

# COSTA GADITANA

## Esos temibles temporales costeros

MARÍA PUIG,  
JUAN MONTES,  
LAURA DEL RÍO,  
JAVIER BENAVENTE Y  
F. JAVIER GRACIA

*Dpto de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. 11510 Puerto Real (Cádiz). maria.puig@uca.es*

### El problema

A nivel mundial, los temporales costeros afectan a millones de personas y generan cuantiosas pérdidas económicas, normalmente debido a las inundaciones que producen.

El riesgo que generan los temporales en las zonas costeras va asociado al tipo del uso del suelo que las caracteriza, lo que hace que para un mismo evento y dependiendo del uso (agrícola, portuario, urbano, etc.), pueda existir un elevado riesgo de catástrofe, o bien una ausencia del mismo.

Los países menos desarrollados situados en zonas costeras bajas y con economías ligadas a los recursos marinos son principalmente los más afectados por estos fenómenos (p.ej. Bangladés). En España, por el contrario, a pesar de que el riesgo asociado es menor, los temporales ocupan el primer puesto dentro de las causas de víctimas mortales por catástrofes naturales (Benavente et al., 2009) y producen un impacto socioeconómico en el litoral que, con frecuencia, es noticia en la prensa.

Recientemente, estas noticias han tenido eco en los medios de comunicación. Oleajes de gran altura acompañados de vientos de gran velocidad, han batido récords y azotado la costa del norte y levante español,



*Fig. 1. Ejemplos de efectos de temporales recientes en diversas playas de la provincia de Cádiz. A) Afloramiento de tuberías y escarpes generados tras un temporal en la playa del Rinconcillo (Algeciras). B) Escollera dañada al norte de la playa de La Victoria (Cádiz). C) Erosión costera y afloramiento de la antigua marisma subyacente a la playa de Camposoto (San Fernando). D) Escarpes y desbordamiento del cordón dunar en la playa de Camposoto (San Fernando).*

provocando daños en las infraestructuras costeras: lavaderos y duchas arrasados, accesos y paseos marítimos derruidos, grandes pérdidas de sedimento en las playas e incluso pérdida de vidas humanas, han sido la huella que han dejado los temporales marítimos en nuestras costas durante estas semanas.

En los últimos años, la costa atlántica también se ha visto afectada por los temporales marítimos, registrando pérdidas económicas y ambientales de diversa cuantía. Tanto playas naturales como playas urbanas han perdido una parte de su volumen de arena, y sus instalaciones se han visto afectadas por la fuerza del oleaje (Fig. 1).

En este sentido, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y

Medio Ambiente ha realizado diversas actuaciones para la protección de la costa y ha adoptado medidas urgentes para reparar los daños causados. Sin embargo, a pesar de las medidas adoptadas, existe en la actualidad una mayor exposición y vulnerabilidad de nuestro litoral ante los temporales costeros, debido al aumento de la población, la ocupación creciente de la franja litoral y el cada vez mayor número de actividades ubicadas en las áreas costeras.

Del mismo modo, en un futuro no muy lejano es probable que el cambio climático aumente en mayor medida el riesgo costero, asociado al ascenso del nivel del mar y a un posible incremento en la frecuencia e intensidad de tormentas. Para el caso de la costa gaditana, las estimaciones señalan un

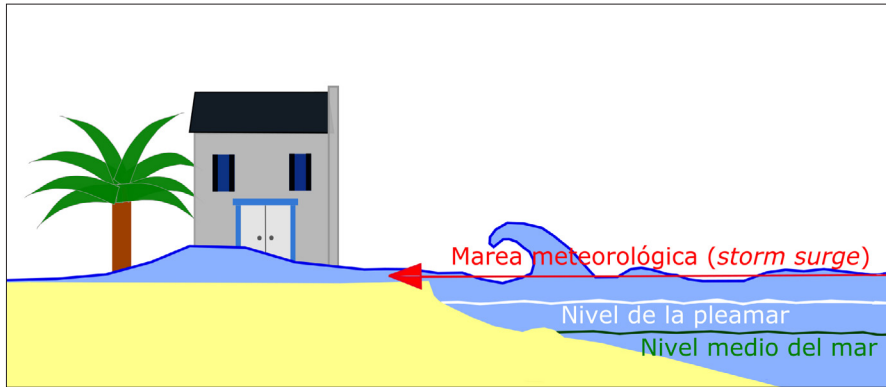


Fig. 2. Esquema de una costa mareal sometida a una marea meteorológica o storm surge.

aumento del nivel del mar en torno a 7 cm para el año 2040 y una tendencia positiva en la energía del oleaje del último siglo (Ribera et al., 2011). Del mismo modo, en las costas cantábrica y gallega las predicciones indican un incremento de dicha energía (IH Cantabria, 2014).

Por último, la urbanización descontrolada de las zonas adyacentes a la costa, las construcciones de obras de defensa (espigones y escolleras) o la destrucción de los sistemas dunares harán aún 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.

### ¿Cómo se producen estos temporales?

En las latitudes en las que se localiza la península Ibérica, los temporales se forman por el contraste de temperaturas al chocar horizontalmente masas atmosféricas de aire caliente y frío, y se asocian a situaciones de bajas presiones, fuertes vientos y precipitaciones.

Estos temporales, también llamados tormentas extra-tropicales, presentan un comportamiento predecible debido a su lento desplazamiento. Su intensidad no es tan significativa como la de los ciclones o huracanes; sin embargo, pueden prolongarse durante varios días y producir grandes cambios en cuestión de horas en las áreas costeras, debido a que llevan asociada una sobre-elevación del nivel del mar.

Esta elevación anómala sobre la marea astronómica, conocida como

marea meteorológica o *storm surge* (Fig. 2), se origina principalmente por la suma de dos componentes: el apilamiento de agua por el efecto del viento soplando en dirección a la costa (*wind set-up*) y el descenso de la presión atmosférica (*barometric set-up*), que produce el ascenso de aproximadamente un centímetro en el nivel del mar por cada milibar de descenso barométrico.

La marea meteorológica se asocia tanto a los temporales como a los ciclones tropicales. Uno de los ejemplos más dramáticos es el ocurrido en la Bahía de Bengala en el año 1970, donde se produjo un aumento del nivel del mar de hasta 10 metros y como consecuencia de dicho evento más de medio millón de personas perdieron sus vidas (Davis y Fitzgerald, 2008).

Por otro lado, el incremento de la energía del oleaje asociado al temporal y la posible coincidencia con mareas astronómicas vivas magnifican este fenómeno. En las zonas micro-mareales, este efecto será siempre extremo al generar una variación del nivel del mar totalmente anómala para estas costas. En consecuencia,



Fig. 3. Estado de la playa de la Victoria (Cádiz) en condiciones de buen tiempo (izquierda) y durante una marea meteorológica (derecha). Las mareas meteorológicas favorecen la llegada del agua a los chiringuitos de la playa.

se pueden llegar a alcanzar niveles del mar extremos que originen grandes inundaciones en las zonas costeras, especialmente en las que presentan relieves de baja altura.

La suma de todos estos factores se denomina marea de tormenta y viene representada por la siguiente expresión:

$$MT = MA + SS + SO$$

- MT: Marea de tormenta.
- MA: Marea astronómica.
- SS: *Storm surge*.
- SO: Sobre-elevación del oleaje.

Como se ha indicado, las inundaciones costeras se ven influenciadas por la topografía de modo que, en zonas bajas como es el caso de la Bahía de Cádiz, la penetración del agua es superior (Fig. 3).

Asimismo, la presencia de desembocaduras fluviales, la altura del nivel freático o las precipitaciones incrementan el efecto de las inundaciones y el consiguiente impacto en la costa.

### ¿Qué tipo de gestión se puede realizar?

Estudiar el efecto de los temporales marítimos es de vital importancia, ya que pueden generar un riesgo considerable en las áreas litorales a corto plazo.

En costas naturales, los mapas de riesgo y los planes de gestión son las herramientas más comunes para identificar las posibles zonas afectadas por la inundación. En zonas urbanas, los sistemas de alerta temprana y los planes de actuación permiten tomar las medidas necesarias para paliar los efectos asociados.

Asimismo, los mapas de riesgo ofrecen información valiosa al determinar las instalaciones que se



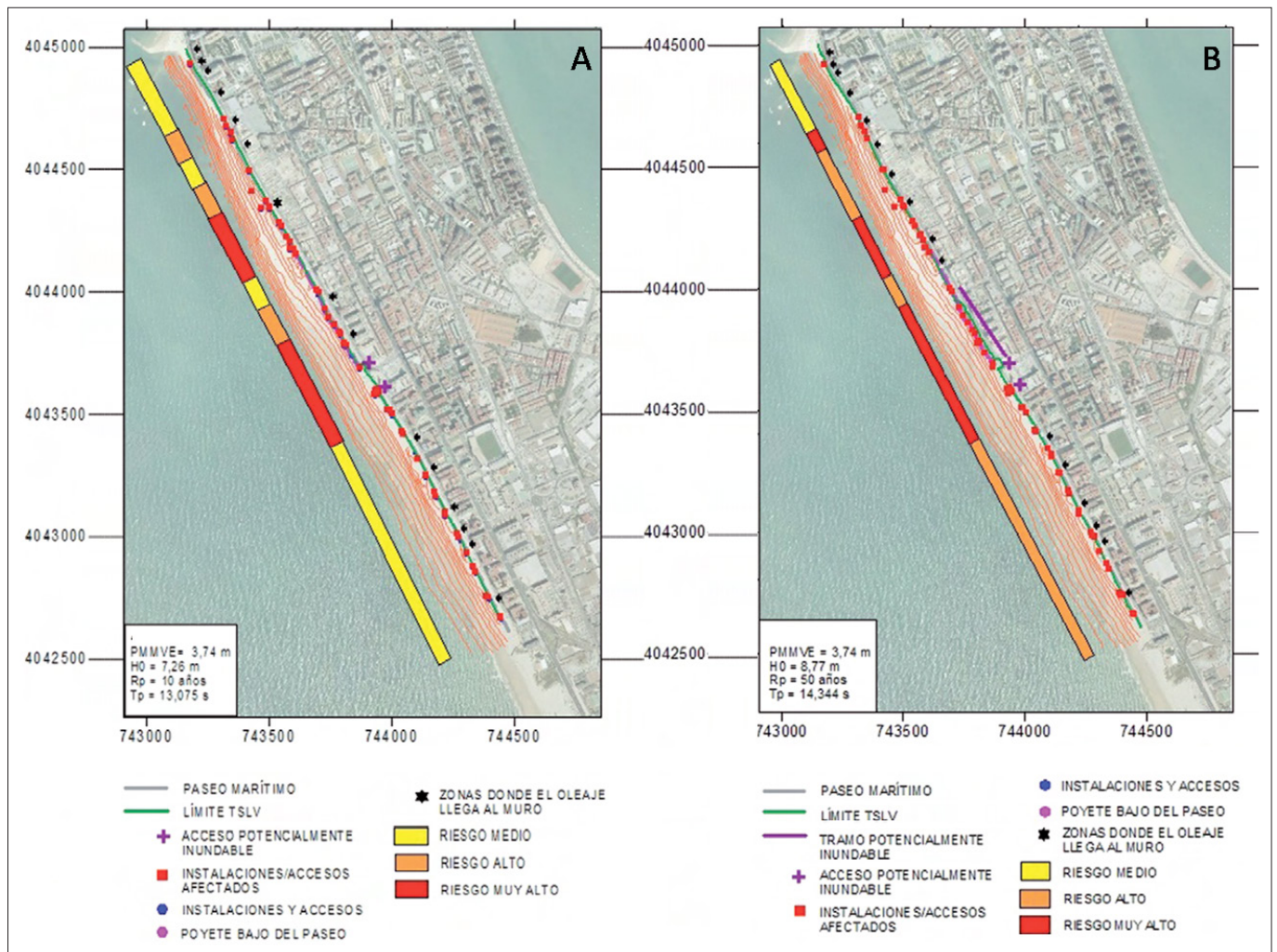


Fig. 4. Ejemplos de mapas de riesgo con diferentes escenarios de temporal para la playa de La Victoria (Durán et al., 2014).

pueden ver potencialmente afectadas y evaluar su posible reubicación. Como se puede apreciar en el ejemplo de la figura 4, la ciudad de Cádiz tendría un gran riesgo de inundación en el caso de que coincidiera una pleamar viva con una tormenta de 10 o 50 años de periodo de retorno. Para este último caso, casi la totalidad de la ciudad sufriría inundaciones, provocando un elevado impacto socioeconómico al verse afectadas un gran número de infraestructuras y actividades.

Las medidas instrumentales obtenidas a partir de las boyas oceanográficas costeras proporcionan información valiosa sobre la tendencia de la energía del oleaje y la frecuencia de los temporales. Del mismo modo, el registro del nivel del mar a través de mareógrafos y la instalación de sen-

sores de presión permiten estimar la cota de inundación, así como la evolución de la posición de la línea de costa.

Por otro lado, el estudio de la respuesta morfodinámica de las playas durante los temporales proporciona información útil para el diseño de medidas adecuadas de planificación y gestión de su uso. Los instrumentos más utilizados para este tipo de seguimiento son DGPS, sistemas de video-monitorización costera, vehículos aéreos no tripulados y sensores LiDAR.

Como conclusión, los temporales son los fenómenos naturales peligrosos que provocan los mayores cambios en la costa, constituyendo uno de los principales riesgos de las áreas litorales. Una gestión integrada de estos medios tan vulnerables y expuestos permitirá una reducción de los impactos asociados, por lo que su estudio a corto y medio plazo es fundamental. ●

### Bibliografía

- Benavente, J., Del Río, L. y Gracia, J. (2009). Riesgos Litorales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17.3, 277-283.
- Davis, R.A. y Fitzgerald, D.M. (2008). *Beaches and Coasts*. Blackwell Publishing company, United Kingdom, 419 pp.
- Durán, C., Benavente, J. y Del Río, L. (2014). Riesgo de inundación por temporales extremos en la playa de La Victoria (Cádiz). *Cuatrernario y Geomorfología*, 28 (3-4), 21-45.
- IH Cantabria (2014). *Página web del visor del proyecto C3E*. URL: [www.c3e.ihcantabria.com](http://www.c3e.ihcantabria.com)
- Ribera, P., Gallego, D., Pena-Ortiz, C., Del Río, L., Plomaritis, T. y Benavente, J. (2011). Reconstruction of Atlantic historical winter coastal storms in the Spanish coasts of the Gulf of Cadiz, 1929–2005. *Natural Hazard and Earth System Sciences* 11, 1715-1722.