

## Desastres naturales en Canarias. La costa como espacio de riesgo en Tenerife

*Natural Disasters in the Canary Islands.  
The Coast as a Risk Area in Tenerife*

AMALIA YANES LUQUE

Universidad de La Laguna

[ayanes@ull.edu.es](mailto:ayanes@ull.edu.es)

### RESUMEN

En el marco de los desastres naturales en Canarias, se analiza la importancia que adquieren los temporales marinos en la isla de Tenerife. Su litoral presenta un elevado grado de urbanización y, por ello, constituye un territorio de riesgo por los efectos negativos que dichos fenómenos pueden ocasionar. Con este motivo, se procede al estudio del comportamiento del oleaje y del viento, entre 1985 y 2003, lo que permite identificar y caracterizar 30 episodios costeros que entrañan peligro de un total de 65 temporales producidos. El examen de una serie de eventos significativos, como los ocurridos el 7/II/2000, 15/XI/2002 y 13-14/IV/2003 en la vertiente norte y oeste de la isla y el 11-13/IV/1987, 9-11/X/1998 y 6-7/II/2002 en la este y sur, posibilita determinar, además, cuáles son las situaciones atmosféricas que provocan los temporales marinos y señalar las modalidades dominantes en las costas según su orientación. De ello resulta el establecimiento de dos tipos de temporal: los de *swell* en el litoral norte y oeste, fruto de una depresión por encima de 40° N, y los de *sea* en el este y sur, coincidiendo con una configuración anticiclónica o una depresión sobre el archipiélago. Por último, se valoran las secuelas que, desde el punto de vista social, causan los episodios más representativos.

**Palabras clave:** Desastre natural, riesgo, temporal marino, Tenerife, Canarias.

### ABSTRACT

In the context of the natural disasters in the Canary Islands, the importance of marine seals in the island of Tenerife is analyzed. The Tenerife coastline is highly urbanized and is, therefore, a risk area because of the negative effects that this phenomenon can cause. The study of the wave and the wind behavior, between 1985 and 2003, makes it possible to identify and characterize 30 adverse coastal events of a total of 65 temporary produced. The examination of a series of significant events, such as those that occurred on 7/II/2000, 15/XI/2002 and 13-14/IV/2003 on the north and west sides of the island and 11-13/IV/1987, 9-11/X/1998 and 6-7/II/2002 in the east and south, can also be used

to determine the atmospheric conditions caused by marine storms and to indicate the dominant modalities in the coasts according to their orientation. The result is the establishment of two types of storm: those of *swell* in the north and west coast, fruit of a depression above 40° N, and of *sea* in the east and south, coinciding with an anticyclonic configuration or a depression over the archipelago.

**Keywords:** Natural disaster, risk, sea storm, Tenerife, Canary Islands.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los desastres naturales son hechos recurrentes y de incidencia apreciable en la sociedad actual, fruto de un episodio natural de carácter extraordinario. Como resultado de un riesgo sobre la población, comportan deterioro ambiental, económico y humano. Si éste es masivo, hasta el punto de ser precisa la ayuda exterior, aquéllos se convierten en catástrofes. Así, la magnitud y la amplitud del período de recuperación marcan la diferencia entre desastres y catástrofes, al ser menores en el primero de los casos (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002; Keller y Blodgett, 2007). No obstante, esta distinción difiere según autores, pues lo que para algunos es desastre para otros es catástrofe y viceversa. Ante esta tesitura, los desastres naturales se contemplan en este trabajo como daños en pérdidas de vidas y/o propiedades, inducidas por la alteración antrópica del medio, cuyos efectos son más o menos limitados en el tiempo y restringidos a áreas relativamente reducidas.

Su importancia en Canarias es manifiesta, si se considera su variedad y sus repercusiones sociales y económicas en un espacio de extensión modesta y fragmentado, cuya habitabilidad y sostenibilidad dependen de la utilización correcta de unos ecosistemas frágiles como son los insulares. La transformación de los procesos físicos y biológicos que rigen su dinámica, por desconocimiento o por intereses particulares, suele comportar un uso y/o unas intensidades de uso del territorio inadecuadas, lo que introduce efectos perturbadores con consecuencias indeseables para la población.

Tales efectos revisten especial notoriedad en la costa, un ámbito muy sensible a los impactos de las actuaciones del hombre conforme se incrementa su utilización social. Ello favorece que los temporales marinos deriven, con mayor frecuencia, en episodios capaces de comportar peligro. Ocurre sobre todo si el frente marítimo es objeto de un continuo urbano carente, por lo común, de planificación racional, lo que en Canarias acontece de modo preferente en sus islas capitalinas.

El examen de las tormentas en el mar como fenómenos costeros adversos en Tenerife es objetivo de este trabajo, dado el interés que presenta su conocimiento en una isla cuyo litoral muestra una apreciable saturación demográfica y urbanística. A ello se añaden el análisis del estado de la atmósfera que origina las tormentas y la valoración de sus secuelas socioeconómicas, lo que muestra su vertiente humana. Este último aspecto no siempre se aborda en los estudios centrados, en líneas generales, en los cambios morfológicos que producen los temporales, especialmente en litorales arenosos, donde se

investigan cuestiones relativas a la modificación del perfil de playa, retroceso de frentes dunares, alteración del transporte longitudinal de sedimentos e inundación costera por elevación anómala de la superficie del mar (Benavente *et al.*, 2009).

Los perjuicios económicos y las víctimas mortales aconsejan un mayor conocimiento de los riesgos costeros al menos en España, donde las pérdidas por erosión litoral se estiman en 4.000 millones de euros entre 1986 y 2016 y en 511 los fallecidos por temporales marinos en el período 1990-2000 (Seisdedos *et al.*, 2013 I, p. 508). Sin embargo, el análisis de las amenazas que entraña el mar se suele limitar a estudios locales sobre dinámica litoral y/o impactos en infraestructuras diversas, como los llevados a cabo en sectores de las costas andaluza (Rangel y Anfuso, 2014), levantina (Tros de Ilarduya, 2005; Seisdedos *et al.*, 2013), catalana (Mendoza y Jiménez, 2008) y cantábrica (Garmendia *et al.*, 2017). Con todo, se ha procedido a la inclusión en el ordenamiento jurídico español de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento y Consejo Europeo de Inundaciones ante la preocupación por sus impactos. De ello resulta la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo de inundación fluvial y costera, la identificación de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación y la creación del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Rodríguez-Báez *et al.*, en prensa). En Canarias, la situación es similar, pues, junto a algunos trabajos puntuales acerca de su clima marítimo (Afonso, 2007 y 2011) y previsible ascenso del nivel marino por motivo del cambio climático (Fraile *et al.*, 2014), lo realizado se centra en Tenerife (Yanes, Marzol y Romero, 2007; Yanes y Marzol, 2009; Yanes, 2012; Mora *et al.*, 2013). La gestión litoral exige disponer, además, de medidas adecuadas ante el incremento de los riesgos costeros. El *corpus* legislativo sobre ordenación territorial es profuso en el archipiélago, aunque su lenta tramitación y/o implementación condicionan su efectividad (Pérez-Chacón *et al.*, 2007).

La consideración de los temporales marinos como hecho de rango extraordinario tiene lugar en el contexto de unas islas en las que hay constancia de desastres naturales en documentos históricos diversos, después de finalizada su Conquista en 1496. A partir de mediados del siglo XVI, actas y acuerdos del Cabildo, cartas dirigidas a la Corona, a la Capitanía General y a la Real Audiencia de Canarias, entre otras instituciones, así como crónicas, grabados y pinturas de naturalistas, historiadores, clérigos, comerciantes y viajeros refieren el desencadenamiento de fenómenos naturales adversos, el temor y consternación que causan en la población, las pérdidas de vidas humanas y la naturaleza y valor de los desperfectos originados. La información que aportan es, con frecuencia, puntual y aproximada, sobre todo cuanto mayor es la antigüedad del documento y sus anotaciones resulten de testimonios indirectos. Además, muchas de las referencias se limitan inicialmente a Tenerife y Gran Canaria, al ser los ámbitos más habitados del archipiélago y base de su economía. Esta situación revierte de modo paulatino en el transcurso de los siglos XVIII y XIX, pues un creciente interés por el conocimiento del medio natural introduce mayor precisión en las referencias y su ampliación a otras islas (Romero, 1991a y b; Romero y Yanes, 1995; Quirantes *et al.*, 1993) (Fig. 1).

En la actualidad, los trabajos de investigación son claves en el análisis de los desastres naturales, porque se centran en el examen de los mecanismos que concurren en su génesis y desarrollo (Romero, 1991a y b; Quirantes *et al.*, 1993; Romero y Yanes, 1995; Mayer, 1999 y 2003; Marzol, 2002a y b; Roldán, 2002; Romero y Máyer, 2002; Criado y Dorta, 2003; Marzol *et al.*, 2006; Dorta, 2007; Yanes *et al.*, 2007; Yanes y Marzol, 2009; Betancourt y Dorta, 2010; López, 2013; López-Díez *et al.*, 2016). De ahí la especial atención prestada al empleo de datos numéricos sobre elementos del medio natural procedentes de registro instrumental; también a la labor de campo para detectar los cambios que originan los desastres en la morfología y dinámica natural y en las realizaciones humanas, como ocurre, por ejemplo, con los ocasionados por el clima, estado del mar y procesos eruptivos (Fig. 1). A esta circunstancia se añade, además, la conveniencia del estudio de las secuelas derivadas de sucesos extremos para la prevención de riesgos. De modo paralelo, la prensa permite una aproximación a los peligros naturales, pues se hace eco y da a conocer con rapidez las situaciones de peligro que alteran la vida cotidiana. Su condición de medio de comunicación de masas refleja, además, la preocupación social ante sus efectos.



Figura 1. Naturaleza de la información sobre desastres naturales en Canarias. Izquierda: fragmento del manuscrito sobre “Estado en que se describen los estragos que causó el grande Aluvi6n del 7 al 8 de noviembre de 1826”. Fuente: Archivo Hist6rico Provincial de Santa Cruz de Tenerife: Archivo Z6rate C6logan. Derecha: reconocimiento a6reo de la mancha debida a la emisi6n de gases de la erupci6n volc6nica submarina de La Restinga (S de El Hierro), en 2011. Foto: Guardia Civil- Zona de Canarias (7/XI/2011). Fuente: Involc6n.

## 2. UNA LARGA HISTORIA DE CALAMIDADES EN CANARIAS: LOS EFECTOS SOCIOECON6MICOS DE LOS DESASTRES NATURALES

A pesar de la dispar informaci6n, las muestras de la interferencia de los desastres naturales en las actividades de la poblaci6n insular son numerosas. Sin pretender hacer una relaci6n exhaustiva de la tipolog6a de los fen6menos seg6n el orden cronol6gico en el

que acontecen, intensidad, territorio y población afectados, lo cierto es que son múltiples los sucesos que se ciernen sobre aquélla. En esta línea, es posible destacar los relativos a los temporales de lluvia y viento, episodios térmicos y de escasez de agua, así como manifestaciones volcánicas.

## 2.1. Temporales de lluvia y viento

Muchos de los desastres naturales que se producen en el archipiélago se relacionan con la llegada de borrascas del Frente Polar a la latitud de Canarias, cuando se aleja o debilita el anticiclón de Azores (Marzol y Máyer, 2012). La inestabilidad atmosférica consiguiente da lugar a lluvias de notable torrencialidad, causantes a menudo de fuertes inundaciones. Los denominados *diluvios de San Dámaso y de San Florencio* están entre las más destacables. El primero es un episodio tormentoso que se produce en Garachico, localidad del noroeste de Tenerife, el 11 de diciembre de 1645, en el que pierden la vida más de 100 personas, desaparecen bajo los escombros arrastrados por los barrancos unas 80 casas y parte de su bahía, y donde además se hunden 14 embarcaciones (Romero y Beltrán, 2007, I, p. 96). El segundo se deja sentir en casi toda Canarias entre el 7 y 8 de noviembre de 1826, aunque Tenerife es la más afectada, a tenor de la magnitud de los perjuicios. Solo en el Valle de La Orotava, en el norte de esa isla, la violencia de la lluvia y la fuerza de la escorrentía remodelan los conos aluviales de sus principales torrentes, adelantan la línea de costa unos 200 metros y ocasionan el fallecimiento de al menos 200 personas (Quirantes *et al.*, 1993, I, p. 612). A pesar de no haberse vuelto a registrar una cifra semejante, las riadas ocurridas en diversos momentos de la historia de La Palma se saldan también con un número elevado de víctimas. Es el caso, entre otras, de la acontecida en Las Breñas, pago de su vertiente oriental, donde el fuerte temporal de lluvia y viento del 8 de diciembre de 1841 ocasiona 10 muertes (Lorenzo-Rodríguez, 2010, I, p. 7); en la *Tragedia de El Llanito*, nombre dado localmente a la avenida del 16 de enero de 1957, el ímpetu de las aguas cargadas de barro, piedras y troncos se cobra la vida de 32 personas, además de arruinar cultivos y viviendas, cortar puentes y obligar a la evacuación de 240 vecinos por incremento del caudal y desbordamiento de varios barrancos (Pérez-Hernández, 2002) (Fig. 2). Situaciones similares se registran en La Gomera, donde es de triste recuerdo el *Año de la arrastrada*; expresión popular que remite al temporal que el 30 de octubre de 1941 se desata en la isla, aunque con especial virulencia en Valle Gran Rey. En este municipio de su extremo suroeste, la gran crecida del barranco causa muchas penurias materiales y desgracias personales, entre las que se contabilizan 8 muertes (Chácaras y Tambores de Guadá, 2011).

La severidad de las lluvias origina, de igual manera, múltiples desperfectos en instalaciones agrícolas y ganaderas, conducciones de agua, vías de comunicación y edificaciones, como las producidas en el este de La Gomera en diciembre de 1999 y cuyo valor se calcula en 485 millones de pesetas (2.914.838 euros) (Horcajada *et al.*, 2000, I, p. 151); así mismo, en buena parte de Gran Canaria, en febrero de 1989, donde las pérdidas en

infraestructuras agrarias y viarias, mobiliario urbano e inundación de viviendas y locales se cifran en casi 1.723 millones de pesetas (10.355.189 euros) (Máyer, 1999, I, p. 279). Sobresalen las de su capital, Las Palmas de Gran Canaria, en relación con la amplificación de los impactos inherentes a una expansión continuada, pero no siempre planificada, del espacio construido; realidad que se observa también en Santa Cruz de Tenerife, el otro gran núcleo urbano del archipiélago, donde lluvias de cierta intensidad suelen convertir sus calles en auténticas riadas. Son claros exponentes, entre otros, los eventos tormentosos de septiembre de 1967, diciembre de 1977 y marzo de 2002, este último con 8 víctimas mortales y desperfectos por un valor de al menos 120 millones de euros (Marzol, 2002a, I, p. 462 y 468). Pero son quizás las secuelas de la tormenta tropical Delta, ocurrida entre el 28 y 29 de noviembre de 2005, las de mayor impronta actual en Canarias, debido, por un lado, a que las islas son barridas por vientos huracanados nunca antes conocidos, al alejarse de su trayectoria habitual y desplazarse hacia el este (Betencourt y Dorta, 2010); y, por otro, a que sus pérdidas se cuentan entre las más elevadas de las registradas hasta la fecha (Fig. 2). Dan idea de ello los 28 millones de euros que conceden, entre finales de 2005 y mediados de 2006, el Gobierno de Canarias y la Administración General del Estado en concepto de actuaciones urgentes para reparación de viviendas, infraestructuras municipales, red viaria de Cabildos y producciones agrícolas, mientras se continúa con la valoración del siniestro (BOC N° 255 de 30 de diciembre de 2005 y BOE N° 120 de 20 de mayo de 2006).



**Figura 2.** Impactos socioeconómicos de temporales de lluvia y viento en Canarias. Izquierda: secuelas del aluvionamiento de Las Breñas (E de La Palma) en 1957. Foto: [www.juancarlosdiazlorenzo.com](http://www.juancarlosdiazlorenzo.com). Derecha: desperfectos en el SE de Tenerife debidos al paso del Delta en 2005. Foto: Diario de Avisos (29/XI/2005).

Episodios de lluvia y viento como los reseñados hacen de la costa, en ocasiones, un espacio peligroso, porque desencadenan un furioso oleaje que bien avanza hacia el interior de núcleos poblados o bien destroza, en grado variable, las instalaciones portuarias y/o impide el normal desarrollo de su actividad. En Tenerife sucede con motivo de los temporales marinos de abril de 1719 y 1821, enero de 1902 y 1999 y marzo de 2003 (Cioranescu, 1993; Romero y Yanes, 1995).

## 2.2. Episodios térmicos y escasez de agua

Las olas de calor y la sequía son motivo, así mismo, de situaciones de riesgo en Canarias por la presencia prolongada del anticiclón de Azores, lo que impide la aproximación de las borrascas atlánticas (Dorta, 2007; Marzol y Máyer, 2012). Las 16 muertes sobrevenidas en julio de 2004 y 2006 en las islas (Dorta, 2007, I, p. 149) evidencian la huella que dejan en la población el fuerte ascenso de la temperatura y la drástica reducción de la humedad relativa, después de la llegada a las islas de vientos saharianos, muy cálidos y cargados de polvo en suspensión, que agravan ciertas enfermedades respiratorias (Dorta, 2007, I, p. 149).

Por lo que respecta al déficit hídrico, su impacto se reduce en la actualidad a una merma de la productividad agraria, ya que incluso en los años más secos –1966 y 1994– el abastecimiento de agua está garantizado por plantas desaladoras y potabilizadoras (Marzol, 2002b). Realidad diferente concurre en las secas históricas, de amplia repercusión social, sobre todo en las islas orientales. Así lo apuntan, por un lado, las rogativas pro lluvia en Gran Canaria durante el siglo XVII: 42 en 16 años, ante una indigencia pluviométrica persistente, desde algunos meses (1607 y 1677) hasta períodos de varios años (1620-1635) (Romero y Máyer, 2002); y, por otro lado, las hambrunas en Lanzarote y Fuerteventura, en las que a la muerte acompaña la emigración a otros ámbitos de Canarias (Roldán, 2002). Especial interés reviste la sufrida por la población de Fuerteventura en 1721-1723, al estimarse que “frente a una medida normal de enterramientos, en los años anteriores, de 35, en el que va de octubre de 1721 a octubre de 1722, los entierros son 192, alta cifra debido sin duda al hambre” (Roldán, 2002, I, p. 126). A estas víctimas se suma la “llegada a Gran Canaria de unas 3.000 personas conjuntamente de esa isla y de Lanzarote” (Roldán, 2002, I, p. 131). En otros momentos, la escasez de alimento obedece a plagas de langosta, de las que hay constancia en Canarias desde 1580 (Romero y Yanes, 1995, I, p. 1031). Devastadoras en el pasado, sobre todo cuando coinciden con sequías, hoy son un fenómeno controlado.

## 2.3. Manifestaciones volcánicas

El carácter activo del volcanismo canario, con erupciones históricas en Tenerife, Lanzarote, La Palma y El Hierro, propicia, como en el caso de la sequía, los desplazamientos de población. Acontece con motivo de la ruina a que da lugar en el centro-oeste de Lanzarote la erupción de Timanfaya de 1730-1736, al arrasarse sus lavas las áreas de cultivo más fértiles, que afectaron al 57% de sus 4.977 habitantes (Romero, 1991b, I, p. 89). La magnitud del desastre impone el abandono de la isla, a pesar de los impedimentos iniciales de la autoridad civil por miedo al desdoblamiento y retroceso de la actividad agrícola y comercial. Con todo, “unos cinco meses después de comenzada la erupción habría emigrado de la isla la nada despreciable cantidad del 44% de la población” (Romero, 1991b, I, p. 90).

El temor que despierta el volcanismo submarino en el sur de El Hierro, entre el 10 de octubre de 2011 y el 5 de marzo de 2012, determina igualmente un cambio del lugar habitual de residencia. Los seísmos, la deformación del terreno, la emisión de gases y la aparición de materiales finos en la superficie del mar aconsejan la evacuación temporal de los 550 moradores de La Restinga, pues la erupción tiene lugar a unos dos kilómetros de su costa. La inquietud de los residentes aumenta al paralizarse su economía, centrada en el turismo, la pesca y las prácticas subacuáticas. Esta situación lleva al Cabildo Insular a declarar el estado de emergencia social y económica en el municipio de El Pinar, al que pertenece La Restinga (Pérez-Torrado *et al.*, 2012; López, 2013).

Si bien se han realizado investigaciones numerosas acerca de los desastres naturales en Canarias, los análisis sobre temporales marinos no han sido objeto de especial atención. Ello puede obedecer al interés que concitan el aluvionamiento y el volcanismo, debido, en el primer caso, a la intensidad y capacidad de acarreo que, en ocasiones, adquiere la escorrentía y, en el segundo, a la pervivencia de la eruptividad. Pero también a la falta de una conciencia clara sobre la peligrosidad que propicia la intensa litoralización de la población insular.

### 3. TEMPORALES MARINOS EN TENERIFE

Tenerife, la mayor isla del archipiélago y de las Canarias occidentales con 2.034 km<sup>2</sup>, concentra en el litoral buena parte de su dinamismo socioeconómico, al ser el turismo de sol y playa la base de su modelo de desarrollo desde 1960. La rentabilidad mercantil que adquiere la costa, a partir de entonces, propicia un trasvase continuado de población desde las *medianías*<sup>1</sup> de la fachada norte, que altera de modo apreciable la estructura territorial insular. Hoy, cerca del 70% de sus 888.184 habitantes (2015) reside por debajo de los 200 metros de altitud. Y lo hace sobre todo en el entorno de enclaves turísticos de nueva creación, que, junto a los núcleos urbanos consolidados, van colmatando el perímetro de la isla para acoger a un volumen de turistas, que pasa de poco más de un millón en 1980 a cinco millones y medio en 2016, al tiempo que las plazas alojativas lo hacen, en igual período, de 64.472 a 158.295 (Cabildo Insular de Tenerife).

Participes destacados de esta redistribución poblacional son las municipalidades de la vertiente sur, donde la industria ligada al ocio y recreación junto al mar encuentra más de un 65% de horas de sol al año y tierras disponibles para una explotación intensiva. Lo evidencian los municipios de Adeje y Arona, que evolucionan desde una agricultura marginal de secano y cultivos bajo plástico hasta convertirse en los centros turísticos más importantes de la isla. En 2016 acogen conjuntamente cerca del 30% de los 1.049 establecimientos turísticos autorizados de Tenerife y un total de 87.061 plazas alojativas (Cabildo Insular de Tenerife) (Fig. 3).

---

1 Banda bioclimática entre 400 y 1000 metros de altura expuesta a los alisios del NE, donde se concentra inicialmente la mayor parte de la población insular por sus favorables condiciones de suelo y humedad.



Figura 3. Transformación de la costa de Arona (Suroeste de Tenerife): del secano agrícola de la década de 1960 al actual imperio de la urbanización. Fotos: Grafcan (1963) y Atlas Digital de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife (2013).

A la concentración costera del poblamiento contribuyen también el Puerto de La Cruz y Santa Cruz de Tenerife. El primero, en el norte de la isla, por su muy temprana especialización turística, al ser enclave frecuentado ya a mediados del siglo XIX por la bondad de su clima y belleza paisajística de sus alrededores. La segunda, en el noreste, por sumar, a su condición de capital insular y autonómica, las funciones portuaria, administrativa, comercial y de servicios.

Esta ocupación del frente de mar se produce en terrenos no siempre adecuados para los fines a que se destinan, lo que se debe en gran parte a lo abrupto de un litoral en cuyo modelado dominan los acantilados. Dado que Tenerife es un monolito emergido del fondo oceánico por superposición de lavas y piroclastos, en relación con la actividad magmática de un punto caliente intraplaca, el 65% de los 398 kilómetros de su perímetro son escarpes desde 5-10 metros hasta 250-400 metros de altura en macizos volcánicos antiguos, dorsales, conos y coladas de diferente edad y litología. La costa rocosa baja sólo supone un 12%, mientras que un 17% corresponde a playas y un 6% a obras artificiales. Contrarrestan esta configuración pequeños deltas lávicos adosados al pie de algunos cantiles, desde donde se adentran en el mar (Fig. 4). Fruto de una reanudación del volcanismo en enclaves puntuales de macizos y dorsales, su topografía tendida facilita el asentamiento de la población y su uso para la práctica agrícola, a pesar de su reducida dimensión. Ejemplos de ellos son, en el norte de la isla, Punta del Hidalgo, Puerto de La Cruz, Icod, Garachico y Daute (Yanes, 2006).

En cualquier caso, la escasez de terrenos llanos es manifiesta, lo que acentúa la compartimentación del relieve insular por un sistema hídrico que integran barrancos más o menos estrechos y profundos, según la antigüedad de las estructuras volcánicas (Romero *et al.*, 2004) (Fig. 4). Aunque son cauces secos por lo mediocre e irregular de las lluvias, registran a veces fuertes escorrentías con motivo de aguaceros intensos (umbral de riesgo >50 mm/24 h; 1,8% de los días lluviosos), tras el paso sobre Canarias de las borrascas del Frente Polar (Marzol *et al.*, 2006, I, p. 444; Marzol y Máyer, 2012).



**Figura 4.** Relieve acusado y marcados desniveles característicos del modelado de Tenerife. Izquierda: acantilados y delta lávico en Icod (Norte de Tenerife) Foto: [www.fotosaereasdec Canarias.com](http://www.fotosaereasdec Canarias.com). Derecha: barrancos del macizo volcánico antiguo de Anaga (NE de Tenerife). Foto: A. Yanes (2010).

La conquista del litoral precisa, por todo ello, de su acomodación para satisfacer la demanda de muchos centros turísticos en cuanto a instalación de edificaciones en primera línea de costa, regeneración artificial de playas y creación de puertos deportivos. Pero también su ampliación mediante terrenos ganados al mar, para la expansión del dominio construido, vías de comunicación, infraestructuras portuarias, dársenas pesqueras y polígonos industriales, de lo que es buen ejemplo Santa Cruz de Tenerife.

### 3.1. Datos y metodología

Los episodios de mar bravía pueden adquirir, como cualquier otra manifestación natural, carácter de fenómeno extraordinario en la medida en que ocasionen daños en la costa, lo que, de suceder, tiene lugar de forma casi instantánea, por incremento apreciable de la intensidad del oleaje (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002; Olcina 2006). Y es así, tanto si se trata de un *sea*, en cuanto que oleaje de mar de viento o local fruto del sople directo del aire sobre la superficie oceánica, como de un *swell* u oleaje de mar de fondo o distante, que se dispersa en el océano alejándose del área en la que sopla el viento.

En Tenerife, se procede al examen de tales episodios mediante datos de oleaje escalar y direccional originarios de Puertos del Estado, para una serie comprendida entre 1985 y 2003. Se trata, en el primer caso, de registros de la altura de las olas significante ( $H_s$ , metros) y máxima ( $H_{max}$ , metros) y del período de pico ( $T_p$ , segundos) de las boyas de Santa Cruz de Tenerife (1995-2003) y Tenerife-Sur (1998-2002); en el segundo, de valores de altura de ola significante, período de pico, dirección de procedencia del oleaje, rumbo y velocidad del viento (m/s) de modelos numéricos de propagación de olas (puntos Wana) (1995-2003), a partir de los que se calcula la altura de la ola máxima y la longitud de onda ( $L$ , metros) (Fig. 5). En el período 1985-2003 se trabaja así mismo con datos de mareas del mareógrafo de Tenerife (Puertos del Estado), racha máxima,

boletines meteorológicos diarios (AeMet) y reseñas sobre daños de rotativos regionales de amplia tirada (El Día y Diario de Avisos). Por último, a pesar de la diferencia temporal de la información disponible, se estima que la misma permite avanzar en el conocimiento del fenómeno en estudio.

Desde una óptica metodológica, se efectúa un análisis estadístico anual y estacional de las variables de oleaje y viento para definir su régimen habitual y detectar temporales marinos, cuyas fluctuaciones se estudian a escala diaria y horaria (Afonso, 2007; Yanes *et al.*, 2007). Se actúa en tal sentido en los episodios en los que la altura de la Hs, como principal indicador del oleaje, supere el umbral de riesgo establecido. Éste lo es mediante el percentil 99, al ser la medida que mejor recoge los valores extremos de aquélla (Yanes *et al.*, 2007; Yanes y Marzol, 2009). En este contexto, se contempla que dicho umbral debe ser rebasado al menos durante doce horas seguidas, tiempo correspondiente al desarrollo de un ciclo mareal completo en una costa de rango semidiurno (Rangel y Anfuso, 2014), como es la de Tenerife. Se desechan, no obstante, los temporales en cuyo transcurso se producen interrupciones significativas en el registro de los datos. Completan la labor realizada el estudio de las topografías de superficie, de 500 y 300 hPa, para localizar los centros de presión y tipo de tiempo que concurren en los temporales, y la valoración cualitativa de las anotaciones de prensa, según el tratamiento formal y argumental de que son objeto. En este sentido, se sopesa la entidad del relato periodístico, pues en unos casos la información acerca de la fuerza del oleaje, áreas afectadas y sus consecuencias es exhaustiva y precisa y, por ello, objeto de portada; en otros, se reduce a una breve reseña sobre la agitación del mar en páginas interiores (Yanes y Marzol, 2009).

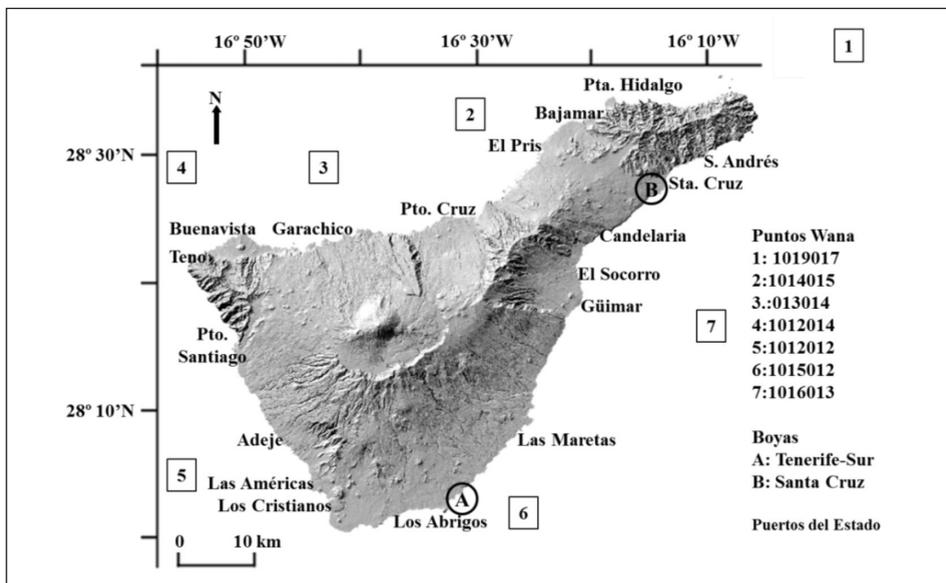


Figura 5. Localización de puntos Wana y boyas en Tenerife. Fuente: Puertos del Estado. Elaboración propia.

### 3.2. Régimen habitual del oleaje y caracterización de temporales marinos

En el período estudiado se contabiliza un total de 65 situaciones de temporal marino, en las que el estado del mar difiere con claridad del régimen habitual. Sin embargo, no todas entrañan riesgos, pues de 35 (53,8%) no hay referencias en la prensa que apunten en tal sentido. La identificación de esos 65 temporales, repercutan o no en la organización socioeconómica insular, resulta de la aplicación de un umbral de riesgo. Si bien parece no existir “ningún umbral absoluto a partir del cual un movimiento ondulatorio en el mar se considera un evento extremo” (Afonso, 2011, I, p. 69), el análisis de los valores extremos de Hs realizado determina que la altura para discriminar temporales marinos se cifre en 5 metros de Hs en la costa norte de la isla, en 3,5 metros en la oeste y en 1,9 metros en la este-sureste (Yanes *et al.*, 2007).

El establecimiento de estos tres umbrales obedece a las variaciones espaciales y temporales del oleaje medio anual en Tenerife. Aunque éste se define por la moderación de un *sea* del NNE-NE (50%) de 1,4 metros de Hs, 9,5 segundos de Tp y 162,6 metros de L, los contrastes de orientación del litoral matizan el régimen habitual. Así, el carácter abierto y expuesto del septentrional a oleajes procedentes del Atlántico Norte incrementa los valores de la Hs, Tp y L hasta 2,1 metros, 11,2 segundos y 214 metros, respectivamente; situación extensiva a la costa oeste, aun cuando la relativa frecuencia de las calmas limita la Hs a 1,5 metros de altura. La disposición abrigada del litoral este-sureste a oleajes distantes reduce los registros de la Hs a una media de 0,7 metros, del Tp a 7,1 segundos y de la L a 97,1 metros. Las diferencias se repiten a nivel estacional, de forma que en primavera-verano el 41% de las olas en Tenerife tiene 1,1 metros de altura, mientras que en el norte de la isla el 60% de los registros corresponde a las de 1-2 metros y en el este-sureste las <1 metro suponen el 74%. La prevalencia del *sea* es prácticamente absoluta, pues la mayor persistencia e intensidad del anticiclón de Azores refuerzan el viento local. En otoño-invierno lo sobresaliente son las ondas de 3-4 metros de altura de la costa septentrional en el 19% de los días, valor de sólo el 6% en el conjunto insular mientras en la este-sureste las más altas son las de 1-2 metros (12%). El *swell* del NNO y NO adquiere cierta notoriedad, ya que el desplazamiento de dicho anticiclón en latitud o longitud permite la arribada de olas de 300 o más metros de L y 18-20 segundos de Tp (Yanes *et al.*, 2007; Yanes y Marzol, 2009).

En este marco, los temporales marinos identificados son episodios de rasgos específicos, atendiendo a la época del año en que se producen, sector en el que inciden, extensión temporal, evolución del oleaje, factores desencadenantes e impactos que ocasionan (Tabla I).

A partir de su observación, es posible contraponer el predominio de las tormentas en el mar de invierno-primavera (77,5%) a la menor frecuencia de las de otoño; de igual manera, su distinta distribución espacial, toda vez que el 70% acontece en un único ámbito costero mientras el resto lo hace de forma simultánea en dos de ellos. Los contrastes se observan igualmente en lo relativo a su duración, pues a los temporales con desarrollo de 1 a 2 días (78%) se oponen los que alcanzan casi 3. Por lo que respecta al oleaje, sobresale

la regularidad del *swell*, que tiene lugar en el 62% de los eventos tormentosos frente a las fluctuaciones del *sea*. En ocasiones, sin embargo, la combinación de uno y otro puede reforzar la intensidad del fenómeno.

**Tabla I.** Características de los temporales marinos en Tenerife (1985-2003) (%)

Fuente: Puertos del Estado, Elaboración propia

Época del año		Distribución por vertientes costeras		Duración (días)		Tipo de oleaje		
Inv/Prim	77,5	1 vertiente	N	14	≤1	29	Swell	62
Otoño	16		O	6	1,5-2	49		
Verano	6,5		E-S	50	3	22		
Total	100	2 vertientes	30		Total	100	Sea	28
		Total	100				Total	100

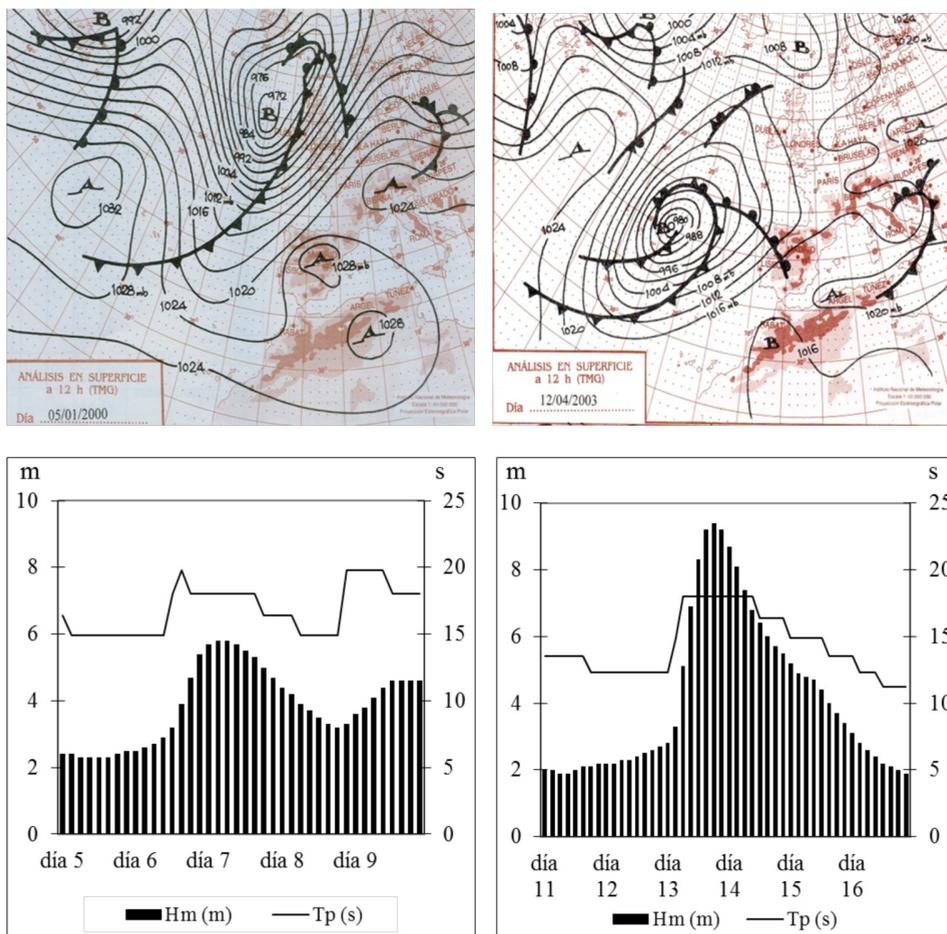
La desigual configuración atmosférica que concurre en las situaciones de mar agitada es un aspecto que también se ha de contemplar. Aunque supeditadas a condiciones de inestabilidad por su naturaleza mayoritariamente invernal, el 43% está ligada a vientos intensos del N propiciados por una depresión potente al NO de las Islas Británicas, el 16% a flujos intensos del O y NO generados por borrascas instaladas en la vertical del archipiélago y el 41% restante responde a vientos alisios fuertes en una situación anticiclónica en la región de Canarias. Por último, el conocimiento de los efectos de la furia de las olas introduce un matiz diferenciador, dado que la prensa alude a impactos sólo en el 46% de los temporales. En los demás, las secuelas, en caso de haberse producido, pueden ser de escasa o nula significación, por lo que no quedan recogidas en los medios de comunicación.

Desde la perspectiva de los desastres naturales, es posible aquilatar con más precisión el riesgo que entrañan los temporales marinos en Tenerife mediante el examen de situaciones seleccionadas, ya que proporcionan una mejor visión sobre los cambios en el estado del mar y el grado de exposición y vulnerabilidad de la población. Al margen de los carentes de registro en la prensa, se analizan temporales representativos, por un lado, de los que inciden en la costa norte y oeste en razón, por lo común, de un oleaje desarrollado y de comportamiento regular; y, por otro, de los característicos del litoral este y sur, fruto, en líneas generales, de un oleaje local y de proceder más o menos irregular.

### 3.2.1. Temporales de *swell* en el norte y oeste de Tenerife

Los temporales marinos del 7/I/2000, 15/XI/2002 y 13-14/IV/2003 son buenos exponentes del incremento de la energía que alcanzan las olas en estos sectores de la isla, cuando una depresión al norte del paralelo 40° altera el estado del mar en la región de Canarias. En el de enero de 2000, tal alteración obedece a una potente borrasca sobre Irlanda (972 hPa), al tiempo que se formaliza una circulación del Oeste pronunciada a todos los niveles y se registra una anticiclónica con flujos moderados al sur de ese paralelo.

De hecho, durante las veinticuatro horas de este temporal su velocidad máxima es de 23 km/h. Considerando que la mayor intensidad del viento se produce en las latitudes medias, lo que llega al entorno de Canarias son olas de casi 500 metros de L y 18 segundos de Tp, propias de un *swell* desarrollado. Y lo es porque la distancia a lo largo del océano sobre la cual el viento ejerce su acción *-fetch-* puede rebasar los 3.000 kilómetros. En cuanto a la Hs, su aumento es paulatino desde quince horas antes del inicio del fenómeno. En ese tiempo evoluciona de 2,8 metros a un máximo de 5,8 en el centro del temporal, lo que sucede en el tránsito de la pleamar a la bajamar con un nivel del mar de 2,14 metros. Por su parte, la Hmax se sitúa en 9,9 metros (Fig. 6). A partir de ese momento, la caída de los registros hasta la finalización del temporal es aún más gradual.



**Figura 6.** Configuración atmosférica y evolución del oleaje en temporales de *swell* en la costa norte y oeste de Tenerife. Izquierda: temporal de 7/1/2000. Derecha: temporal de 13-14/IV/2003. Fuente: AeMet y Puertos del Estado. Elaboración propia.

En los eventos de noviembre de 2002 y abril de 2003, la mayor potencia de las olas resulta de vientos fuertes del N sobre el archipiélago, ante una situación de dipolo entre una borrasca al SO de Irlanda y el anticiclón de Azores en el centro del Atlántico. Con un gradiente barométrico de 40-60 hPa, la velocidad del aire fluctúa entre 10-30 km/h en los días previos al temporal hasta llegar a 40-50 km/h en su centro, aunque con rachas próximas a 70 km/h. El resultado es un *swell* del NNO de casi 2 días de duración, cuyos parámetros experimentan un ascenso bastante rápido y patente (Fig. 6). Con valores altos, éstos son muy relevantes en el evento de abril de 2003, ya que la altura de la Hs se cifra en 7 metros y la de la Hamx en 12. No obstante, una y otra se sitúan puntualmente en 12 y 16 metros coincidiendo con el paso de la pleamar a la bajamar, momento en el que el nivel medio de la marea astronómica es de 2,27 metros. Tales registros hacen de éste el segundo temporal más enérgico de los acontecidos en Canarias en los últimos 52 años, estimándose en veinte años su período de retorno (Afonso, 2011). La pérdida de energía es progresiva en la fase final del temporal, hasta el punto que la altura de las olas tarda un cierto tiempo en recuperar valores similares a los anteriores al mismo.

La afectación de tramos costeros de los municipios de La Laguna (Bajamar y Tejina), Tacoronte (El Pris), Puerto de La Cruz, Garachico y Buenavista, en el norte de Tenerife, y de Adeje, en el oeste, muestra la gran incidencia espacial de estos temporales. El Puerto de La Cruz y Garachico son, sin embargo, los ámbitos de mayores impactos, porque al ser deltas lávicos están expuestos a una refracción convergente; hecho al que se suma, de un lado, que las olas proyectan contra ellos buena parte de su energía inicial, apenas disipada por lo reducido de la superficie bajo las aguas; y, de otro lado, una apreciable turbulencia del mar debida a los escollos y canales de derrame lávico que se prolongan bajo éste.

Las pérdidas ocasionadas son de distinta índole, a tenor de su carácter personal y material. En el primer caso, lo habitual es que se trate de heridos de diversa consideración al ser arrastrados por las olas desde el muelle pesquero en el que observan la furia de sus embates, contraviniendo la prohibición de acceso a la costa adoptadas por la policía local (El Día, 8/I/2002). Cuatro son los contusionados en el temporal de enero de 2000 (Diario de Avisos 8/I/2002) y cuatro en el de abril de 2003 por este motivo (El Día, 15/IV/2003). En el segundo, los perjuicios aluden a desperfectos en rompeolas, avenida marítima, poli-deportivos, complejos turísticos y mobiliario urbano, así como a inundación de comercios y restaurantes e incluso desalojo de inmuebles residenciales por los impactos de las olas en sus cimientos, como acontece en Adeje en 2003 (Diario de Avisos, 15/IV/2003). En este capítulo destacan los 1,2 millones de euros de pérdidas causadas por el oleaje en Garachico en 2003, una gran parte de las cuales corresponde a su campo de fútbol, abierto quince días antes del temporal tras un largo proceso de remozamiento (Fig.7). Cuantiosos son también los desperfectos en la escollera de protección de la avenida marítima, inaugurada hacía solo cinco días tras ser reforzada para soportar olas de cuatro o cinco metros de altura. Todo ello lleva a la corporación municipal a plantear a las autoridades insulares la declaración de zona catastrófica y la petición de una nueva defensa (El Día, 15/IV/2003).



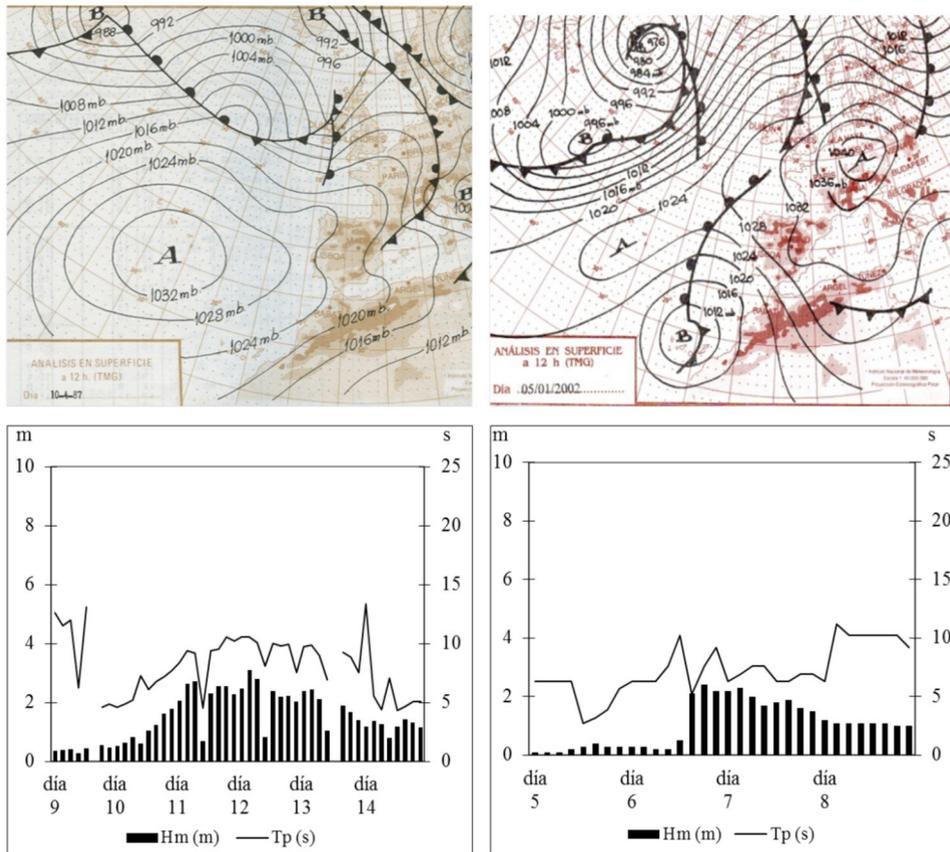
Figura 7. Enclave costero de Garachico (NO de Tenerife) y desperfectos en su campo de futbol debidos al temporal de 13-14/IV/2003. Fotos: Izquierda: [www.fotosaereasdec Canarias.com](http://www.fotosaereasdec Canarias.com). Derecha: A. Yanes (14/IV-2003).

### 3.2.2. Temporales de sea en la costa este-sur

Situaciones tormentosas como las de 11-13/IV/1987, 9-11/X/1998 y 6-7/I/2002 prueban los peligros asociados al mar a los que está expuesto este frente marítimo de Tenerife, en relación con situaciones sinópticas contrastadas. Es así toda vez que las de abril de 1987 y octubre de 1998 derivan de una configuración anticiclónica en la región de Canarias, que bloquea el paso de las borrascas atlánticas. La estabilidad atmosférica consiguiente da lugar a vientos intensos del NE y NNE que ascienden progresivamente de 30 a 45 km/h, siendo la racha máxima en el centro del temporal de 55 km/h. Durante los 2-2,5 días de su desarrollo, predomina un *sea* ligado a un *fetch* de pocos cientos de kilómetros, lo que dota de protagonismo a olas cortas -L en torno a 100 metros- e irregulares. Lo evidencian las fluctuaciones de la Hs, que, con 2,2 metros de altura media, registra pequeños intervalos en los que se sitúa por debajo de 1 metro para triplicarse tres horas después. Lo considerado es extensivo a la Hmax y al Tp, al alternar entre 1 y 3 metros y 5 y 10 segundos, respectivamente (Fig. 8). Por último, el nivel del mar cuando la Hs alcanza su máxima altura varía entre los 2,20 metros de la pleamar del 12/IV/1987 y los 0,50 metros de la bajamar del 9/X/1998.

En contraposición a lo señalado, el temporal del 6-7/I/2002 tiene su origen en una composición depresionaria de la atmósfera en el ámbito de Canarias. Sucede al localizarse una baja presión al Oeste del archipiélago y formalizarse un anticiclón térmico al SO de Europa, lo que determina una intensa calima y que los vientos dominantes sean del ESE. Éstos se aceleran con rapidez, ya que pasan de una media de 13 a 36 km/h en las veinticuatro horas previas al temporal. Durante el mismo, la racha máxima llega a 66 km/h. Se produce un *sea* energético con una duración de poco más de 1 día en el que destacan el brusco y notorio ascenso de la Hs de 0,3 a 2,1 metros en las tres primeras horas de la tempestad, mientras la Hmax llega hasta 4 metros; así mismo, la irregularidad de un Tp con oscilaciones continuadas entre 5 y 9 segundos (Fig. 8). Por último, la máxima

altura de la Hs coincide con una pleamar de 2,07 metros y un residuo meteorológico de 10 centímetros, fenómeno no demasiado habitual dado el régimen anticiclónico que predomina en Canarias. En cualquier caso, se produce una sobre elevación del nivel del mar, que favorece una mayor penetración del oleaje.



**Figura 8.** Configuración atmosférica y evolución del oleaje en situaciones de temporales de *sea* en la costa este-sureste de Tenerife. Izquierda: temporal de 11-13/IV/1987. Derecha: temporal de 7/I/2002. Fuente: AeMet y Puertos del Estado. Elaboración propia.

La prensa recoge estos fenómenos adversos en términos de fuerte temporal con olas gigantes en el litoral isleño (El Día, 10/X/1998). Las mismas alteran el transcurrir diario de diversas localidades de los municipios del este y sur de la isla, como Santa Cruz de Tenerife (San Andrés), Arafo, Güimar (El Socorro y Puertito de Güimar), Candelaria, Arico (Las Maretas) y Arona (Los Cristianos y Las Américas).

Aunque no hay que lamentar desgracias personales, los daños materiales son numerosos y de cuantía a veces apreciable. Sucede en Candelaria, donde se calculan en 10 millones de pesetas (60.100 euros) los desperfectos que produce el temporal de abril de 1987 en el club náutico, áreas próximas a las piscinas y pantalanes de su muelle; al mismo tiempo, en Los Cristianos (Arona) tiene lugar el vuelco y apuntalamiento de más de setenta embarcaciones de pesca varadas, cuando el oleaje penetra en el frente costero. Las olas irrumpen con frecuencia en el dominio edificado, con el consiguiente peligro para las viviendas de primera línea de costa, lo que ocurre en Arico en octubre de 1998. Tal invasión obliga, en ocasiones, a cerrar al tráfico rodado la avenida marítima que da acceso a un núcleo de población. Esta medida de precaución es aplicada en San Andrés, barrio de la periferia de Santa Cruz de Tenerife, en enero de 2002, de modo que, una vez más a lo largo de su historia reciente, ve dificultada su comunicación con el resto de la ciudad (Fig. 9).



**Figura 9.** Izquierda: cierre parcial de la avenida marítima del barrio de San Andrés (NE de Santa Cruz de Tenerife) durante el temporal de 6-7/I/2002. Foto: El Día (8/I/2002). Derecha: núcleo de población de San Andrés y nueva defensa costera, finalizada en 2016. Foto: A. Yanes (2016).

Otras secuelas de estos temporales son la rotura de espigones y escolleras, hecho de importancia apreciable sobre todo cuando su finalidad es la defensa del caserío y de obras de regeneración de playas. La fuerza de las olas de la tempestad de abril de 1987 parte en dos el muelle de Las Maretas (Arico) (Diario de Avisos, 28/IV/1987), mientras los materiales de uno de los existentes en el Puertito de Güimar ceden propiciando la destrucción de veinte metros de esa infraestructura (El Día, 13/X/1987).

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

La concurrencia de una peligrosidad natural diversa ha hecho que Canarias atienda cada vez más al diseño y aplicación de iniciativas para detectar y gestionar fenómenos

naturales extremos. Ante la generación de escenarios de exposición y vulnerabilidad crecientes, las acciones emprendidas para reducir el riesgo se materializan en la aprobación, entre otros, del Plan Territorial de Emergencias y Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA, 2005) y del Específico por Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Adversos (PEFMA, 2006), en la constitución del Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN, 2010) y en la creación del Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Riesgo Volcánico (PEVOLCA, 2010). En esta línea se enmarca la elaboración de Planes de Emergencias Municipales (PEMUs), muchos de ellos en el contexto de la campaña “Desarrollando Ciudades Resilientes” de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres Naturales (UNISDR) y asesoramiento de la Cátedra Cultural, Científica y Tecnológica de Reducción del Riesgo de Desastres: Ciudades Resilientes, de la Universidad de La Laguna (2014). A pesar de los esfuerzos realizados, solo un 19% de los municipios de Canarias dispone en estos momentos de un PEMU. Esta situación es extensiva, en cierto modo, a los Planes de Gestión de los Riesgos de Inundación, pues siguen aún en fase de realización, aunque tendrían que haberse publicado y aprobado en diciembre de 2015. Este incumplimiento es de importancia no despreciable, si se tiene en cuenta que dichos planes son, prácticamente, los únicos documentos que establecen la delimitación de áreas con riesgo potencial significativo de inundación por oleaje y marea.

La consideración de estas y otras medidas cobra especial sentido en un territorio que ha sido muy alterado, desde la década de 1960, por la adopción de un modelo de desarrollo turístico-urbanizador. El resultado es la aparición de un nuevo paisaje sin relación con el entorno, como así ocurre en el frente de mar, ante su constante readaptación para la ubicación de infraestructuras diversas y para su explotación por el turismo de sol y playa. Este comporta una sobrevaloración de dicho frente, que se traduce en su intensa ocupación, lo que lo convierte en un ámbito muy sensible a los impactos de los fenómenos marinos adversos; de ahí que se pueda considerar, por tanto, como un espacio de riesgo.

La relevancia de estos hechos es manifiesta en Tenerife, en relación con la conversión de los temporales marinos en un peligro real, que planea sobre su dinamismo socioeconómico. A pesar de que el aluvionamiento y el volcanismo se perciben como los causantes de sus mayores desastres naturales, lo cierto es que la ubicación mayoritaria de la población en la costa es un aspecto significativo, desde el punto de vista de su vulnerabilidad ante situaciones marinas de rango extraordinario. El análisis efectuado sobre el comportamiento del oleaje y del viento así lo confirma, en el caso de casi la mitad de los temporales producidos en el período de estudio. El examen de eventos representativos de episodios de riesgo evidencia que los correspondientes a la modalidad de *swell* predominan en la costa norte y oeste, fruto de una depresión por encima de 40°N, mientras en el litoral este y sur son habituales los de *sea* cuando existe sobre Canarias una situación anticiclónica o se instala una depresión.

En definitiva, las alteraciones que introduce el alto grado de intervención humana en la costa exigen, por todo ello, la incorporación y el tratamiento específico de los tem-

porales marinos en los procesos de ordenación del territorio. De esta manera será posible, parafraseando a Ayala-Carcedo, “conocer para prever, prever para prevenir” (2000, I, p. 38). Este hecho es comprensible, si además se tienen en cuenta las previsiones del IPCC en cuanto al probable incremento de su intensidad y frecuencia, al margen de la elevación del nivel medio del mar que origina el cambio climático.

## BIBLIOGRAFÍA

- Afonso, J. A. (2007): «El clima marítimo de Canarias, oleajes, temporales y su predicción». Boletín de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Tenerife, Memoria 2006, pp. 261-312.
- Afonso, J. A. (2011): «Canarias y los eventos extremos en el mar». Boletín de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Tenerife, Memoria 2010, pp. 63-114.
- Archivo Histórico Provincial de Santa Cruz de Tenerife (Edt.) (2003): La herida y la venda. Desastres naturales y mentalidad colectiva en Canarias. Documentos para la Historia de Canarias VII. Santa Cruz de Tenerife, Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Ayala-Carcedo, Fco. (2000): «La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población». Boletín de la A.G.E., 30, pp. 37-49.
- Ayala-Carcedo, Fco. y Olcina, J. (2002): Riesgos naturales. Barcelona, Ariel.
- Benavente, J., Del Río, J. y Gracia, J. (2009): «Riesgos litorales». Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (17.3), pp. 277-283.
- Bethencourt, J. & Dorta, P. (2010): «The storm of November 1826 in the Canary Islands: possibly a tropical cyclone?». Geografiska Annaler, 92 A (3), pp. 329-337.
- BOC Nº 255 de 30 de diciembre de 2005. Recuperado de <http://www.gobiernodecanarias.org/boc/2005/255/007.html> [30/V/2017].
- BOE Nº 120 de 20 de mayo de 2006. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2006/05/20/pdfs/A19185-19186.pdf> [30/V/2017].
- Cabildo Insular de Tenerife. Banco de datos. Recuperado de <http://www.tenerife.es/bancodatos/> [1/VI/2017].
- Cioranescu, A. (1993): Historia del Puerto de Santa Cruz de Tenerife. Madrid, Ed. Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Criado, C. & Dorta, P. (2003): «An unusual 'blood rain' over the Canary Islands (Spain). The storm of January 1999». Journal of Arid Environments, 55, pp. 765-783.
- Chácaras y Tambores de Guadá (2011): «El desastre de La Gomera. Décimas del temporal». Bienmesabe, 680, Revista Digital de la Cultura Popular Canaria. Recuperado de <https://www.bienmesabe.org/> [28/V/2017].
- Dorta, P. (2007): «Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: Amenazas y vulnerabilidad». Geographicalia, 51, pp. 133-160.
- Fraille, P., Sánchez, E., Fernández, M., Pita, M<sup>a</sup>. F. y López, J. M. (2014): «Estimación del comportamiento futuro del nivel del mar en las Islas Canarias a partir del análisis de registros recientes». Geographicalia, 66, pp. 79-98.
- Garmendia, C., Rasilla, D. y Rivas, V. (2017): «Distribución espacial de los daños producidos por los temporales del invierno 2014 en la costa norte de España: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición». Estudios Geográficos, 282, pp. 71-104.
- Horcajada, T., Simancas, M. y Dorta, P. (2000): «La constatación y validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante Sistemas de

- Información Geográfica. Propuesta metodológica y aplicación a la ordenación del territorio». *Boletín de la A.G.E.*, 30, pp. 135-154.
- Keller, E. y Blodgett, R. (2007): *Riesgos naturales*. Madrid, Pearson Prentice Hall.
- López, C. (2013): «Crónica de una erupción submarina. La crisis sismo-volcánica de El Hierro 2011-2012». *Anuario Astronómico del Observatorio de Madrid*, pp. 433-453.
- López-Díez, A., Dorta, P., Febles, M. y Díaz, J. (2016): «Los procesos de adaptación al cambio climático en espacios insulares: el caso de Canarias». *X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*, pp. 535-544.
- Lorenzo-Rodríguez, J. B. (2010): *Noticias para la historia de La Palma*. Tomo I. Santa Cruz de La Palma, Cabildo Insular de La Palma.
- Marzol, M<sup>a</sup>. V. (2002a): «Lluvias e inundaciones en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife». *Publicaciones de la A.E.C. Serie A*, 3, pp. 461-470.
- Marzol, M<sup>a</sup>. V. (2002b): «La incidencia de las sequías en las Canarias Occidentales y orientales» in Gil Olcina, A. y Morales Gil, A. (eds). *Causas y consecuencias de las sequías en España*. Alicante, Edición Caja de Ahorros del Mediterráneo e Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, pp.345-371.
- Marzol, M<sup>a</sup>. V. y Máyer, P. (2012): «Algunas reflexiones acerca del clima de las Islas Canarias». *Nimbus*, 29-30, pp. 399-416.
- Marzol, M<sup>a</sup>. V., Yanes, A., Romero, C., Brito de Azevedo, E., Prada, S. y Martins, A. (2006): «Los riesgos de las lluvias torrenciales en las islas de la Macaronesia (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde)» in Cuadrat, J.M.; Saz, M.A.; Vicente, S.M.; Lanjeri, S.; De Luis, M. y González-Hidalgo, J.C (eds.). *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Publicaciones de la AEC, 5, pp. 443-452.
- Máyer, P. (1999): «Un siglo de temporales en la prensa de Gran Canaria». *Vegueta*, 4, pp. 267-282.
- Máyer, P. (2003): «Riesgos asociados a episodios de lluvia intensa en Gran Canaria (1951-2000) ». *Vector Plus*, 22, Fundación Universitaria de Las Palmas, pp. 36-42.
- Olcina, J. (2006): *¿Riesgos naturales? (II). Huracanes, sismicidad y temporales*. Mataró, Ed. Davinci Continental.
- Pérez-Hernández, J. E., 2002: «Cien años de la Villa de Breña Alta». *Zoras*, Revista del Centro Asociado UNED La Palma, pp. 3-14.
- Pérez-Torrado, Fco., Carracedo, J.C., Rodríguez-González, A, Soler, V., Troll, V. R. y Wiesmaier, S. (2012): «La erupción submarina de La Restinga en la isla de El Hierro, Canarias: Octubre 2011-Marzo 2012». *Estudios Geológicos*, 68(1), pp. 5-27.
- Periódico Diario de Avisos*, ejemplares seleccionados correspondientes al período 1985-2003. Hemeroteca de la Universidad de La Laguna.
- Periódico El Día*, ejemplares seleccionados correspondientes al período 1985-2003. Hemeroteca de la Universidad de La Laguna.
- Quirantes, Fco, Fernández-Pello, L., Romero, C. y Yanes, A. (1993): «Los aluviones históricos en Canarias». *XIII Congreso Nacional de Geografía*, Sevilla, pp. 611-615.

- Rangel, N. y Anfuso, G. (2014): «Temporales marítimos en el Atlántico español: clasificación, tendencias e impactos» in Botero, C. M., Monserrat A. L. y Pereira C.I. Radiografía de la costa. Múltiples miradas científicas de los sistemas socio-naturales costeros de Iberoamérica y el Norte de África, pp. 37-53.
- Rodríguez-Baez, J. A., Yanes, A. y Dorta, P.: «Determinación y caracterización de situaciones de temporal marino e inundación costera por rebase del oleaje en San Andrés, NE de Tenerife (1984-2014)». Investigaciones Geográficas (en prensa).
- Roldán, R. (2002): El hambre en Fuerteventura (1600-1800). Puerto del Rosario, Cabildo Insular de Fuerteventura.
- Romero, C. (1991a): Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago canario. Tomos I-II. Santa Cruz de Tenerife, Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias.
- Romero, C. (1991b): La erupción de Timanfaya (Lanzarote, 1730-1736). Santa Cruz de Tenerife, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
- Romero, C. y Beltrán, E. (2007): La erupción de Arenas Negras. Garachico, 1706. Santa Cruz de Tenerife, Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- Romero, C. y Yanes, A. (1995): «Aproximación a los riesgos naturales de las Islas Canarias». VI Coloquio Ibérico de Geografía, Oporto, pp. 1027-1032.
- Romero, C., Yanes, A. y Marzol, M<sup>a</sup>. V. (2004): «Caracterización y clasificación de las cuencas y redes hidrográficas en islas volcánicas atlánticas (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde)». IV Congrés Ibèric de Gestió y Planificació de l' Aigua. Tortosa (España).
- Romero, L. y Máyer, P. (2002): «Episodios de sequía en Gran Canaria en el S. XVII: análisis de las rogativas como método de reconstrucción climática» in Guijarro, J., Grimalt, M., Laita, M. y Alonso, S. (eds). El agua y el clima. Publicación de la AEC 3, pp. 533-542.
- Seisdedos, J., Mulas, J., González de Vallejo, L. I., Rodríguez Franco, J. A., Gracia, F. J., Del Río, L. y Garrote, J. (2013): «Estudio y cartografía de los peligros naturales costeros de la región de Murcia». Boletín Geológico y Minero, 124(3), pp. 505-520.
- Tros de Ilarduya, M. (2005): «Temporales marítimos y ordenación del territorio en la provincia de Alicante». Boletín de la A.G.E., 40, pp. 329-350.
- Yanes, A. (2006): «Caracterización morfológica de las costas de las Islas Canarias» in Pie, R. y Vilanova, J. (dirs.). Proyecto de directrices de ordenación del litoral de Canarias. Barcelona, Ed. De Equip BCpn, 30 pp.
- Yanes, A., Marzol, M<sup>a</sup>. V. y Romero, C. (2007): «Temporales marinos en Tenerife: propuesta tipológica». IV Jornadas Nacionales de Geomorfología Litoral, Palma de Mallorca, pp. 147-151.
- Yanes, A. y Marzol, M<sup>a</sup>. V. (2009): «Los temporales marinos como episodios de riesgo en Tenerife a través de la prensa (1985-2003)». Revista de la Sociedad Geológica de España 22 (1-2), pp. 95-104.
- Yanes, A. (2012): «Temporales marinos y ocupación costera en Garachico (NO de Tenerife)». XII Reunión Nacional de Geomorfología, Santander, pp. 355-358.