mayor número de licencias de obra para uso residencial han tramitado en España desde 1995 hasta 2018 (Ministerio de Transportes, Agenda Urbana y Movilidad, 2020).

Por cuestiones de extensión del artículo, solamente se han tratado tres zonas concretas (la playa de Babilonia, la playa de Las Villas y la playa de El Mojón), pero existen otros espacios a tener en cuenta en el litoral de la comarca, como es el caso de Torrevieja, con la playa de La Mata, la playa de Los Locos, la playa de El Cura, la playa de El Acequiñ, la playa de Los Náufragos y la playa de Torrevieja (al norte del cabo Ferris) (figura 4).

Especial atención requieren las playas de La Mata, de El Acequiñ, de Los Náufragos y de Torrevieja, ya que son las siguientes más vulnerables a los efectos del cambio climático, tras las analizadas en el apartado anterior. Esto se debe a que son espacios donde se encuentran también construcciones que han ocupado el DPMT, a escasos metros de la ribera del mar, o bien se trata de zonas conocidas que se ven afectadas en situaciones de temporales marítimos, como el acontecido con la borrasca *Gloria*.

Por su parte, en lo que se refiere a las leyes de costas, se plantea la cuestión siguiente: ¿dónde está el fallo en las concesiones? La Ley de Costas de 1988 otorgaba las concesiones con un máximo de 30 años, prorrogables hasta los 75 años, mientras que la Ley de Costas de 2013 las concede con un máximo de 75 años, sin la posibilidad de prorrogar más años. Así pues, transcurridos 25 años de una ley a otra y casi con el vencimiento de dichas concesiones, se aprueba la Ley de Costas del año 2013, que amplía las concesiones 75 años más. Sin embargo, dicha ley no contempla los escenarios futuros del cambio climático, relacionados con el incremento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos de rango extraordinario. Conviene reseñar que en aquel momento ya existían publicados hasta tres informes del IPCC, además de ser el año en el que se publicaba el cuarto, de los años 2013 y 2014, y ya eran conocidos los efectos del cambio climático.

Por tanto, se puede afirmar que, aunque la ley mencione la necesidad de adaptación a los efectos del cambio climático relacionados con las costas, realmente las medidas tomadas implican todo lo contrario, ya que ponen en riesgo vidas humanas, causan impacto ambiental en estos ecosistemas y provocan una mayor pérdida económica en daños materiales.

Por consiguiente, el fallo de la ley se halla en la normativa aprobada de la Ley de Costas del año 2013. Asimismo, en el preámbulo, apartado II, de dicha ley, se señala lo siguiente:

... en esta reforma incorpora a la Ley de Costas regulaciones específicas para afrontar con garantías la lucha contra los efectos del cambio climático en el litoral. Se introduce un régimen específico para los tramos del litoral que se encuentren en riesgo grave de regresión. La definición de esta situación se establecerá reglamentariamente y en atención a criterios científicos contrastados. En las áreas así declaradas, se limitan las ocupaciones y se prevé que la Administración pueda realizar actuaciones de protección, conservación o restauración, respecto de las que podrá establecer contribuciones especiales, otra de las novedades de esta reforma. También se exige que a los proyectos de ocupación del dominio público se acompañe una evaluación prospectiva sobre los posibles efectos del cambio climático. Además, se incorpora, como causa de extinción de las concesiones, el supuesto de que las obras o instalaciones estén en riesgo cierto de ser alcanzadas por el mar.

Asimismo, el gobierno de España debería de revisar la Ley de Costas o redactar una nueva, como medida de adecuación al cambio climático, en el marco de la adaptación climática (2020-2030), que anule totalmente las concesiones y comience a acondicionar los sistemas costeros ante la nueva coyuntura y realidad climática.

También habría que pensar en incrementar los caudales ecológicos, sobre todo los del río Segura, el más explotado de Europa, para que el agua que circule por sus cauces principales llegue a la desembocadura aportando sedimentos que permitan ir recuperando las playas de la comarca sin recurrir al relleno artificial. Esto supone la revisión, el estudio y la modificación del espigón del encauzamiento del río Segura, en su desembocadura en Guardamar del Segura, ya que por su orientación no facilita la llegada de materiales al sur de su desembocadura.

Por otra parte, la revisión de la Ley de Costas debe trazar en *sensu stricto* el deslinde del DPMT, independientemente de que existan construcciones dentro de su dominio, de acuerdo con la definición recogida en las leyes de 1988 y 2013, más nuevos aspectos que se consideren necesarios y oportunos bajo el contexto del cambio climático.

Conviene recordar que la definición vigente del DPMT señala:

... son bienes de Dominio Público Marítimo Terrestre, la zona marítima-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcancen las olas en los mayores temporales conocidos, de acuerdo con los criterios técnicos que se establezcan reglamentariamente, o cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial [...]. (art. primero; punto 1, apartado a, Ley de Costas 2/2013)

Siguiendo lo mencionado en la ley, si se actualiza, el máximo temporal conocido se corresponde con la borrasca *Gloria*, de enero de 2020, que afectó

en gran medida al litoral español, y sobre todo, al este peninsular. Eso supone que el deslinde del DPMT debe trazarse hasta donde alcanzara la máxima ola de este temporal en cada municipio, de manera que, a partir de este deslinde y la regulación de usos, se estaría comenzando a llevar a cabo la adaptación al cambio climático en materia de costas, puesto que la borrasca *Gloria* forma parte de uno de los fenómenos meteorológicos de rango extraordinario que ya se evidencian en el ámbito Mediterráneo y en la franja templada planetaria.

De ahí la necesidad de tomar medidas urgentes en las zonas analizadas en este estudio. Como el litoral es competencia del Estado, este debe ser quien asuma y tome medidas acordes y racionales para la adaptación al cambio climático en materia de costas. No obstante, las demás administraciones, al poseer competencias en materia de ordenación del territorio y urbanismo, pueden tomar medidas que favorezcan el trabajo conjunto, siempre en un mismo sentido, con el fin de tomar medidas para la adaptación al cambio climático.

5. Conclusiones

Según la Ley de Costas de 2013, en España hay un total de 13.794 viviendas en la franja del DPMT (Rodríguez Mateos, 2018). Seguramente, serían muchas más si el deslinde del MITERD se adaptara a la propia definición del DPMT, recogida en las leyes de costas de 1988 y 2013. De hecho, se ha comprobado que trazando un deslinde adaptado a dicha definición, el número de construcciones que se hallan en el DPMT incrementa de manera exponencial y preocupante para la comarca del Bajo Segura.

El aumento de los periodos concesionales contemplado en la Ley de Costas de 2013 supone un paso hacia atrás en dos aspectos: en la ordenación de costas y del territorio, la conservación y la protección de los espacios litorales, y en la adaptación al cambio climático.

En dicha ley, se recoge que para cancelar dichas concesiones es necesario un informe técnico que confirme el riesgo grave de regresión o que se vean afectadas por el alcance del mar. El presente artículo ha demostrado, por medio de los vuelos de fotografía histórica y mediciones, el grave riesgo de regresión que presentan las playas del Bajo Segura. Por otra parte, debe tenerse en cuenta el riesgo de inundación por temporales marítimos en las playas de Babilonia (Guardamar del Segura), La Mata (Torrevieja), Las Villas y El Mojón (Pilar de la Horadada), además de añadir otras playas localizadas en el término municipal de Torrevieja. Se trata de espacios donde se hallan instaladas viviendas e infraestructuras urbanas en el DPMT, que se ven afectadas en episodios de temporales marítimos. Por ende, los resultados de esta investigación pueden convertirse en el inicio del informe técnico de las administraciones autonómicas y municipales, para decretar el estado de regresión de las playas y el riesgo de las viviendas de ser alcanzadas por el mar, tal como se recoge en la Ley de Costas de 2013.

Todos estos factores implican la necesidad de realizar actuaciones y tomar medidas urgentes de adaptación al cambio climático, la conservación y la re-

Tabla 9. Propuestas de actuación en los espacios litorales

Materia	Propuestas
Costas	<ul style="list-style-type: none">— Modificación de la Ley de Costas de 2013 en lo que atañe al aumento del período concesional en el dominio <i>público</i> marítimo terrestre, especialmente en zonas ocupadas por usos residenciales de vivienda habitual.— Adaptar, en todo caso, los deslindes a los efectos de los temporales máximos registrados en el litoral mediterráneo, que tienen en la borrasca <i>Gloria</i> uno de sus ejemplos.— Realojo de propietarios con viviendas en el DPMT mediante acuerdo a tres bandas: propietario, municipio y administración del estado.— Establecimiento de zonas de sacrificio, sin ocupación, en aquellos tramos de costa con revisión de deslinde y realojo de propietarios.— Actuaciones de conservación y mantenimiento de los sistemas costeros (dunas, acantilados, fauna y flora, posidonia, etcétera).— Elaboración de estudios sobre los efectos adversos del cambio climático asociados al incremento del nivel del mar y a los fenómenos meteorológicos extremos (temporales marítimos con oleaje intenso).
Orden. territorio	<ul style="list-style-type: none">— Cumplimiento de normativas y planes regionales de ordenación del espacio litoral (p. ej. PATIVEL en la Comunidad Valenciana).— Gestión sostenible de la franja litoral por parte de los municipios en sus planes de ordenación urbanística.
Infraestructura verde	<ul style="list-style-type: none">— Cumplimiento de las restricciones de uso en la franja litoral establecido en las normativas y planes regionales (p.ej. PATIVEL en la Comunidad Valenciana).— Cartografía de detalle de la infraestructura verde y determinación de espacios de conflicto por ocupación inadecuada (costas, desembocaduras de ríos y barrancos) que merecen tratamiento espacial en la planificación territorial.— Apuesta por las Natural Based Solutions (NBS) para recuperar los espacios costeros.— Protección de los espacios dunares, zonas costeras e infraestructura verde.
Educación	<ul style="list-style-type: none">— Concienciación y sensibilización sobre los efectos derivados del calentamiento global.— Concienciación y sensibilización de la importancia de la protección y la conservación de los espacios costeros y litorales.

Nota: el análisis de riesgo en el espacio costero de la comarca del Bajo Segura comprendido en el presente trabajo y las propuestas de actuación señaladas se han incluido en el Plan de Acción Territorial de la Vega Baja del Segura, un plan de ordenación del territorio de carácter integrado (art. 16, Ley 5/2014 de la Comunidad Valenciana) que pretende la ordenación sostenible de usos del suelo existentes y futuros en este ámbito territorial.

Fuente: elaboración propia.

cuperación de playas con grave riesgo de regresión. Algunas de estas medidas y actuaciones se recogen a modo de propuestas en la tabla 9.

Todas las propuestas recogidas deben marcar las líneas a seguir en la toma de decisiones de las administraciones públicas para el horizonte 2021-2030,

para la adaptación al cambio climático y la transición ecológica. Como ya se ha visto, muchas de las playas de nuestro litoral están sufriendo fuertes procesos de erosión y regresión, de manera que cada vez más hay menos superficie de playa en la península Ibérica, por lo que se hace necesario modificar la Ley de Costas vigente, sin que a nadie le tiemble el pulso a la hora de tomar decisiones que impliquen un beneficio ambiental del corto al largo plazo. Las propuestas planteadas pretenden ser el inicio del proceso para alcanzar dicho fin y, sobre todo, para marcar las futuras líneas de trabajo y las próximas investigaciones científicas.

Asimismo, se demuestra que la regresión de las playas, junto con el incremento del nivel del mar y la mayor recurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, provoca mayores afecciones a los espacios mencionados, que coinciden con la presencia de construcciones en el DPMT. No hay que olvidar incluir los escenarios futuros del cambio climático, que muestran una tendencia al incremento de la velocidad del viento en las zonas costeras, lo que implica un aumento de la virulencia y de los periodos de olas en temporales marítimos.

Los espacios analizados requieren la adopción de medidas de actuación urgentes para la adaptación al cambio climático, para evitar mayores daños económicos y, sobre todo, pérdidas de vidas humanas. Por estos motivos, se han recogido una serie de propuestas que suponen el inicio de las transformaciones y la adaptación al cambio climático.

Referencias bibliográficas

- AEMET (2020). «Proyecciones climáticas para el siglo XXI en España». Recuperado de <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat>.
- AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2008). *Evolución de las zonas costeras en Europa*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, p. 107.
- AMORES, Angel; MARCOS, Marta; CARRIÓ, Diego S. y GÓMEZ-PUJOL, Lluís (2020). «Coastal impacts of Storm Gloria (January 2020) over the north-western Mediterranean». *Natural Hazards Earth System Science*, 20, 1.955-1.968. <<https://doi.org/10.5194/nhess-20-1955-2020>>
- BURRIEL, Eugenio L. (2008). «La “década prodigiosa” del urbanismo español (1997-2006)». *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, XIII, 270 (64).
- COPERNICUS (2020). «EMSR422 Floods in Girona and Mediterranean coast, Spain». *EMS Information Bulletin* (422). Recuperado de <https://emergency.copernicus.eu/mapping/sites/default/files/files/EMSR422_Floods_in_Spain_0.pdf> [consulta: 23 de abril 2021].
- GUAITA, Noelia; LÓPEZ, Isidro y PRIETO, Fernando (2008). «Cambios de ocupación del suelo en España. Implicación para la sostenibilidad». *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, XL (156), 235-259.
- HERNÁNDEZ-SALINAS, Alberto; VIOTA, María; ONAINDIA, Miren; PURWANTO, Y.; TASIRIN, Johnny S. y SAROINSONG, Fabiola (2020). «Cooperación científica para la cocreación de conocimiento: impulsando la experiencia en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia) sobre Infraestructuras Verdes y Azules (IVA) a través

- de la participación de la juventud en la propuesta Reserva de la Biosfera Costera Bunaken-Tangkoko-Minahasa (Sulawesi Norte, Indonesia). *Revista de Investigación Marina*, 27 (1), 55-58.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2013-2014). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- (2018). *Special Report on Global Warming of 1.5°C*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5).
- (2019). *Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5).
- JOIN RESEARCH CENTRE (JRC) (2018). *PESETA III – Task 8: Coastal Impacts*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
<<https://doi.org/10.2760/745440>>
- (2020). *PESETA IV – Task 6: Adopting to rising coastal flood risk in the EU under climate change*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
<<https://doi.org/10.2760/456870>>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA (2020). *Áreas urbanas en España, 2020*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, p. 41.
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITERD) (2004). *Impactos en la costa española por efecto del cambio climático. Fase III. Estrategias frente al Cambio Climático en la Costa*. Madrid: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Universidad de Cantabria, p. 132.
- (2014). «Cambio Climático en la Costa Española». En: *Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), p. 132.
- (2020). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, p. 246.
- MORIM, Joao; TRENHAM, Claire; HEMER, Mark; WANG, Xiaolan L.; MORI, Nobuhito; CASAS-PRAT, Mercè; SEMEDO, Álvaro; SHIMURA, Tomoya; TIMMERMANS, Ben; CAMUS, Paula; BRICHENO, Lucy; MENTASCHI, Lorenzo; DOBRYNIN, Mikhail; FENG, Yang y ERIKSON, Li (2020). «A Global ensemble of ocean wave climate projections from CMIP5-driven models». *Scientific Data*, 7 (105), 1-10.
<<https://doi.org/10.1038/s41597-020-0446-2>>
- OJEDA, José; ÁLVAREZ, José Ignacio; MARTÍN, Daniel y FRAILE, Pablo (2009). «El uso de las TIG para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España)». *GeoFocus*, 9, 83-100.
- OLCINA, Jorge y OLIVA, Antonio (2020a). «Riesgo de temporales en la línea de costa». En: OLCINA CANTOS, J. (coord.). *Plan de Acción Territorial de la Vega Baja: Informe Riesgos Ambientales*, 27-33.
- (2020b). «Estudio técnico: “Gota fría” de septiembre de 2019 e inundaciones en la Vega Baja del Segura. Causas atmosféricas y efectos territoriales. Propuestas de actuación». En: CONSELL VALENCIÀ DE CULTURA (ed.). *La cultura como elemento de progreso en la Vega Baja*. Valencia: Consell Valencià de Cultura, 261. Recuperado de <<https://cvc.gva.es/es/documentos-es/informe-la-cultura-como-elemento-de-progreso-en-la-vega-baja/>>.

- PEÑA, Lorena; ONAINDIA, Miren; MUÑOZ, Oihane; AMAYA, Ariane; FERNÁNDEZ DE MANUEL, Beatriz y AMETZAGA-ARREGI, Ibone (2020). «Soluciones basadas en la naturaleza frente al cambio climático: restauración de dunas y marismas». *AZTI, Revista de Investigación Marina*, 27 (1), 69-72.
- PÉREZ-MORALES, Alfredo; GIL-GUIRADO, Salvador y OLCINA, Jorge (2016). «La información catastral como herramienta para el análisis de la exposición al peligro de inundaciones en el litoral mediterráneo español». *Revista de Estudios Urbanos y Regionales (EURE)*, 42, 127, 231-256.
- PUIG, María; MONTES, Juan; RÍO, Laura del; BENAVENTE, Javier y GRACIA, Francisco Javier (2017). «Costa gaditana: esos temibles temporales costeros». *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 25 (2), 247-249.
- RIBAS, Anna y SAURÍ, David (coord.) (2020). «El temporal Glòria vist per la Geografia». *Treballs de la Societat Catalana de Geografia* (89, n.º especial). Societat Catalana de Geografia, p. 258.
- RODRÍGUEZ MATEOS, Juan Carlos (2018). *La Ley de Costas*. Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Sevilla. Recuperado de <<https://docplayer.es/44539628-La-ley-de-costas-dr-juan-carlos-rodriguez-mateos-departamento-de-geografia-humana.html>> [consulta: 24 de abril de 2021].
- SANTIAGO, Iñaki de; LIRIA, Pedro; EPELDE, Irati; CHUST, Guillem y GONZÁLEZ, Manuel (2020). «Efectos del cambio climático en el entorno de las playas del municipio de Donostia/San Sebastián». *AZTI, Revista de Investigación Marina*, 27 (1), 10-12.
- VALDEMORO, H. I. y JIMÉNEZ, J.A. (2006). «The Influence of Shoreline Dynamics on the Use and Exploitation of Mediterranean Tourist Beaches». *Coastal Management*, 34, 405-423.
<<https://doi.org/10.1080/08920750600860324>>
- VERA-REBOLLO, José Fernando; OLCINA, Jorge y SAINZ-PARDO, Alejandro (2019). «La incorporación de la infraestructura verde en la ordenación territorial. El plan de acción territorial de la infraestructura verde del litoral de la Comunidad Valenciana (PATIVEL)». *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, LI (201), 467-490.