



Facultad de Filosofía y Letras

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

**Los temporales costeros en Cantabria: caracterización e
impactos sobre el territorio**

Coastal storms at Cantabria: characterization and impacts upon the
territory

Núria Díaz Giménez

Domingo F. Rasilla Álvarez

Curso 2015/ 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	4
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	9
2.1. Caracterización geomorfológica de la costa de Cantabria	
2.2. Caracterización climática.	
2.3. Caracterización oceanográfica.	
3. FUENTES DE DATOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	17
3.1. Datos de oleaje	
3.2 Información documental	
3.3. Métodos de análisis	
4. RESULTADOS.....	22
4.1. El clima marítimo del Cantábrico Oriental.	
4.2 Los temporales en la costa de Cantabria: 1901-2010.	
4.3 Evaluación de los impactos de los temporales a través de fuentes documentales: la prensa.	
5. CONCLUSIONES.....	40
6. BIBLIOGRAFIA.....	43

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es la caracterización e impactos de los temporales costeros en Cantabria a lo largo del s. XX. Para ello, se han combinado datos instrumentales, procedentes tanto de la boya Bilbao-Vizcaya como del modelo ERA-20C, y datos documentales, extraídos de las noticias publicadas por periódicos de ámbito regional y nacional.

Los resultados muestran que la mayoría de los temporales ocurren en invierno. Su evolución revela una tendencia ascendente, que entra en conflicto con la de las situaciones atmosféricas que los producen. Finalmente, la prensa también ofrece evidencias de cambios en el tipo y magnitud de los impactos, en relación con la progresiva urbanización del espacio costero.

Palabras clave: temporales costeros, cambio climático, impactos.

ABSTRACT

The objective of this work is the characterization and impacts of the coastal storms upon Cantabria during the 20th century. In order to accomplish this objective, instrumental data from the Bilbao-Vizcaya buoy and from the ERA-20C database, have been combined with documental information extracted from the news reported by regional and national newspapers.

Results show that most of the storms occur during winter, and their temporal evolution along the 20th shows an increasing trend, which is in opposition to the evolution of the atmospheric situations which developed them. Finally, documental information also shows evidences of changes in typology and magnitude of the impacts, linked to the progressive urbanization of the coastal spaces.

Key words: coastal storms, climatic change, impacts.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las áreas costeras constituyen uno de los ámbitos terrestres con mayor diversidad de ambientes y recursos, consecuencia de su condición de áreas de transición entre los sistemas terrestres y los marinos (ecotonos) e intensos procesos de intercambio de materia y energía. Por ello, los ámbitos litorales incluyen unidades de alto valor ecológico y ambiental (estuarios, marisma, acantilados...), que les confieren relevantes valores paisajísticos.

Por su parte, la disponibilidad de recursos, tanto en el pasado como en la actualidad, sustentan actividades económicas relevantes, que las han convertido en áreas especialmente atractivas para los asentamientos humanos. En la actualidad, un 10% de la población mundial reside en zonas costeras de elevación inferior a 10 m, sobre las que se han construido la mayoría de las megaciudades del planeta (Tokio, Nueva York, São Paulo, Bombay, Jakarta, Shangai, Manila), que suman más de 240 millones de personas (McGranahan et al., 2007). Las 136 ciudades portuarias del mundo con más de 1 millón de habitantes albergan una población total de 400 millones de personas, un 10% de las cuales están expuestas a una inundación costera cada 100 años (Nicholls et al., 2008). Proyecciones efectuadas por las Naciones Unidas prevén un aumento significativo de los asentamientos humanos en la franja costera, por lo que el número de sus habitantes podría representar hasta las tres cuartas partes de la población mundial (unos 4.500 millones de habitantes en 2020; Barragán, 2004). Tanto en España como en Cantabria se vive una situación similar a la citada, dado que el entorno de la bahía de Santander concentra alrededor del 40% de la población total de la región. Esta concentración de la población en la costa ha sido una tendencia sostenida, pero se aceleró a partir de los años 60, consecuencia de la emigración interior hacia los ámbitos más dinámicos (Figura 1.1), modelo que se ha repetido en muchos países con diferentes intensidades.

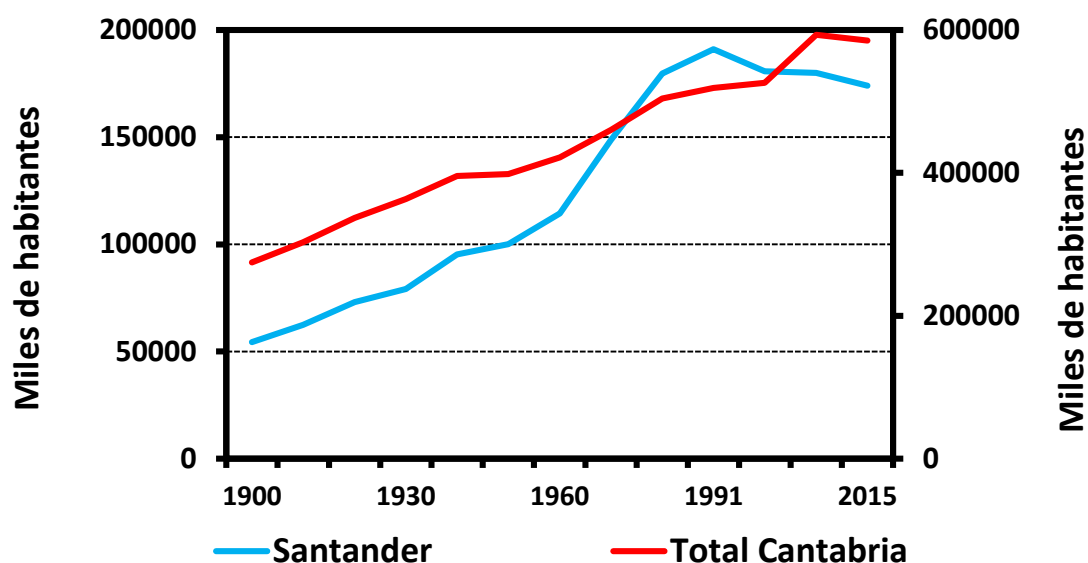


Figura 1.1: Evolución de la población en Cantabria y en el municipio de Santander. Fuente: elaboración propia a partir de datos de ICANE

Sin embargo, esta presión humana sobre la franja costera ha causado la degradación de numerosos ecosistemas y hábitats. Durante el último siglo la mayoría de las regiones costeras han sufrido una transformación muy significativa y se ha convertido en ámbitos básicos para el sostenimiento económico de muchos países. La importancia del turismo vinculado al producto sol y playa, de la industria de la energía relacionada con el aprovisionamiento por mar de gas y de petróleo, así como el papel creciente del comercio marítimo son los factores económicos clave para entender esta transformación. La adaptación de los ámbitos costeros a estos nuevos escenarios económicos ha sido desigual, pero, en cualquier caso, las actividades primarias tradicionales como la pesca y la agricultura, han dejado paso a nuevas funciones económicas. Esta tendencia a la utilización intensiva de los espacios costeros ha generado una serie de desequilibrios.

Por ejemplo, una de las consecuencias del crecimiento descontrolado y mal planificado es la ocupación de las zonas litorales por espacios urbanos. Aunque la tasa de ocupación ha sido muy variable tanto a escala global, como nacional o incluso dentro de Cantabria, las zonas más afectadas han sido aquellas en las que el desarrollo turístico ha sido más rápido. La comparación de imágenes como las incluidas en la figura 1.2 es un buen indicador cualitativo de las transformaciones experimentadas por el litoral de Cantabria. Pero esta transformación ha sido además bastante rápida, dado que se ha concentrado en los últimos

decenios: entre 1987 y 2005 el aumento de la superficie ocupada en la franja costera (< 500 m de la costa) fue del 19%, un valor a mitad de camino entre el 47% de la Comunidad Valenciana y el 7% de Asturias (González et al, 2013). Esta circunstancia ha conducido a una reducción global del valor patrimonial y del atractivo de las zonas afectadas.



Figura 1.2: Cambios en el Puntal de Laredo y en el paseo Marítimo de Santoña.

Fuente: *El tomavistas de Santander* y *El País*

Otro aspecto negativo es la alteración de la dinámica litoral debido al elevado grado de intervención humana en la línea de costa, sobre todo a raíz de la construcción de puertos, diques, espigones, muros de contención etc. realizada sin prever sus repercusiones sobre la dinámica natural. Por esta razón, algunos puertos y playas a lo largo de la costa han sufrido alteraciones en el balance sedimentario, conduciendo a actuaciones de relleno de playas o dragado de puertos, con un coste económico y ambiental elevado.

El aumento tan significativo del uso de los espacios costeros ha intensificado las situaciones de riesgo. El ascenso del nivel del mar junto al incremento de la frecuencia y energía de los temporales marítimos conforman un factor de riesgo cada vez mayor, no

sólo para las zonas de costa baja (deltas, marismas, etc.), sino también para las zonas urbanas edificadas en el litoral.

Los temporales costeros son los agentes naturales que ocasionan los cambios más dramáticos en las zonas litorales, a veces irreversibles, y tienen un papel relevante en la evolución a largo plazo de las costas, a pesar de que su actuación está limitada a intervalos temporales cortos (Morton et al., 1995). Los impactos asociados a estos eventos son de dos tipos (Figura 1.3):

- Impactos sobre el medio natural: donde se destaca principalmente la actividad erosiva – desgaste producido en la superficie de un cuerpo por la acción de agentes externos como agua o viento—, típica de playas como en acantilados blandos.
- Impactos sobre actividades humanas: donde se incluyen la navegación, la pesca, así como daños en infraestructuras como paseos marítimos, locales, etc.

Los daños más graves suelen ser consecuencia de episodios de inundación costera, considerados como tales el desbordamiento del mar por encima de la línea de marea alta (Sallenger, 2000), llegando a ser tan destructivos que otros fenómenos naturales de gran energía, como los terremotos o los tsunamis. Los ejemplos recientes de huracanes como el Katrina (SE de EEUU, agosto de 2005) y el ciclón Sidr (Bangladesh, noviembre de 2007), o episodios como la rotura de los diques de contención en Holanda en 1953 confirman lo anteriormente mencionado. Además, estos sucesos han desencadenado desastres sobre la navegación, afectando tanto a buques de guerra, grandes navíos mercantes y flotas pesqueras, como la tragedia de la regata Fastnet Race 1979, que supuso la desaparición de 15 personas, al igual que la Sydney-Hobart en 1988, o el temporal que inició el vertido de petróleo al Atlántico desde el petrolero “Prestige”.

La legislación española, por su parte, otorga un papel destacado a los temporales a la hora de establecer la delimitación de la zona marítimo-terrestre. El artículo 4 del R.D. 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprobaba Reglamento General para el desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas señalaba que «en la determinación de la zona marítimo terrestre.. se tendrán en cuenta dichos eventos para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas,..., utilizando las referencias comprobadas de que se dispongan.

El estudio de los temporales suele abordarse desde múltiples ópticas, en función de la orientación profesional de los investigadores. El más habitual es el análisis de información cuantitativa, proporcionada por observaciones visuales, boyas o satélites (von Storch y Weiser, 2009); estos datos permiten analizar, desde un punto de vista estadístico, características como su intensidad, evolución en el tiempo etc. El análisis retrospectivo de sus impactos sobre el territorio puede abordarse, de manera complementaria, utilizando fuentes documentales, como las noticias publicadas en los periódicos, ya que incluyen información de carácter espacial y temporal sobre eventos que han afectado a la sociedad a la que informan (Prieto et al., 1999; Andrade et al., 2008).

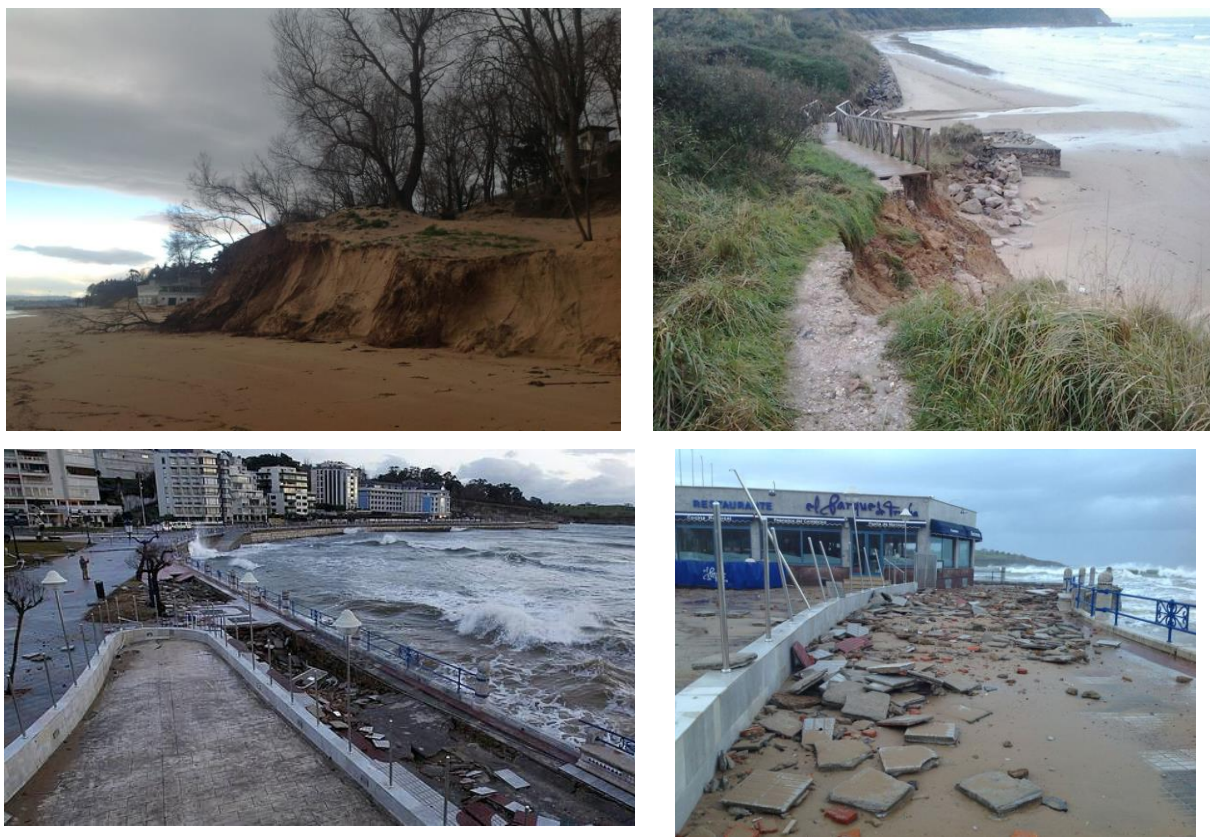


Figura 1.3: daños en la costa durante los temporales de 2014 (izquierda, playa de la Magdalena, derecha playa de Oyambre). Fuente: *El Diario Montañés* (2014)

El desarrollo económico de los últimos 2 siglos ha generado, a través de la quema de combustibles fósiles, una alteración de la composición de la atmósfera que ha alterado la concentración de algunos gases que regulan el balance de calor de la Tierra. Además del aumento del nivel del mar, ligado al calentamiento global, las previsiones proporcionadas

por el último informe del IPPC (2013) señalan un incremento de la frecuencia e intensidad de las perturbaciones atmosféricas, capaces de producir oleajes más fuertes y variaciones del nivel del mar más acusadas. Estas tendencias pueden suponer a nivel global un riesgo mayor de pérdida de vidas humanas así como de bienes económicos en zonas que no están protegidas. Además, provocará un sobrecoste económico por la necesidad de adecuar las infraestructuras actuales a los nuevos escenarios de oleaje.

El estudio de los temporales, además de avanzar en el conocimiento de su grado de peligrosidad, ayuda a localizar más fácilmente cuáles son sus impactos más habituales y qué zonas del territorio están más expuestas y grado de su vulnerabilidad. Este conocimiento es básico para proponer soluciones adecuadas a los problemas territoriales, en este caso. El propósito último de la ordenación del territorio, tras el estudio exhaustivo del marco de referencia y el planteamiento de los problemas que le afectan, debería concluir con el diseño de propuestas y planes de actuación que incluyan soluciones, como por ejemplo, la localización y el tipo de actividades.

De lo anteriormente citado, se deduce que la concentración de la población y las actividades humanas en las áreas costeras está trayendo consigo un incremento en los riesgos asociados a los temporales costeros. Por otro lado, los cambios en la dinámica atmosférica vinculados al calentamiento global podrían causar modificaciones en la intensidad de los sistemas atmosféricos causantes de los temporales costeros. Por tanto, parece necesario establecer cuál ha sido el impacto de la variabilidad natural del clima en los temporales costeros y cuáles han sido sus efectos fundamentales sobre el territorio y las actividades humanas. Por ello, el objetivo de este trabajo es analizar las características, evolución y efectos en la costa de los temporales marítimos en el litoral de Cantabria, a partir de dos fuentes: una de carácter cuantitativo, consistente en datos de oleaje, y otra cualitativa, a partir de la recopilación de información periodística sobre los impactos de esos eventos.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

2.1 Caracterización geomorfológica.

La costa de Cantabria tiene una longitud de 211 km, lo que supone el 25 % de la longitud total de la costa cantábrica. Al igual que ocurre en el resto de la costa Norte de la Península

Ibérica, es una costa paralela a las estructuras de la Cordillera Cantábrica, alta, predominantemente acantilada y rectilínea. Sin embargo, la continuidad de los acantilados suele estar rota por playas, numerosas aunque rara vez alcanzan gran superficie, y algunas rías y estuarios. Estas últimas morfologías, algo más frecuentes que en el resto de la cornisa cantábrica, son generalmente cortas, estrechas y con forma de embudo, y suelen contener puntales y barreras arenosas. La bahía de Santander es el estuario más amplio de todo el Cantábrico (22,42 km², longitud 9 km, anchura 5 km), si bien su superficie ha disminuido en el último siglo: se estima en un 50% el relleno de la bahía para su transformación en otros usos, como pastizales, ampliación del puerto de Santander y la creación de áreas industriales, residenciales y de servicios (Cendrero y Díaz de Terán, 1977). Debido a sus características, la costa de Cantabria ofrece una dinámica estable (Figura 2.1), aunque puntualmente ofrece evidencias de una notable actividad erosiva (Figura 2.2).

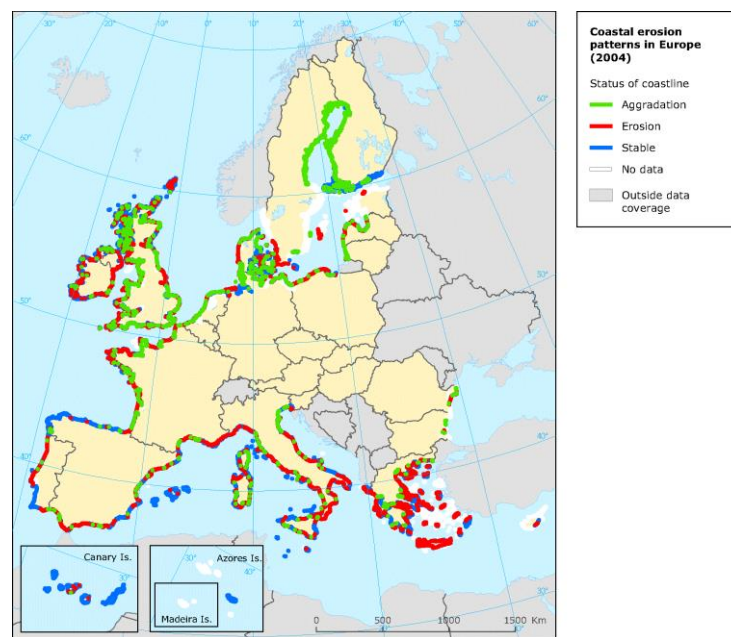


Figura 2.1: Patrones espaciales de erosión costera en Europa (2004). Fuente: Agencia Europea del Medioambiente (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-2004>)

En este sentido, diversos estudios han mostrado la coincidencia entre temporales y cambios en la morfología costera, como la rotura de puntales arenosos (Arteaga and González, 2005) o deslizamientos sobre acantilados (Alonso et al, 2000; Pagés et al, 2002; Figura 2.2).

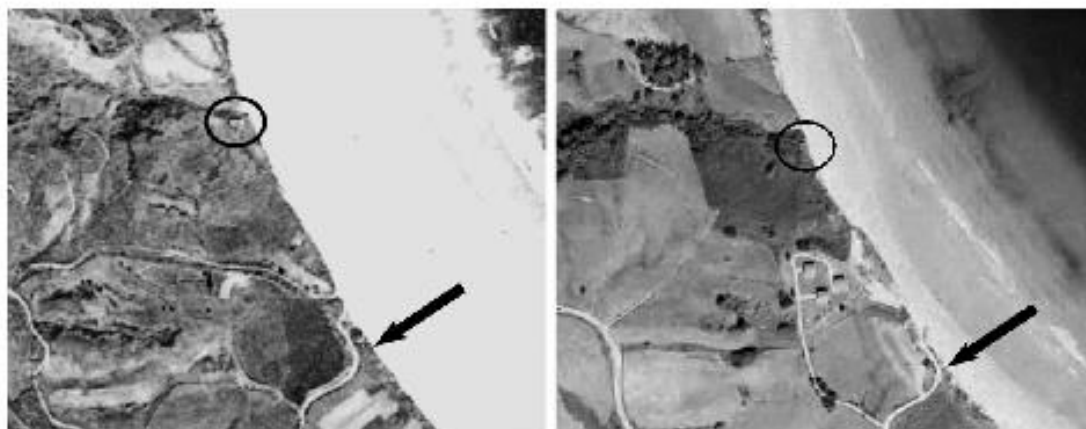


Figura 2.2: Cambios en la línea de costa de Oyambre. Fuente: García Codrón y Rasilla (2006)

2.2. Caracterización climática.

La circulación atmosférica en las latitudes medias del Atlántico Norte y de Europa Occidental está estrechamente vinculada a dos centros de acción: una zona anticiclónica al Sur del paralelo 40°N, en las proximidades de las islas Azores (Anticiclón de las Azores), y un área de bajas presiones en torno a los 60°N, cerca de Islandia (Depresión de Islandia). Entre ambos centros de acción los vientos predominantes son del suroeste y del oeste, más fuerte y constantes en invierno, y más suaves y variables en verano (figura 2.3).

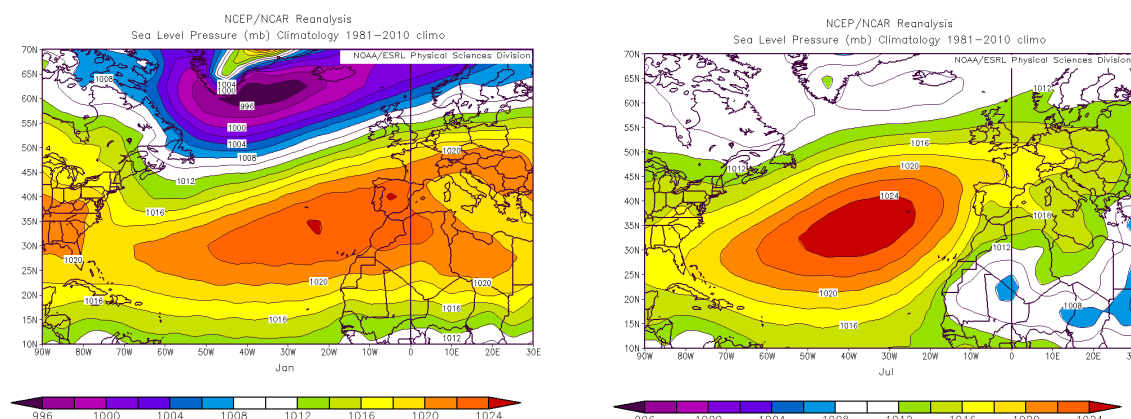


Figura 2.3. Mapa de la presión atmosférica sobre el Atlántico N en enero y julio (1948-2010). Fuente: NOAA/ESRL Physical Sciences Division (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

La localización más frecuente de esos dos centros de acción varía a lo largo del año. En invierno, el contraste térmico entre las aguas cálidas de la Corriente del Golfo y las frías de la Corriente de Labrador dan lugar a la formación de perturbaciones muy potentes, que se desplazan de Oeste a Este a lo largo del Atlántico, hasta alcanzar las costas de Europa. Esta

circunstancia, acompañada de un desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el SE, explica los periodos de tiempo desapacible, con precipitaciones abundantes y bruscos cambios de la velocidad y dirección del viento (desde el suroeste hasta el noroeste), de la temperatura, del estado del cielo y de la humedad (Figura 2.4a). En verano, el anticiclón de las Azores se desplaza hacia el norte, llegando a situarse sobre el paralelo 45°N, y extendiendo su influencia sobre Europa Occidental a través de una dorsal anticiclónica. Al mismo tiempo, una baja térmica se desarrolla sobre la Península Ibérica, sobre todo entre abril y septiembre, a causa de las altas temperaturas (Figura 2.4b). Esta situación es favorable al predominio de condiciones de estabilidad atmosférica generalizada, ausencia de precipitaciones y vientos suaves, aunque sobre el área cantábrica se puede generar cierta nubosidad de carácter orográfico.

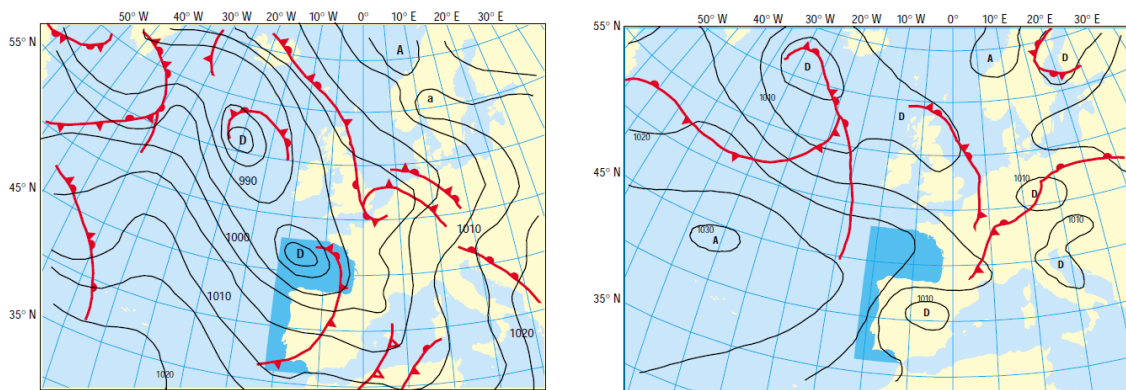


Figura 2.4: Situaciones sinópticas típicas del invierno (a- perturbación sobre el Cantábrico) y del verano (b-dorsal anticiclónicas sobre el Cantábrico). Fuente: OSPAR Commission (2000).

La posición e intensidad del anticiclón también varía a escalas temporales más cortas. En ocasiones el anticiclón de las Azores extiende una dorsal hacia el Norte, mientras que se forman bajas presiones sobre Europa Central o el Mediterráneo Occidental (Figura 2.5a). Esta situación genera la llegada de aire frío, con vientos moderados o fuertes del Noroeste y Norte y precipitaciones abundantes. Otra situación relativamente frecuente corresponde a un anticiclón sobre el Mediterráneo Occidental y una zona de bajas presiones sobre el Atlántico Norte (Figura 2.5b). Bajo estas condiciones, el relieve juega un papel muy importante en la transformación de las masas de aire atlántico, ya que predomina un flujo del Oeste y Suroeste que sufre un proceso de calentamiento y desecamiento adiabático al cruzar la Cordillera Cantábrica.

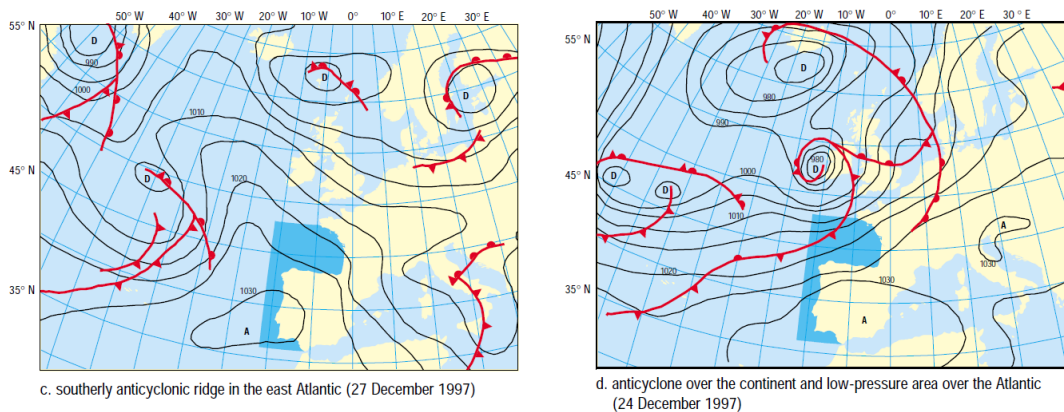


Figura 2.5: Situaciones sinópticas con flujo del NW (a) y flujo del SW (b). Fuente: OSPAR Commission (2000).

Otra situación atmosférica corresponde a un anticiclón sobre el Reino Unido o Europa Central, extendiendo una dorsal hacia el Suroeste, acompañada de bajas presiones sobre el Mediterráneo Occidental o el Golfo de Cádiz (Figure 2.6a). Esta situación suele acompañar periodos de estabilidad atmosférica, con nevadas y heladas en invierno en los valles interiores y temperaturas diurnas muy altas en verano, y favorece los vientos de componente Noreste y Este sobre la región, que pueden alcanzar notables velocidades sobre la costa oriental de Asturias y el Norte de Galicia. Finalmente, una última situación atmosférica de relevancia corresponde a una extensión del Anticiclón de las Azores hacia el interior de Europa, mientras que al Sur de la Península Ibérica aparece una baja presión (Figure 2.6b). Esta situación favorece el buen tiempo en gran parte del área cantábrica, desencadenando vientos del Este en el Sur de la Península Ibérica.

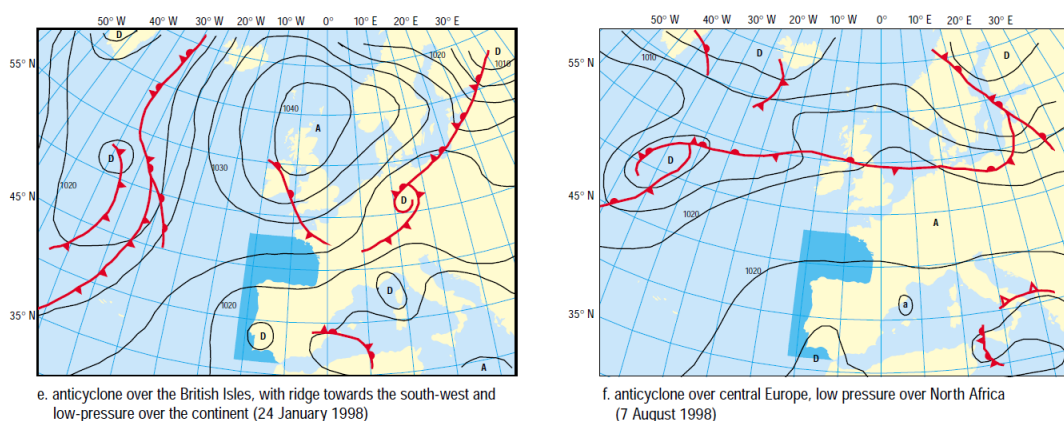


Figura 2.6: Situaciones sinópticas con flujo del NE (a) y pantano barométrico (b). Fuente: OSPAR Commission (2000).

Además de esta dinámica atmosférica, el clima de la costa de Cantabria está muy condicionado por la presencia del mar y por el relieve. La proximidad al mar proporciona una gran humedad ambiental en torno al 75-80%, una oscilación térmica diaria y anual reducida (la temperatura media anual es 14°C, con una oscilación de 10°C), unas precipitaciones abundantes (más de 1200 mm) y una baja variabilidad interanual (coeficiente de variación del 15%) lo que le define como un clima atlántico o Cfb (Kottek et al, 2006).

Otro meteoro característico de los climas oceánicos es el viento. Los rasgos fundamentales del régimen de vientos de Cantabria son consecuencia de la inserción de la región dentro de la circulación templada, aunque modulado por factores geográficos tales como el relieve y la proximidad al mar. El régimen de vientos (figura 2.7) está definido por tres direcciones fundamentales: los vientos del IV cuadrante (popularmente conocido como “gallego”), los del 3^{er} cuadrante (el viento “sur”, que proviene de tierra) y los del I cuadrante (el “nordeste”).

El “gallego” es un viento del Oeste y Noroeste que suele estar acompañado de nubes, precipitaciones y un ambiente húmedo y desagradable. Aunque son dominantes a lo largo del año (frecuencia relativa 40%), su máximo de frecuencia e intensidad ocurre en los meses invernales. Sin embargo, entre mayo y septiembre pueden aparecer de forma repentina y violenta, frecuentemente por la tarde, tras una mañana con altas temperaturas, vientos en calma y ambiente bochornoso. Es lo que se conoce como “galerna” en el litoral oriental del Cantábrico, habiendo sido causante históricamente de numerosos naufragios.

Los vientos de componente sur, conocidos como “suradas”, son típicos del otoño e invierno, estando acompañados de condiciones cálidas y secas. Estas características, al igual que su gran intensidad, son producto de los procesos termodinámicos asociados al descenso de un viento, inicialmente templado y húmedo, a lo largo de la vertiente Norte de la Cordillera Cantábrica (“efecto Föhn”). Aunque en ocasiones sopla brevemente, anticipando cambios bruscos de tiempo asociados a paso de frentes fríos, puede persistir durante varios días consecutivos, con interrupciones más o menos breves.

La rosa de vientos se completa con el este-nordeste, que está asociado a cielos despejados, estabilidad atmosférica y una notable oscilación diaria de las temperaturas. En verano su frecuencia es más elevada que el resto de año, puesto que a los factores sinópticos se unen los procesos locales ligados a la dinámica de las brisas marinas. Por ello, suele mostrar un

ciclo con máximos vespertinos, momento de máximo contraste entre las superficies marinas y el continente, desapareciendo durante la noche y madrugada. Dada la relativa ausencia de contrastes térmicos, en invierno la frecuencia y actividad de las brisas es más reducida.

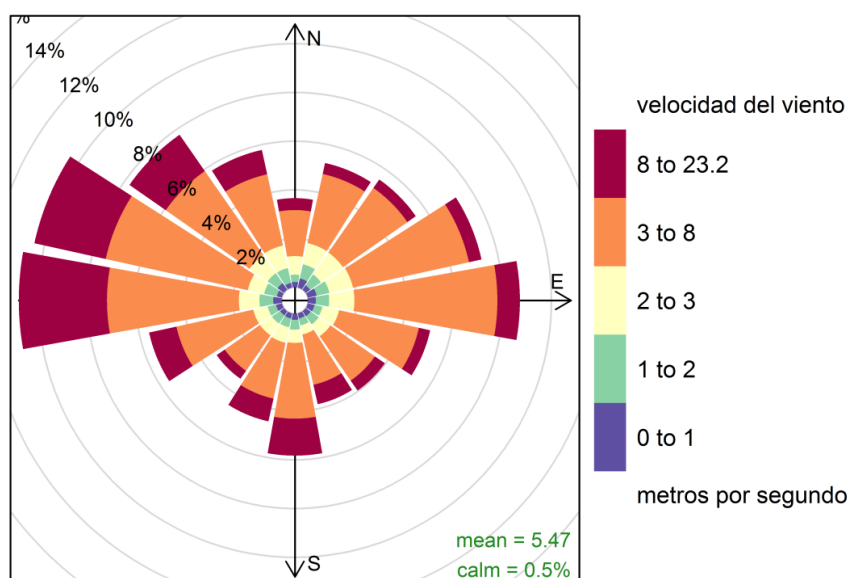


Figura 2.6: Situaciones sinópticas con flujo del NE (a) y pantano barométrico (b). Fuente: OSPAR Commission (2000)

.2.3 Caracterización oceanográfica

De los diversos procesos marinos de interés oceanográfico, el más relevante en relación a la erosión costera son las variaciones del nivel del mar. Estas variaciones responden a múltiples causas y tiene diferentes frecuencias temporales e impactos espaciales. Las mareas constituyen un proceso fundamental en el análisis de los impactos de los temporales costeros, puesto que, dependiendo de su estado, puede intensificar o mitigar los efectos del oleaje sobre la costa. En el litoral de Cantabria las mareas tienen carácter semidiurno, con dos pleamares y dos bajamares diarias, desplazándose la onda de marea de Oeste hacia el Este (Instituto Hidrográfico de la Marina, 2009), El rango mareal medio es de unos 3 m, lo cual permite clasificar el área dentro del tipo mesomareal. Además del comportamiento semidiurno, el nivel del mar también presenta variaciones quincenales y semestrales. El comportamiento quincenal genera dos picos de mareas vivas al mes y el comportamiento semestral da lugar a las mareas máximas del año, que son de tipo equinoccial y ocurren en los meses de abril y septiembre, con amplitudes de más de 4 m. Las menores suelen ocurrir en octubre y junio, valores inferiores a 0.8 m.

Durante los episodios con predominio de vientos perpendiculares a la costa y bajas presiones (figura 2.8), la superficie oceánica tiende a apilarse frente a la costa, lo que puede causar una sobreelevación relativa del nivel del mar. Este efecto suele ser mayor durante mareas vivas y sobre plataformas continentales amplias y poco profundas. La costa cantábrica no posee esta última característica, ya que la plataforma continental rara vez supera los 30 km de amplitud, por lo que la sobreelevación relativa rara vez supera los 60 cm, a diferencia de lo que ocurre en la costa francesa, donde llega a superar 150 cm. No obstante, en zonas localizadas, como estuarios, es posible que este aumento del nivel del mar pueda afectar a construcciones próximas a la costa, particularmente si se acompaña de precipitaciones abundantes. No obstante, rara vez existe simultaneidad entre estas sobreelevaciones relativas del nivel del mar y episodios de fuerte oleaje (Alvarez Fanjul et al., 1997).

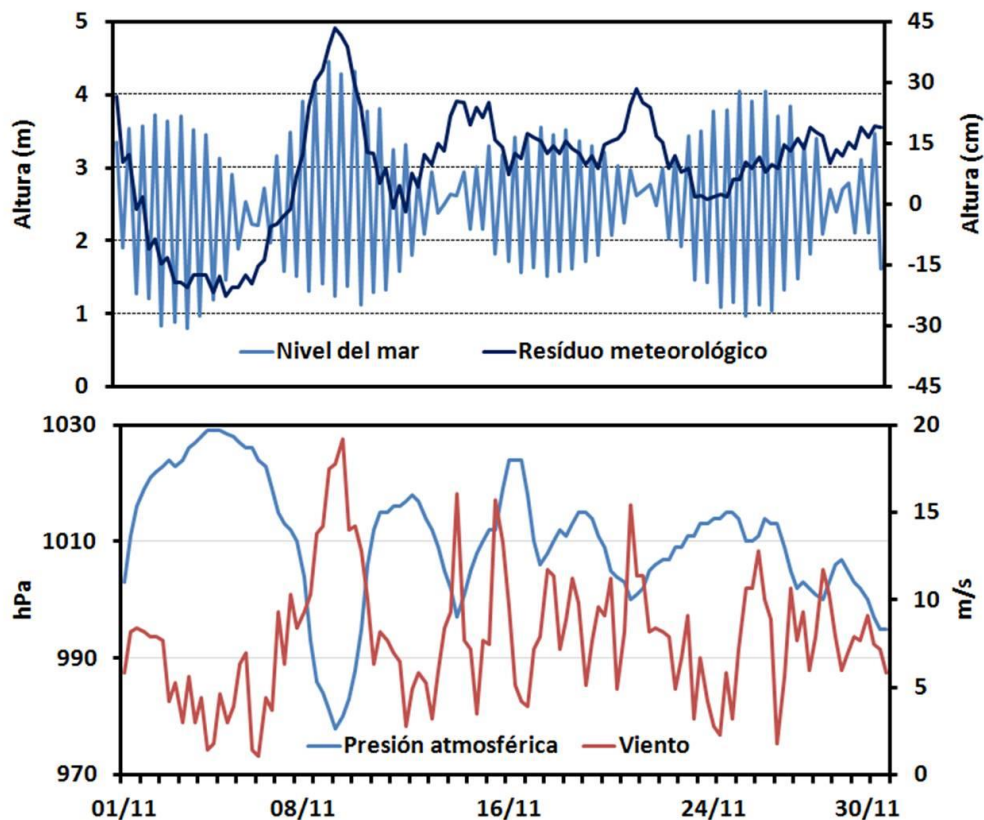


Figura 2.8 Nivel del mar, residuo meteorológico (gráfico superior), presión atmosférica y viento (gráfico inferior) en Bilbao durante noviembre de 2010. Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Puertos del Estado.

Análisis de los datos del mareógrafo de Santander (figura 2.9) revelan una tendencia creciente del nivel del mar, cifrada en 2.08 ± 0.33 mm/año, particularmente en las dos últimas décadas (Marcos et al 2008).

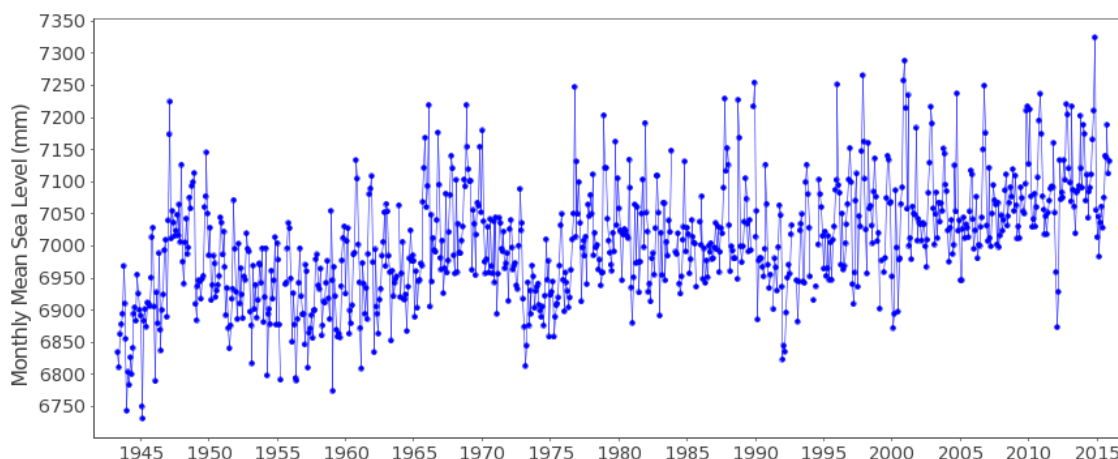


Figura 2.9: Evolución del nivel del mar en Santander. Fuente: Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) <http://www.psmsl.org/>

3. FUENTES DE DATOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

Este trabajo ha requerido la utilización de fuentes de información de naturaleza diversa que se describen a continuación.

3.1 Datos de oleaje

La caracterización del oleaje en periodos largos de tiempo o la descripción estadística de los estados del mar en un lugar conforma el concepto de clima marítimo (VVAA, 1992). El oleaje se compone de una superposición de ondas de distintas alturas, periodos y direcciones, cuyo estudio se realiza a través del análisis de una serie de parámetros que caracterizan el llamado estado del mar. Los más representativos son la altura significativa y el periodo medio (<http://www.puertos.es/es-es/Paginas/FAQ.aspx>), definidos como:

- Altura significativa (H_s): es la altura de las olas que un observador experimentado apreciaría a simple vista desde un punto de medida (no desde la costa), que equivale aproximadamente la altura media del tercio de olas más altas. Este parámetro es utilizado por la mayor incidencia geomorfológica de las olas más altas (Thompson y Vincent, 1985; Komar, 1998).

- Periodo medio (T_m). Es el periodo de todas las ondas que constituyen el oleaje.

Aunque existen bases de datos con observaciones visuales acerca del oleaje, la fuente de información más continua y fidedigna son los registros procedentes de boyas. Para la caracterización del oleaje en la costa de Cantabria se han utilizado los datos de la boya Bilbao-Vizcaya. Pertenece a la Red de Boyas de Aguas Profundas de Puertos del Estado (REDEXT), conformada por dispositivos fondeados lejos de la costa, en aguas profundas, de forma que sus mediciones no son alteradas por efectos locales (tabla 3.1).

Longitud	-3.052W
Latitud	43.640N
Profundidad	600
Sensor	Direccional

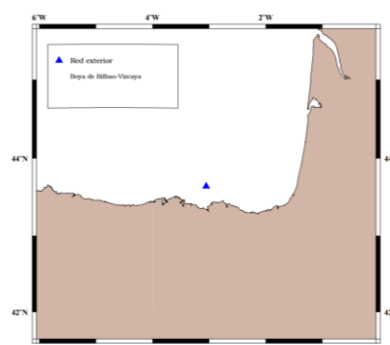


Tabla 3.1 Localización de la boya Bilbao-Vizcaya. Fuente: Área del Medio Físico, Puertos del Estado.

Para la realización de cualquier análisis sobre la evolución de una variable meteorológica u oceanográfica, es necesario disponer de series extendidas en el tiempo, con una resolución temporal adecuada y de calidad (Komar y Allan, 2008). Los datos de la boya Bilbao-Vizcaya no satisfacen ese criterio, dado que sólo se dispone de una serie casi completa de 24 años (1990-2014). Por ello, este trabajo hace uso de los datos de viento, presión y oleaje proporcionados por la base de datos REANALYSIS ERA-20C (<http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-20c>) en el punto de rejilla más próximo al litoral de Cantabria. Esta base de datos, que procede de la aplicación de un modelo de predicción a datos meteorológicos existentes desde comienzos del s. XX, proporciona información cada 6 horas de numerosas variables, con una cobertura global y una resolución espacial de 1° de latitud y longitud. Como ventajas cabe citar la disponibilidad de series largas en el tiempo, con localización precisa, y ausencia de lagunas, junto con el elevado grado de precisión entre las observaciones y las simulaciones, sobre todo en áreas desprovistas de obstáculos orográficos (pe. sobre el mar). Sin embargo, no están exentos de problemas derivados de las inhomogeneidades existentes en las variables originales, especialmente durante los años iniciales del s XX, A

pesar de ello, constituyen una fuente muy valiosa para la investigación climática, ya que permiten la comparación de situaciones actuales con otras del pasado reciente, determinando posibles mecanismos de variabilidad del clima a diferentes escalas espaciales y temporales (<https://reanalyses.org/>).

3.2 Información documental.

La elección de los periódicos estuvo condicionada, inicialmente por su disponibilidad en soporte papel en una institución fácilmente accesible, en este caso, la Hemeroteca de la Biblioteca Municipal de Santander. En esta última se han consultado dos periódicos de carácter regional, El Diario Montañés y El Diario Alerta. El primero comenzó a publicarse en 1903, y el segundo en 1937, cumpliendo el requisito de disponer de información continua desde casi principios del s. XX. Ambos son periódicos de tirada diaria en la actualidad, aunque en el pasado no se publicaban los lunes. Posteriormente se incluyó en el análisis un periódico de ámbito nacional, el ABC, que ofrece una hemeroteca en formato digital (<http://hemeroteca.abc.es/>), fácilmente accesible al público. En general, las noticias acerca de los temporales no aparecen en primera plana, salvo en los regionales, y nunca de manera exclusiva, sino acompañadas de otras. Sin embargo, en páginas interiores pueden llegar a ocupar de 2 a 3 páginas dependiendo de la magnitud de cada uno.

3.3 Métodos de análisis

Para la consecución de los objetivos propuestos en este trabajo se han empleado diferentes procedimientos que se detallan a continuación.

- Caracterización del clima marítimo de la costa de Cantabria a partir de un análisis estadístico unidimensional y bidimensional de los parámetros más representativos del oleaje (altura significativa y periodo) a partir de datos observados en la boya Bilbao Vizcaya.
- Identificación de episodios de temporal en el litoral cantábrico a partir de los datos de ERA-20C. Un evento climático extremo puede ser identificado desde el punto de vista estadístico por la magnitud alcanzada por una variable representativa, que sirve para el cálculo de un periodo de retorno. Como su definición es geográficamente dependiente, es decir, depende de las condiciones más frecuentes del parámetro en cuestión en una zona concreta, se considera que un evento es catalogado como extremo cuando excede un

umbral numérico que lo identifica como un fenómeno con una baja probabilidad de ocurrencia. En este trabajo se ha definido temporal a un evento que cumple los siguientes criterios (Figura 4.2)

- Altura de oleaje H_s mayor o igual de que el percentil 99 (H_{s99}), tradicionalmente utilizado en estudios sobre extremos de oleaje (Almeida et al., 2012).
- Duración mínima de 12 horas, para cubrir como mínimo un ciclo mareal completo.
- Periodo entre temporales correspondiente a un intervalo de 24 horas con el fin de crear eventos independientes (Dorsh et al., 2008).

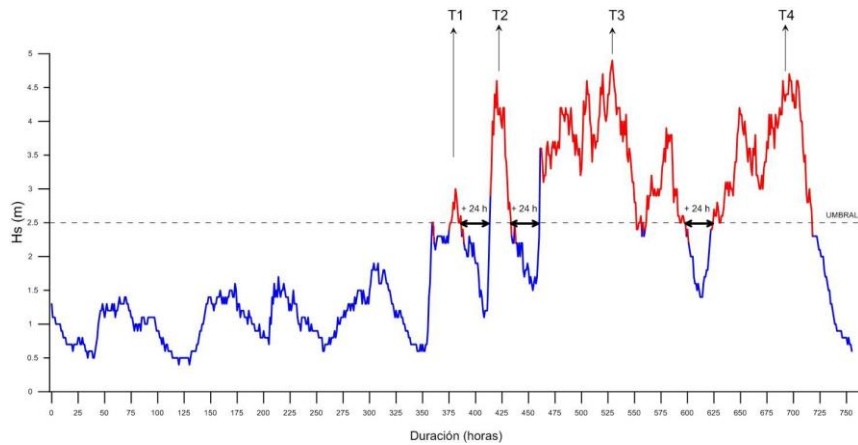


Figura 3.1 Definición de temporal. Fuente: Rangel (2013).

- Cálculo de la energía total disipada por cada temporal, dado que diversos estudios han relacionado esta energía con la magnitud de los impactos sobre la costa. El índice es conocido como Storm Power Index (SPI; Dolan y Davis, 1992) y calculado de acuerdo a la fórmula:

$$SPI = \sum H_s^2 t_d ,$$

donde H_s es la altura significativa y t_d la duración del temporal en horas.

- Identificación y caracterización de las condiciones atmosféricas desencadenantes de estos temporales. Este aspecto se ha abordado desde una doble escala espacial y temporal. A escala sinóptica y resolución diaria, el método conocido como “composites”, basada en la obtención del mapa sinóptico correspondiente a una situación específica, en este caso, los

temporales costeros. Para ello se ha utilizado la utilidad web “Reanalysis 6-hour composites” (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

- Análisis de los impactos en el territorio de esos temporales, a partir de las noticias aparecidas en la prensa. Una vez recopiladas y tabuladas, las noticias fueron clasificada siguiendo criterios cualitativos adaptados de la propuesta de Tros-de-Ilarduya (2005). El resultado fueron 3 categorías (daños en el medio físico o humano; problemas en la navegación, daños a personas) y 2 niveles, en función de su gravedad.

Nivel	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
1	Daños en playas, erosión costera y arena (vaciado de playas...)	Problemas en la navegación (cancelaciones, no salida de la flota pesquera...)	Personas afectadas
2	Daños en paseos marítimos, obras, viales...(infraestructuras en general)	Hundimiento de barcos	Víctimas humanas

Tabla 3.2 Categorías de impactos asociados a temporales costeros. Fuente: elaboración propia.

Para sintetizar visualmente el tipo y magnitud de los impactos sobre el territorio, se aplicó la siguiente simbología gráfica:

Nivel	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
1	Daños en el medio natural 	Problemas con la navegación 	Personas afectadas 
2	Daños en infraestructuras 	Hundimiento de barcos 	Víctimas humanas 

Tabla 3.3 Simbología gráfica asociada a los impactos de los temporales costeros. Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1 El clima marítimo del Cantábrico Oriental.

Para la descripción del clima marítimo del Cantábrico Oriental se ha recurrido a la Boya Bilbao-Vizcaya. De su análisis (figura 4.1) se aprecia cómo la dirección predominante del oleaje es NW (37%), seguida del WNW (29%) y, en menor medida, del NNW (16%). El porcentaje de calmas (altura de la ola menor de 0.25 m) es inferior al 0,5 % del total de observaciones anuales.

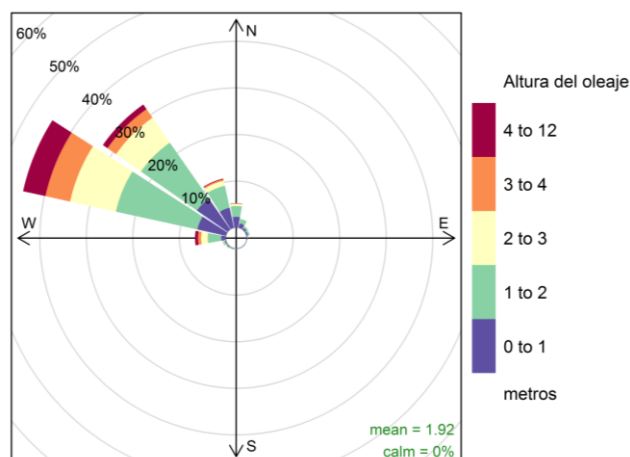


Figura 4.1 Rosa de oleaje de la boya Bilbao-Vizcaya (1990-2014). Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Puertos del Estado.

En comparación con la rosa del viento, la del oleaje sólo refleja parcialmente el régimen de vientos, dado que prácticamente desaparecen tanto la componente S como la E. Únicamente la componente NW está vinculada a un “fetch” (área del océano donde el viento está generando el oleaje observado) de gran amplitud (figura 4.2).

Dirección	Fetch(Km)
N	434,6
NE	213,4
E	3,9
SE	-
SE	-
SW	-
W	10,4
NW	Indefinida



Figura 4.2 Longitud del “fetch” según las direcciones de la rosa de viento. Fuente: elaboración propia.

El oleaje también muestra una variación estacional, que se refleja tanto en la altura significativa como en su periodo (figura 4.3). En invierno los promedios de ambos

parámetros son 2 m y 7 s, aunque se han llegado a medir oleajes de más de 9 m y 16 s de periodo. Por el contrario, en verano la altura significativa se sitúa entre 0,5 y 1 m, mientras que el periodo se reduce a 4-6s. Este cambio en el régimen del oleaje es consecuencia de la variación estacional del viento, que sopla del 1er cuadrante en verano (mar de viento), frente a un mar predominantemente de fondo durante el invierno (vientos del 4º cuadrante). Entre ambos regímenes existen sendos periodos de transición muy breves. Los episodios de oleaje muy fuerte suelen ocurrir en invierno, con olas de más de 6-7 m de altura y periodos largos, de más de 8 s.

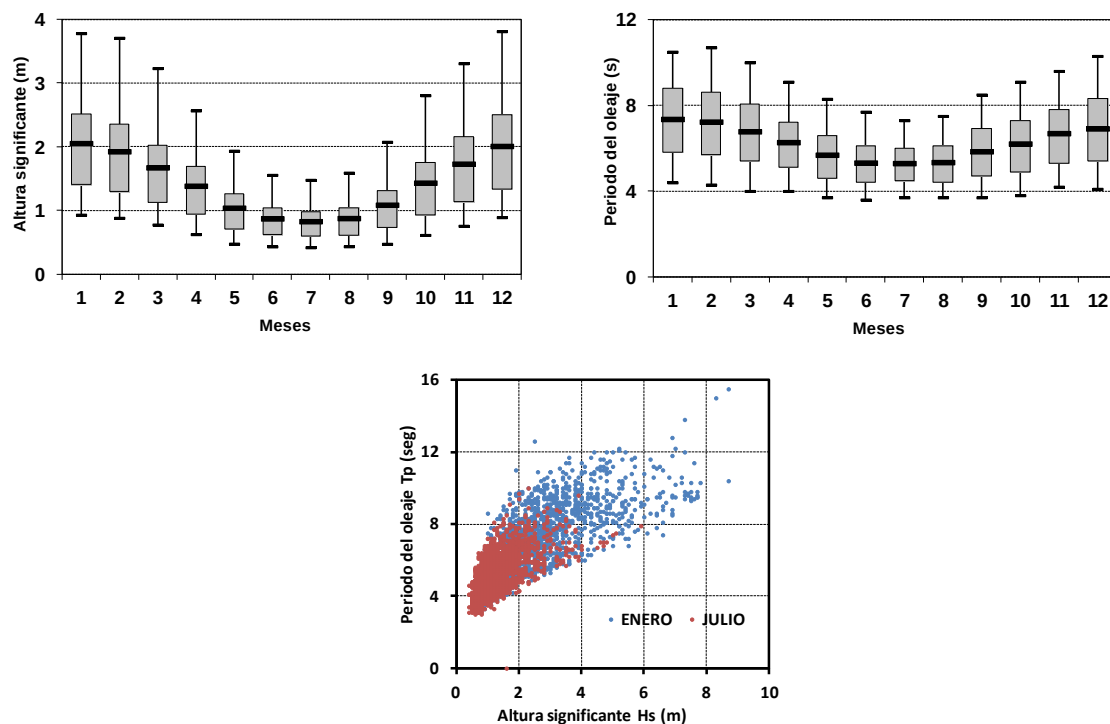


Figura 4.3 Distribución de la altura significativa (H_s) y del periodo del oleaje (T_m) a lo largo del año y representación conjunta durante los meses de enero y julio. Fuente elaboración propia a partir de información proporcionada por Puertos del Estado.

Un parámetro útil para conocer la probabilidad de oleajes muy fuertes es el cálculo de la altura que podrá ser alcanzada según diferentes periodos de retorno. La obtención de las probabilidades y los valores teóricos de oleaje se ha conseguido aplicando la ley de Gumbel a los máximos anuales de oleaje registrados en la boya citada. Los resultados muestran que para un periodo de retorno de 10 años la altura máxima del oleaje superaría los 10 m, mientras que para un periodo de 100 años superaría los 14 m (figura 4.4).

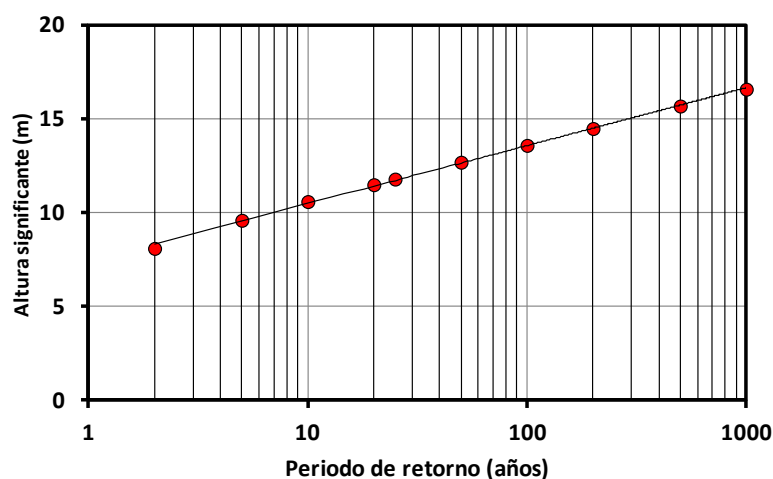


Figura 4.4 Periodo de retorno de la altura significativa del oleaje aplicando la ley de Gumbel. Fuente: elaboración propia a partir de información procedente de Puertos del Estado

4.2 Los temporales costeros en Cantabria: 1901-2010

Como se ha citado en el apartado anterior, el invierno es la estación más propicia a la aparición de episodios de oleaje muy fuerte. El análisis de la base de datos ERA-20C para todo el periodo 1900-2010, tras la aplicación de los criterios expuestos en el apartado metodológico, coincide en gran medida con los datos observados por la boya Bilbao-Vizcaya en un periodo más corto (1992-2014). Así, de un total de 405 temporales identificados, los invernales (292) representan el 72,10% del total, seguidos del otoño con el 15,31% (62 temporales) y la primavera 12,10% (49 temporales). Si se compara el número de temporales con su duración y la energía liberada, se observa la misma estacionalidad, aunque los temporales de diciembre suelen ser ligeramente más largos, y por lo tanto, más energéticos, que los de enero (figura 4.5). En el periodo analizado tan sólo dos episodios estivales cumplieron con los criterios para ser identificados como temporales (menos del 1%), aunque en ambos casos coincidieron con una galerna. De hecho, una de ellas, ocurrida en 1961, causó el hundimiento de 21 barcos y la muerte de 83 marineros, comparable a la célebre “Galerna del Sábado de Gloria”, que provocó la muerte de 322 pescadores -132 cántabros y 190 vascos- o la de 1912, donde murieron 141 marineros, todos de la localidad Bermeo y sus alrededores. La ausencia de galernas en este trabajo se debe a las singularidades del fenómeno de la galerna, que puede generar puntualmente episodios de oleaje tan rigurosos como los invernales, pero rara vez persisten más de 12 horas, con lo cual no cumplen uno de los requisitos de duración señalados en la

metodología. Las galernas se definen como un fenómeno protagonizado por un cambio brusco de las condiciones atmosféricas, con vientos muy fuertes y racheados, que pueden ir acompañados de precipitaciones, interrumpiendo tiempo apacible y generalmente caluroso. Además de su corta duración, es un fenómeno muy localizado, ya que afecta fundamentalmente a la costa de Cantabria y el País Vasco (Gonzalo de Andrés, 2012). De los dos tipos fundamentales de galernas definidos por Arteché (2011), el episodio de 1961 correspondería al tipo frontal. Este último se produce durante el paso de un sistema frontal, que barre toda la cornisa cantábrica, conectado a una borrasca situada en latitudes más altas.

Estación	Nº	%
Invierno	292	72,09
Primavera	49	12,09
Verano	2	0,49
Otoño	62	15,30
Total	405	100

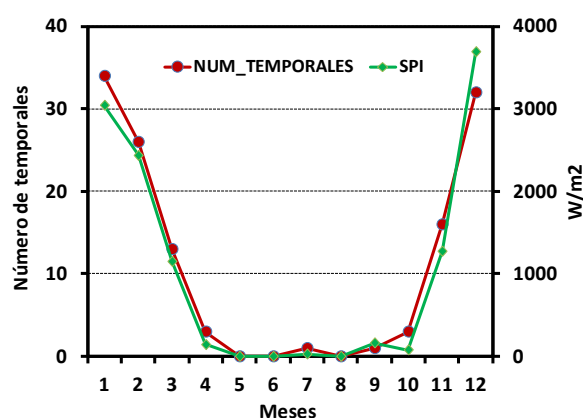


Figura 4.5 Frecuencia mensual de temporales y energía liberada. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C.

La figura 4.6 muestra la evolución de los temporales y la energía liberada por el oleaje desde 1901 hasta 2010. Dado que la mayoría de ellos ocurren en invierno, se ha procurado trabajar con inviernos completos. Cabe destacar que ambas variables presentan una lógica relación, aunque hay evidencias de inviernos con una desproporción entre ambas variables (por ejemplos, inviernos muy energéticos fueron 1951 y 1952). El aspecto más visible es la tendencia creciente de ambas variables a lo largo del siglo, con una máxima concentración entre 1950 y 1990, siendo los valores a principios y a finales de la serie mucho más bajos. De hecho, dos inviernos seguidos, 1985 y 1986, son los dos más energéticos de toda la serie, mientras que 2009, famoso por el paso de la borrasca Klaus, podría clasificarse como un invierno relativamente moderado.

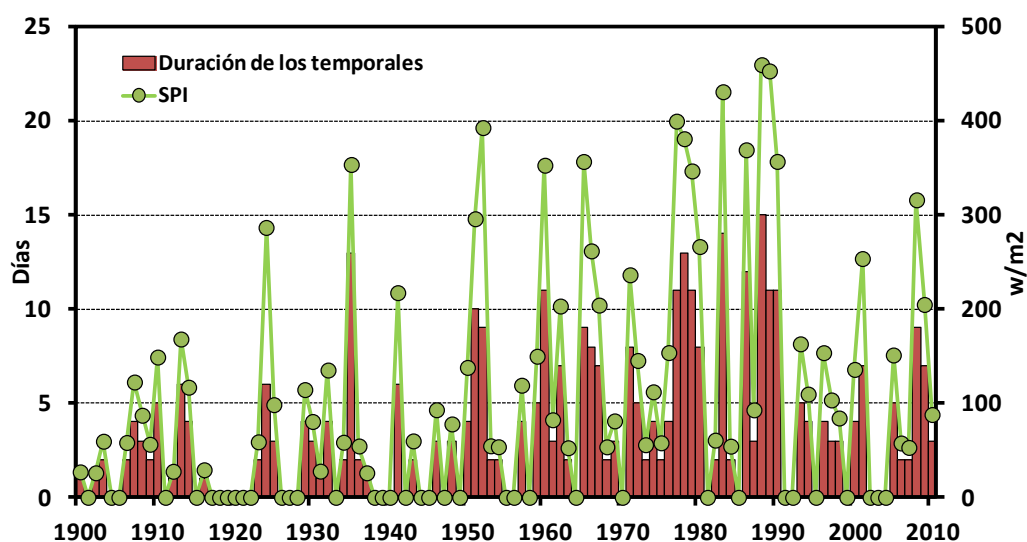


Figura 4.6 Evolución de la frecuencia (duración en días) de los temporales y la energía liberada por el oleaje entre 1901 y 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C

Investigaciones previas sobre la dinámica atmosférica asociada a estos episodios señalan que la mayoría se producen por el paso de borrascas circulando al N del paralelo 50°N (Rasilla y García Codrón, 2009). De manera circunstancial, algunos temporales son también consecuencia de borrascas que circulan al S del paralelo 50°N, bien sobre el Mar Cantábrico, bien sobre el Mediterráneo Occidental (tabla 4.1).

Nombre	%
Borrasca Atlántica < 50°N	8
Borrasca Mediterránea	9,6
Borrasca Atlántica > 50°N	82,4
Total	100

Tabla 4.1 Frecuencia de temporales en el litoral de Cantabria según la localización de la borrasca. Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C.

El mapa sinóptico correspondiente a cada una de estas situaciones (figura 4.7) muestra rasgos comunes, como es un gradiente de presión muy intenso, con las isobaras orientadas de NW a SE sobre el litoral cantábrico, lo cual facilita vientos muy fuertes de componente NW. Son estos vientos los que, al empujar la superficie del océano, generan las olas de gran tamaño.

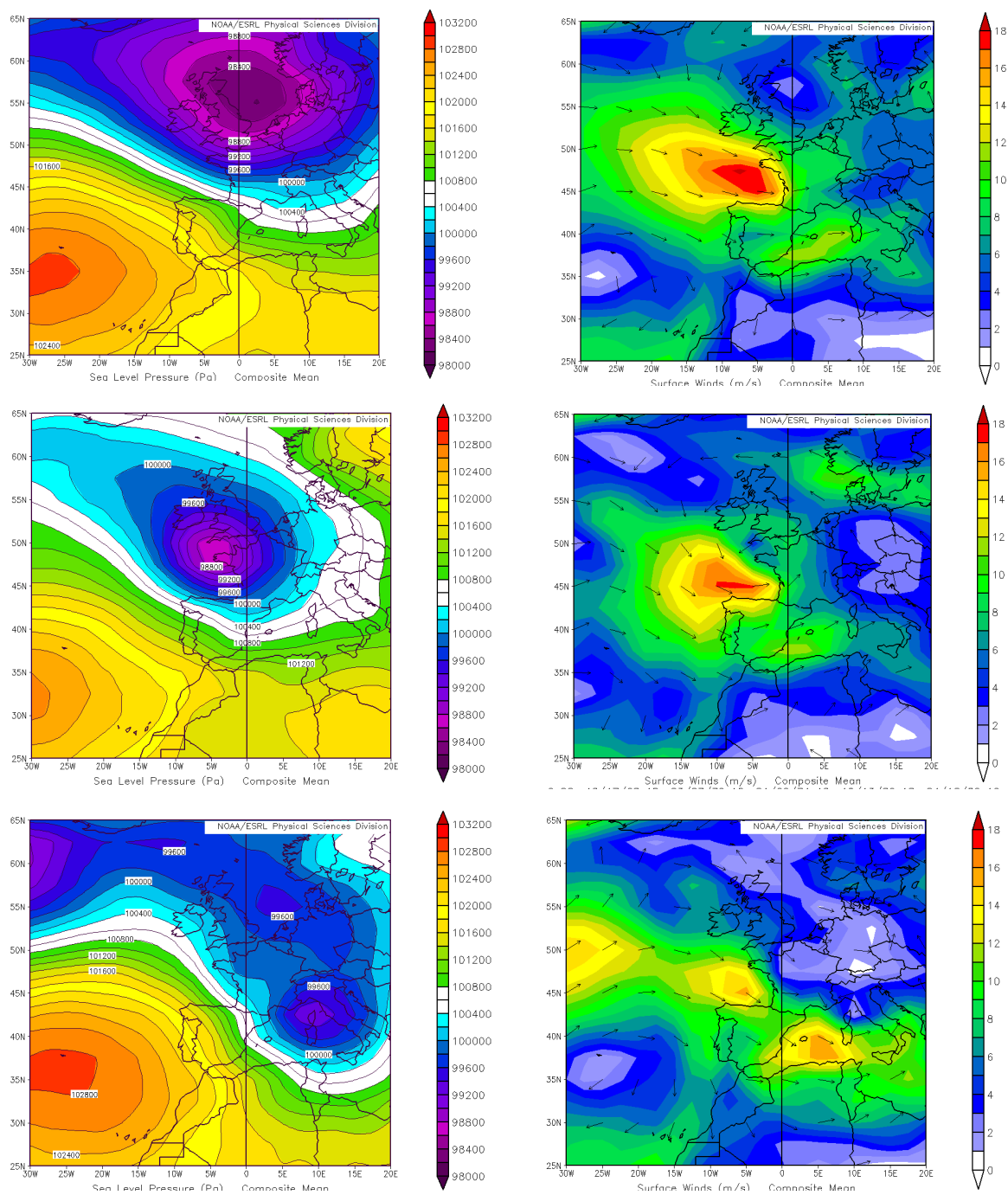


Figura 4.7 Situaciones atmosféricas causantes de temporales costeros sobre Cantabria.

Fuente: NOAA/ESRL Physical Sciences Division (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

Las mayores diferencias se deben al tamaño de la zona de “fetch” y a la dirección y velocidad del viento. En el caso de las borrascas circulando al N del paralelo 50°, la diferencia de presión entre un potente anticiclón de las Azores (1028 hPa) y la borrasca (984 hPa) conforma un amplio “fetch” y vientos del NW muy fuertes (más de 18 m/s). En el caso de las borrascas circulando en las proximidades del litoral cantábrico, tanto el gradiente de presión como la amplitud del “fetch” son más reducidos; más aún, el viento, algo más débil, adopta una componente W. Finalmente, con borrascas sobre el Mediterráneo Occidental, los vientos sobre el litoral de Cantabria son más suaves y no afectan a una zona demasiado amplia, lo que explicaría su escasa frecuencia.

La evolución en el tiempo de estas situaciones atmosféricas también puede servir para determinar en qué medida la tendencia observada en la frecuencia de los temporales es real o un artificio relacionado con problemas en la bases de datos (Figura 4.8). La evolución de éstas situaciones a lo largo de todos los inviernos del periodo 1901-2010, no se observa ninguna tendencia significativa a largo plazo. Aunque se han publicado trabajos como el de Dodet et al (2010) que obtienen un incremento de la frecuencia de la altura del oleaje durante el s. XX, la validez de los resultados ha sido puesta en cuestión recientemente (Kruege et al, 2012).

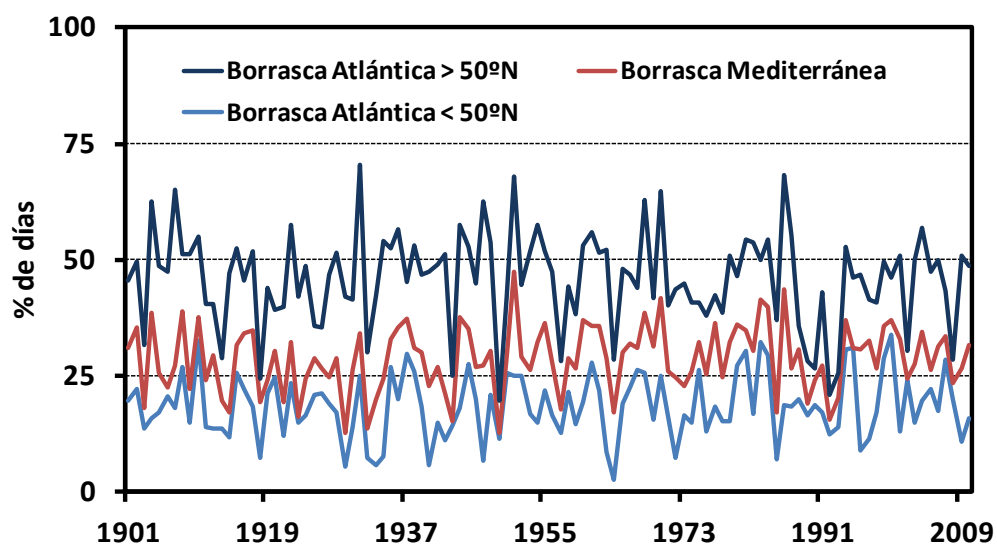


Figura 4.8 Evolución de las situaciones atmosféricas que producen temporales costeros en Cantabria el litoral cantábrico durante el invierno. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C

4.3 Evaluación de los impactos de los temporales a través de fuentes documentales: la prensa.

Este apartado está dedicado a responder al tercer objetivo propuesto en este trabajo, la evaluación de los impactos de los temporales a través de la prensa. Para ello, se seleccionaron los 10 temporales más intensos entre 1901 y 2010, utilizando el valor del índice *Storm Power Index*. Como puede comprobarse en la tabla 4.2, todos ellos fueron temporales muy prolongados (2-3 días) y extremadamente energéticos. Estos temporales serán analizados de forma conjunta para identificar los principales impactos y su posible evolución en el tiempo. Posteriormente, y tras la revisión de las noticias correspondientes a cada uno de ellos, se recopilaban y tabularon los impactos más significativos, clasificándose en categorías aplicando los criterios propuestos en el apartado metodológico. Finalmente, se seleccionaron 3 temporales, correspondientes a tres momentos diferentes en la evolución socioeconómica de Cantabria, siendo analizados de manera pormenorizada, incluyendo la situación atmosférica, la evolución de los principales parámetros meteorológicos (viento y presión atmosférica) y oceanográficos (oleaje y nivel del mar), y mostrando una representación gráfica de la localización y del tipo de impactos recopilados.

Año	Mes	Día	Duración (6 horas)	SPI
1989	2	25	9	393,5
1951	12	28	9	392,9
1978	12	15	10	319,4
1976	12	3	8	314,5
1924	1	8	6	286,8
1982	12	10	7	231,7
2000	11	7	6	226,5
1940	12	8	6	217,5
1965	1	20	4	204,6
1965	12	24	6	196,2

Tabla 4.2 Características de los temporales más energéticos en la costa de Cantabria.

Fuente: elaboración propia a partir de Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C.

Desde un punto de vista cualitativo, los temporales con mayor número de referencias corresponden a los de los años 1924, 1952, 1965 (enero) y 1989. Salvo este último, los demás no se encuentran entre los temporales más potentes, si tomamos como referencia el índice SPI. Esta circunstancia puede deberse, nuevamente, a las deficiencias en la base de datos de la que se extrae dicho índice, o porque otros fenómenos, como la marea, pueden alterar la capacidad destructiva del oleaje.

En segundo lugar, es evidente que los impactos recogidos por la prensa han ido variando en el tiempo, al igual que el propio el tratamiento periodístico de las noticias referidas a estos fenómenos. Así, las referencias a comienzos de siglo son escuetas y de carácter regional, habitualmente centradas en los problemas más graves, y sin entrar en detalles. La mayoría corresponden a impactos en la navegación, bien a través de la pesca, bien a través del comercio. El abanico es amplio, desde la imposibilidad de salir a faenar, con el consiguiente perjuicio económico para las familias menos favorecidas, pasando por daños en las infraestructuras portuarias (rotura de amarras), retrasos en las rutas hasta accidentes en el mar (choques de barcos en el mar, hundimientos) con pérdidas de vidas humanas.

A partir de mediados de siglo las noticias sobre temporales comienzan a trascender los límites regionales, y la prensa nacional empieza a recoger información sobre ellos. Las noticias se centran, de nuevo, en problemas vinculados a la navegación, pero cada vez tienen más referencias a problemas en las infraestructuras y equipamientos de la franja adyacente a la costa. Por ejemplo, en el temporal de 1940 se hace referencia a daños en los tendidos eléctricos, que dejaron sin suministro a gran parte de la ciudad de Santander. Esta circunstancia dificultó el tránsito nocturno dentro de la ciudad, ya que las farolas carecían de suministro eléctrico, y dejaron sin servicio varias líneas de tranvía, que constituía por entonces el principal medio de transporte. En los temporales de las décadas de los 50 y 60 esta tendencia se hace más evidente, y las noticias sobre daños en infraestructuras urbanas (calles y edificios cercanos) así como infraestructuras portuarias son cada vez más frecuentes, acompañadas de las primeras referencias a las consecuencias de estos daños en un sector económico en desarrollo por aquellas fechas, el turismo. Por ejemplo, se menciona el vaciado de playas y la destrucción de sus accesos, los daños en los paseos marítimos -que normalmente ofrecen las mejores vistas de la ciudad, aparecen agrietados, inundados o hundidos-, los hoteles y restaurantes cercanos -donde se alojan y prueban la gastronomía regional los turistas-, los comercios -donde gastan su dinero- y finalmente bares, salas de fiestas y tablaos etc...

Las noticias que aparecen la prensa durante los últimos 30 años son mucho más extensas y detalladas, incluso en la prensa nacional. Los periódicos proporcionan relaciones de daños por localidades, en contraste con la información general a principios de siglo. En algunos casos, estas relaciones son exhaustivas, dado que se identifican calles y número de la vivienda que han sufrido desperfectos, así como la causa (viento, oleaje etc...). En la prensa regional los daños sufridos en localidades del interior de Cantabria también suelen citarse ahora, frente a la ausencia de información a principios de siglo. El cambio en la estructura económica de Cantabria hace que las noticias sobre los impactos en la navegación pierdan relevancia, siendo sustituidos por daños en el transporte terrestre (ferrocarril, carreteras) etc...

Temporal	Impactos					
1924						
1940						
1951						
1952						
1953						
1962						
1965						
1978						
1989						

Tabla 4.3 Cuadro-resumen de los impactos de los temporales seleccionados. Fuente: elaboración propia a partir de los periódicos ABC, El Diario Montañés y el Diario Alerta.

A continuación se detallan las condiciones atmosféricas y oceanográficas de los 3 temporales seleccionados, y se describen los impactos generados.

Temporal del 8 al 10 de enero de 1924

Se extendió a lo largo de 8 días y tuvo consecuencias bastante notables no solo en Cantabria, sino a lo largo del litoral Cantábrico. La situación meteorológica corresponde al modelo de borrasca profunda circulando al S de las Islas Británicas, desencadenando un gradiente de presión muy elevado entre ella y el anticiclón de las Azores. Esto generó vientos muy fuertes de componente NW, que arreciaron tras el paso del frente frío (con un mínimo de presión de 986 hPa a las 06 del día 9), con valores superiores a los 8 m/s. El oleaje reproducido por el modelo alcanzó los 5 m de altura, comenzando al anochecer del día 8 y persistiendo más de 36 horas, viviéndose los momentos más críticos a las 18 del día 9, cuando coincidieron con una pleamar superior a los 4 m.

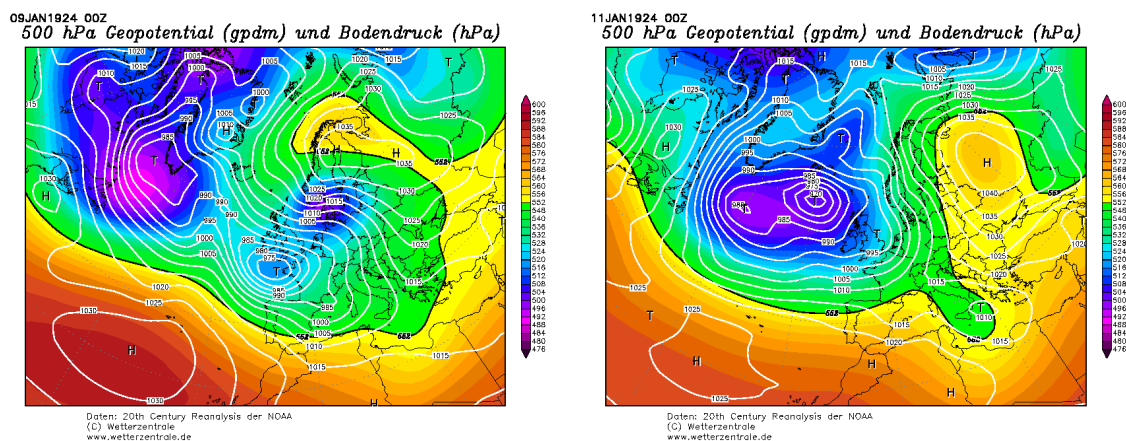


Figura 4.9 Situación sinóptica asociada al temporal del 08-10/01/1924. Fuente:

<http://www.wetterzentrale.de>

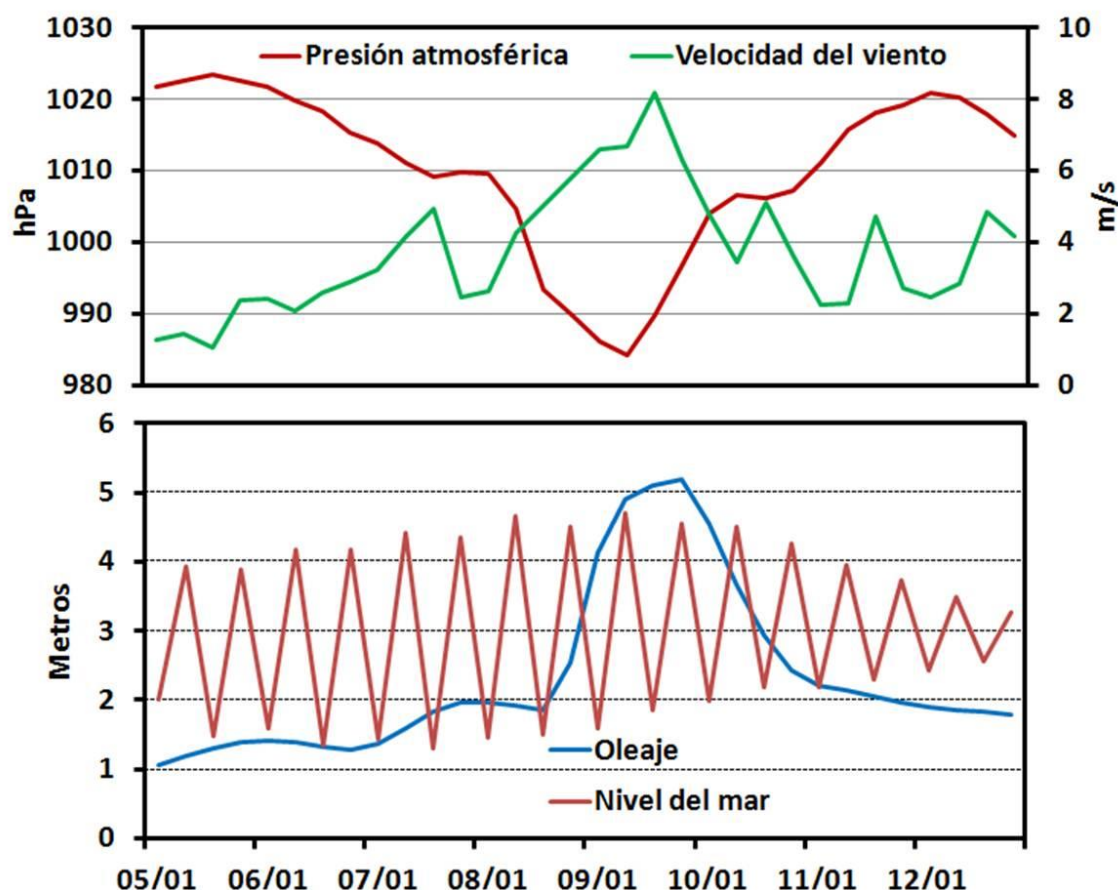


Figura 4.10 Evolución de las condiciones atmosféricas (presión y viento) y oceanográficas (altura del oleaje y nivel del mar) durante el temporal del 8 al 10 de enero de 1924. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C y del mareógrafo de Santander.

Las noticias de este temporal provienen únicamente de la prensa regional, y hacen referencia fundamentalmente a daños en la capital, Santander, de una manera escueta y afectando sobre todo a la navegación, y en menor medida, al mobiliario urbano y las playas. En relación al tipo de impactos sobre la navegación, los periódicos mencionan la arribada a puerto en busca de protección, daños en buques en reparación o construcción en la dársena de San Martín, mientras que la flota pesquera no pudo salir a faenar. También existen referencias a daños en paseos y accesos a playas, como por ejemplo la inundación de las playas de El Sardinero, y en el equipamiento urbano, por ejemplo un derrumbamiento que dañó la vía del tranvía en Piquío, obligando a su cierre.

Fuera de la región existen referencias a daños en Gijón y en la costa vasca (Bermeo, Getxo, Guetaria o Plencia). Al igual que en Cantabria, las referencias a problemas en la

navegación (pérdida de barcos -*María Mercedes*-, colisiones -vapor *Luis y Teresa Pantés*, Halsshine y Agadir o Nena y Valencia–, extravío de boyas, rotura de amarres –*Bolute*–), así como en infraestructuras portuarias –diques– son reiteradas. Además, también se citaron daños por inundación en edificios costeros residenciales y terrazas de restaurantes.

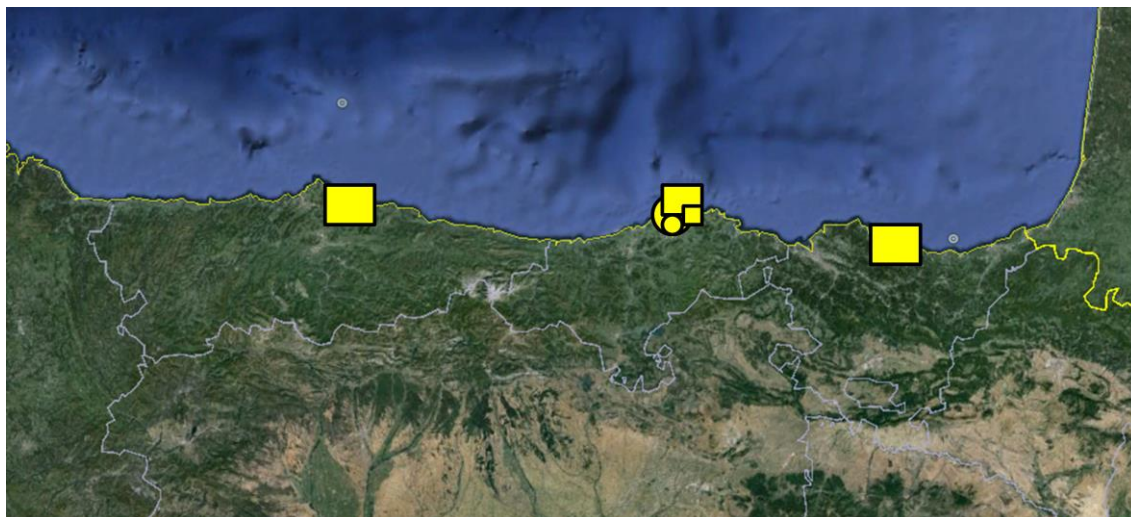


Figura 4.11 Localización y tipología de daños asociados al temporal del 08/01/1924.

Fuente: elaboración propia a partir de información del periódico *Diario Montañés*.

Temporal del 20 al 22 de enero de 1965

Este temporal fue uno de los más importantes del s. XX en cuanto a magnitud y amplitud de los daños, a tenor de las referencias periodísticas, en las que se señala que desde 1951 no se había producido otro de igual magnitud. Los daños fueron generalizados, por lo que las noticias trascendieron a la prensa nacional, destacándose los daños en el equipamiento urbano de la ciudad de San Sebastián, que mereció incluso un reportaje del famoso Noticiero Documental (NODO <https://www.youtube.com/watch?v=ZLt44lw7Jbo>).

La situación atmosférica causante de este episodio fue relativamente compleja, pues el temporal vino precedido por un primer episodio, inducido por una borrasca ubicada sobre Escandinavia, identificado en el modelo por vientos de casi 8 m/s y olas de más de 4 m. El episodio principal comenzó a partir de las 06 horas del día 20, debido a una borrasca que atravesó las Islas Británicas y se dirigió al Mediterráneo Occidental, alcanzándolo el día 22 a las 00 horas. De nuevo, esta situación propició un gradiente de presión intenso y vientos de componente NW, que arreciaron tras el paso del frente frío, aproximadamente a las 18

horas del día 21. Estos vientos superaron los 10 m/s y el oleaje 6 m de altura. Cabe señalar, además, que de acuerdo con la información del mareógrafo de Santander, este temporal coincidió con una marea relativamente alta, con una pleamar de casi 5 m de altura, que habría potenciado los efectos del oleaje sobre toda la costa.

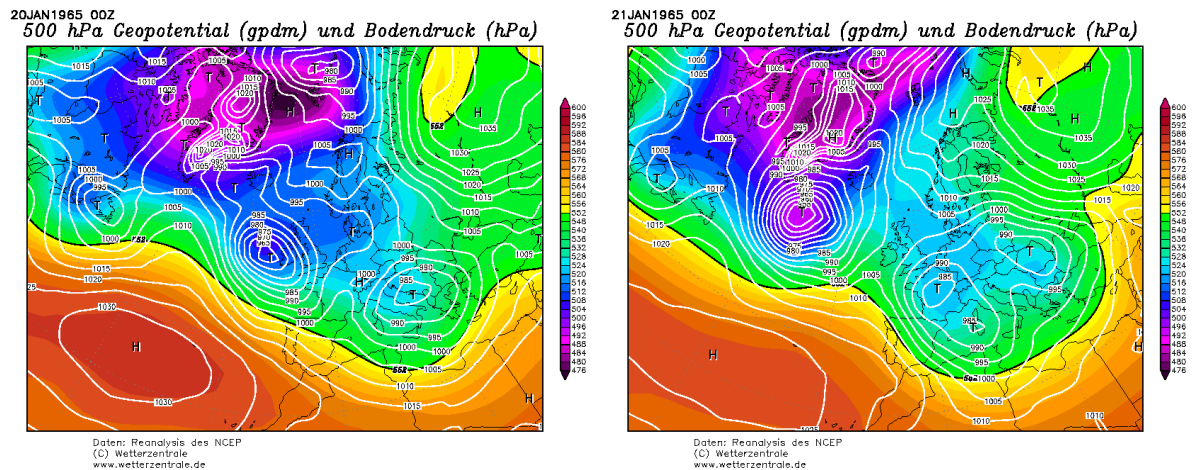


Figura 4.12 Situación sinóptica asociada al temporal del 20-22/01/1965. Fuente:

<http://www.wetterzentrale.de>

De nuevo, la prensa hizo hincapié en la concentración de los impactos en Santander y sus alrededores, no sólo como resultado del oleaje sino de los fuertes vientos. Abundan las referencias a daños en el mobiliario urbano, siendo menos frecuentes los geomorfológicos. Por ejemplo, en el centro de la ciudad el viento rompió escaparates, derribó paredes (Mercado de la Esperanza) e hirió a una persona. Sin embargo, y tal vez en relación con el desarrollo económico y el turismo, el tema fundamental de las noticias fueron las playas y los elementos de su entorno relacionados con esa actividad: daños en Piquío, El Sardinero –desaparición de parte de la playa, daños en el Hotel Chiqui, el balneario y el restaurante Cormorán, inundación del Parque de Mesones y problemas de tráfico- y en el acantilado de Valdenoja. Los impactos sobre la navegación fueron escasos (la flota pesquera permaneció amarrada), con algunos problemas en los puertos pero pocos en alta mar (el mercante *Egeo* estuvo a punto de naufragar) ya que la prensa menciona la emisión de avisos con antelación por parte del servicio meteorológico. Por último, el servicio telefónico fue interrumpido, por lo que Cantabria estuvo incomunicada con el resto de la región durante varias horas.

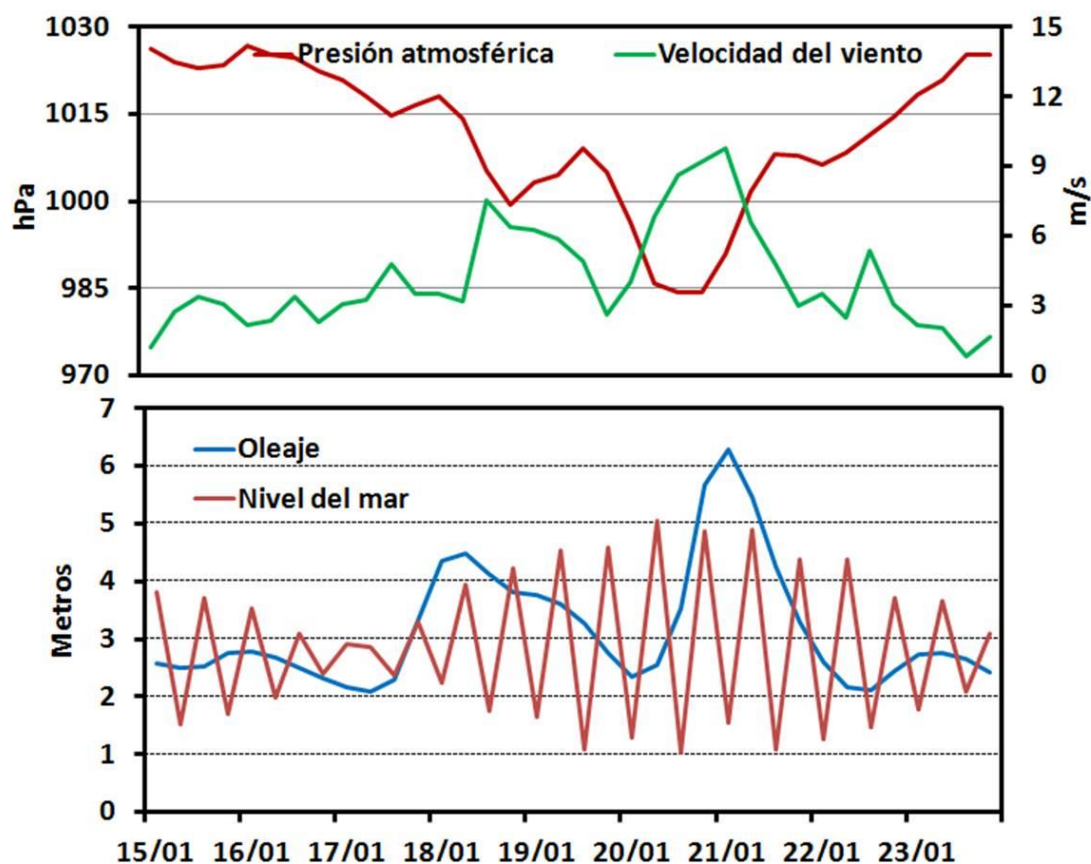


Figura 4.13 Evolución de las condiciones atmosféricas (presión y viento) y oceanográficas (altura del oleaje y nivel del mar) durante el temporal del 20 al 22 de enero de 1965.

Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C y del mareógrafo de Santander.

A pesar de los daños, Cantabria no fue la principal víctima de ese temporal. Mientras que no hay referencias a daños en Asturias, la prensa menciona el “arrasamiento literal” de la costa vasca por el mar y el viento. Las noticias destacan daños tanto en las grandes ciudades (San Sebastián, Bilbao) como en localidades más pequeñas (pe. Zarautz, Lequeitio, Santurce, Bermeo). Aquí la flota pesquera también permaneció amarrada, pero otros barcos tuvieron que buscar refugio en los puertos, a pesar de lo cual se registraron colisiones, se hundieron algunas lanchas y se perdieron varias boyas. Tanto las infraestructuras portuarias como el mobiliario urbano sufrieron numerosos daños, entre los que destacan puentes, paseos, accesos, edificios (residencias, hoteles, restaurantes), el desmantelamiento de vías ferroviarias, cortes de tráfico por carretera y cortes de luz. Los daños, estimados en más de 100 millones de pesetas, obligaron a una petición de ayuda al gobierno central para afrontarlos.

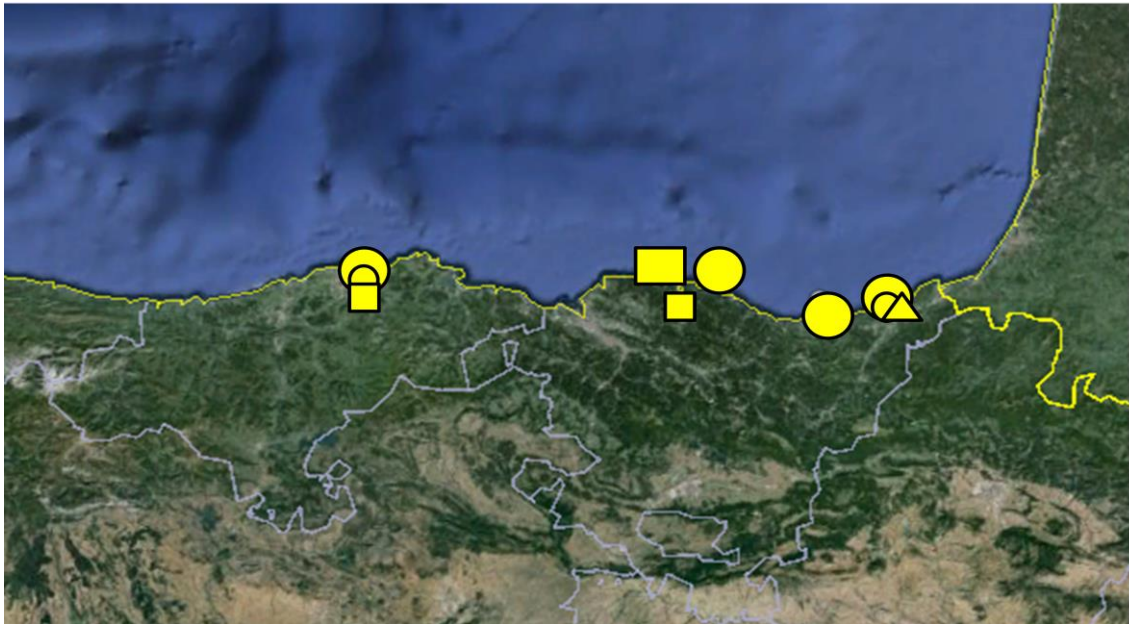


Figura 4.14 Localización y tipología de daños asociados al temporal del 20-22/01/1965.

Fuente: elaboración propia a partir de información de los periódicos *Diario Montañés* y *Alerta*.

Temporal del 26 al 28 de febrero de 1989

A tenor de los datos proporcionados por el Reanalysis ERA 20C, este temporal es el episodio más intenso de todo el s. XX. Los valores calculados del índice SPI fueron ligeramente superiores a los del temporal de 1951, pero un 30 % superior al siguiente temporal, el de 1978. Ello se debió no tanto a valores excepcionales, sino a la persistencia de un fuerte oleaje a lo largo de más de 48 horas. Las referencias a daños en el litoral fueron menores que en otros episodios, abundando por el contrario los daños en tierra firme por el viento, centrados fundamentalmente en infraestructuras urbanas, medios de transporte etc debido a caída de árboles, postes, derrumbamientos...

La situación meteorológica corresponde al modelo general de temporales costeros en el litoral cantábrico, producto de borrascas circulando desde el Atlántico hasta Europa Central por encima del paralelo 50°N. La causante fue una de las borrascas más profundas que han recorrido el Reino Unido, con un mínimo de presión próximo a los 960 hPa.

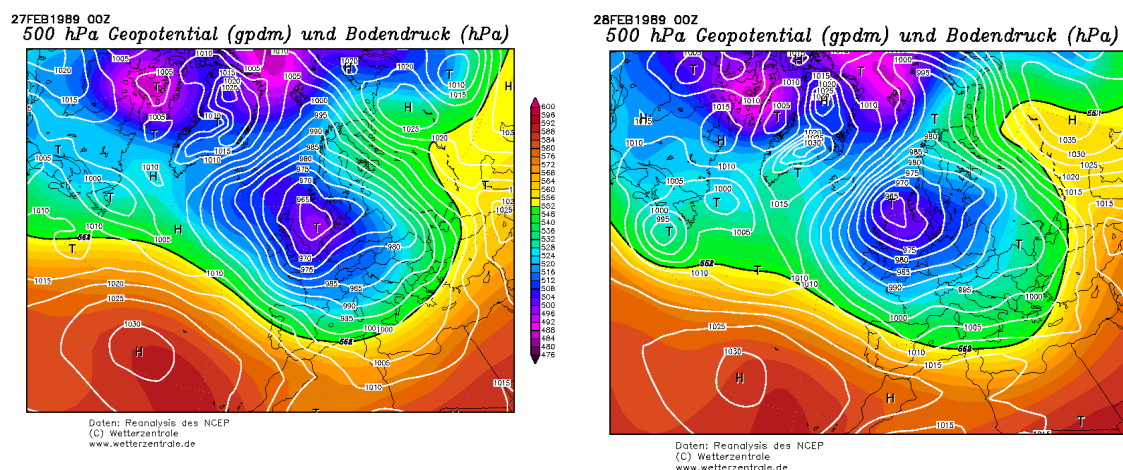


Figura 4.15 Situación sinóptica asociada al temporal del 26-28/02/1989. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

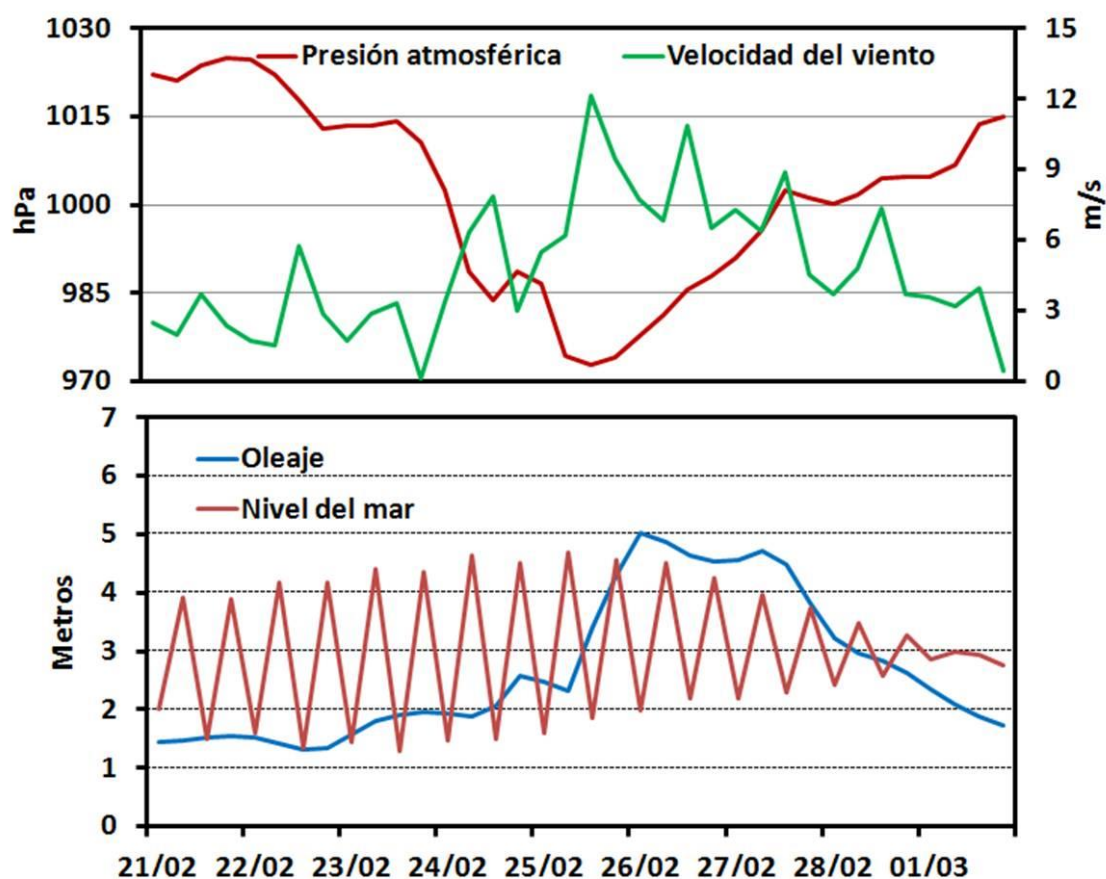


Figura 4.16 Evolución de las condiciones atmosféricas (presión y viento) y oceanográficas (altura del oleaje y nivel del mar) durante el temporal del 26 al 28 de febrero de 1989. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C y del mareógrafo de Santander.

La información periodística de este temporal, mucho más detallada que la de episodios anteriores, presenta además otra singularidad, y es la concentración de los daños en Cantabria, con escaso número de referencias en las comunidades vecinas del litoral cantábrico. En líneas generales, la información hace referencia a tres temas fundamentales. Por un lado, el intenso viento (el aeropuerto de Parayas registró una racha máxima de 124 km/h y vientos sostenidos de 96 km/h) cuyos efectos se dejaron sentir en toda Cantabria. La mayoría de los daños se atribuyeron a objetos derribados y arrancados a causa del viento (árboles, postes, grúas, tuberías, canalones, carteles...), causando importantes cortes de tráfico y luz y algún herido. Se resalta, por lo tanto, las interferencias sobre una sociedad con un elevado grado de movilidad en su vida diaria y sus comunicaciones. Por otro lado, también se destacan daños en playas y establecimientos próximos a ella, con menciones a daños sobre viendas y calles. Por último, y gracias a los avisos, la flota pesquera no salió a faenar, el tráfico de mercancías se redujo a un 3%, mientras algunos buques tuvieron que refugiarse en los puertos de la región. Las infraestructuras portuarias de algunas localidades, como Laredo, sufrieron fuertes destrozos, mientras que la rotura de algunos amarres propició colisiones entre buques. Además, en alta mar naufragaron el crucero *Gurunda II* y el pesquero *Santo Cristo de Fisterra* –frente a la costa asturiana- así como un pescador del barco *Agosare*. En el interior, el temporal estuvo acompañado de fuertes nevadas que complicaron las comunicaciones en Tresviso y Reinosa.



Figura 4.17 Localización y tipología de daños asociados al temporal del 26-28/02/1989.

Fuente: elaboración propia a partir de información de los periódicos *Diario Montañés* y *Alerta*.

5. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo ha sido analizar las características, evolución e impactos de los temporales costeros en Cantabria durante el s. XX. Para ello

- A partir de los datos de la boya Bilbao-Vizcaya, perteneciente a la red de boyas de aguas profundas de Puertos del Estado, se han extraído los rasgos fundamentales del clima marítimo del litoral cantábrico.
- Tras identificar los temporales costeros más intensos en la base de datos ERA-20C, se ha cuantificado su intensidad en términos de energía liberada y analizado algunas de sus características, como estacionalidad y frecuencia a largo plazo.
- Se han identificado las condiciones atmosféricas más propicias a la génesis de estos episodios a escala sinóptica (localización de borrascas), comparándose sus tendencias a largo plazo.
- A partir de la información de prensa, se han identificado y clasificado los impactos causados por una selección de temporales a lo largo del s. XX.

Los resultados son los siguientes:

- El clima marítimo del Cantábrico posee dos regímenes bien definidos, uno entre noviembre y marzo, caracterizado por una gran diversidad de valores, aunque predominando una altura del oleaje y un periodo elevados (mar de fondo), y otro, entre mayo y septiembre, con oleaje más homogéneo, de menor altura y periodo (mar de viento). Entre ambos periodos existen dos meses de transición, octubre y abril. La causa de este régimen son los cambios en la dinámica atmosférica regional, puesto que en invierno se sucede una alternancia de borrascas y anticiclones, predominando estos últimos en verano.
- Los temporales más intensos y prolongados ocurren en invierno, fundamentalmente entre diciembre y febrero, que acumulan más del 70% de los episodios, estando prácticamente ausentes entre abril y octubre, salvo por alguna galerna esporádica, cuya duración es habitualmente breve. Por otro lado, a lo largo del s. XX la información proporcionada por la base de datos muestra un incremento de su frecuencia e intensidad, con un máximo en torno a las décadas de los 80 y 90.
- Las situaciones atmosféricas causantes de temporales costeros en el Cantábrico muestran un gradiente de presión intenso orientado de NW a SE, que facilita

vientos del 4º cuadrante de gran intensidad. El tamaño e intensidad del “fecht” depende de la organización e intensidad de los centros de acción, siendo más frecuentes los temporales cuando las borrascas circulan al N del paralelo 50ºN, acompañadas de un anticiclón de las Azores muy potente; menos frecuentemente, la borrasca se sitúan al S del paralelo 50ºN, bien sobre el Golfo de Vizcaya, bien sobre el Mediterráneo Occidental. La evolución de estas situaciones atmosféricas entre 1900 y 2010 no explica el aumento de la frecuencia de temporales, lo cual puede deberse a variaciones en la intensidad del viento ajenas a dichas situaciones meteorológicas, o a inhomogeneidades en los datos de los modelos.

- El vaciado de noticias de la prensa acerca de un pequeño número de episodios, dispares en intensidad y efectos sobre el territorio no permite la extracción de conclusiones definitivas, pero apunta procesos a largo plazo consistentes el tiempo. El más evidente es que la repercusión mediática de los impactos de los temporales ha evolucionado también a lo largo del s. XX. Si a principios de siglo las noticias eran escuetas y centradas fundamentalmente en afecciones a la navegación (comercio, pesca) o la franja costera adyacente al mar, a finales del s. XX la amplitud y el grado de detalla aumenta, pasando a primer plano los daños en el ámbito urbano, y no limitados al oleaje, sino a meteoros como el viento. Esta evolución está ligada a las transformaciones sociales y económicas experimentadas por la sociedad de Cantabria a lo largo de todo el s. XX, y que podríamos resumir en las siguientes:
 - La expansión de los usos turístico-residenciales en buena parte del litoral de Cantabria ha aumentado los bienes en situación de riesgo. No obstante, la ausencia de un número mayor de referencias a daños en la costa, a diferencia de regiones próximas, como el litoral occidental de Francia, se debe a que los puertos cantábricos están poco expuestos y el resto del litoral es fundamentalmente acantilado. En éstos, la respuesta al oleaje es muy diferente de las costas bajas, donde la inundación de sectores alejados de la estricta franja costeras causa numerosos daños.
 - La mejora de la predicción meteorológica ha disminuido los riesgos asociados a la navegación.
 - Un mayor consumo de productos mediáticos, por lo que cabría sospechar cierto catastrofismo en el tratamiento de los datos. La prensa, como

cualquier otro negocio, busca la rentabilidad a través de la noticia impactante, a veces en menoscabo del rigor informativo.

- El aumento generalizado del nivel del mar en el último, siglo, que podría aproximarse a los 30 cm, por lo que la aplicación de la regla de Bruun supondría un avance de 30 m.

6. BIBLIOGRAFÍA

Almeida, L.P.; Voudoukas, M.V.; Ferreira, O.; Rodrigues, B.A. y Matias, A. (2012). Thresholds for storm impacts on an exposed sandy coastal area in southern Portugal. *Geomorphology* 143-144, pp. 3-12.

Alonso, A.; Lorenzo, F. y Pagés, J.L. (2000). Dinámica litoral y erosión en la Ria de O Barqueiro: factores antrópicos y procesos naturales. *Geogaceta*, 28, pp. 7–10.

Álvarez Fanjul, E.; Pérez Gómez, B y Rodríguez Sánchez-Arévalo, I. (1997). A description of the tides in the eastern North Atlantic. *Progress in Oceanography*, 40, pp. 217–244.

Andrade, C.; Freitas, M. C.; Trigo, R. M.; Gallego, M. C.; Borges, P. y Ramos, A. M. (2008). Comparing historic records of storm frequency and the North Atlantic Oscillation (NAO) chronology for the Azores region. *The Holocene*, 18, pp. 754 -770.

Arteaga, C. y González, J.A. (2005). Natural and Human Erosive Factors in Liencres Beach Spit and Dunes (Cantabria, Spain). *Journal of Coastal Research* 49 (Proceedings of the 2nd Meeting in Marine Sciences), pp. 70–75.

Arteche García J.L. (2008). *La Galerna del Cantábrico*. Aemet, 11 pp.

Arteche. J.L.; Sáenz Moral, M^a Pilar y Ortiz Berenguer, F.J. (2004). Caracterización de la brisa cantábrica. En *El Clima entre el Mar y la Montaña* (García Codron, J.C.; Diego Liaño, C.; Fdez. de Arróyabe Hernández, P.; Garmendia Pedraja, C. y Rasilla Álvarez, D. eds.), Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, nº 4, pp. 195-204.

Barragán, J.M. (2004). *Las áreas litorales de España. Del análisis geográfico a la gestión integrada*. Ariel, Barcelona, 214 pp.

Cendrero Uceda, A y Díaz de Terán, J.R. (1977). Caracterización cuantitativa del desarrollo histórico del relleno de la bahía de Santander: un proceso natural activado por el hombre. *Revista de Obras Públicas*, 124, pp. 797-808.

Dodet, G.; Bertin, X. y Taborda, R. (2010). Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades. *Ocean Modeling* 31, pp. 120-131.

Dolan R. y Davis R.E. (1992). An intensity scale for Atlantic coast northeast storms. *Journal of Coastal Research* 8, pp. 352-364.

Dorsch, W.; Newland, T.; Tassone, D.; Tymons, S. y Walker, D. (2008). A statistical approach to modeling the temporal patterns of ocean storms. *Journal of Coastal Research* 24, pp. 1430-1438.

García Codrón, J. C. y Rasilla Álvarez D.F. (2006). Coastline retreat, sea level variability and atmospheric circulation in Cantabria (Northern Spain). *Journal of Coastal Research*, SI 48 (Proceedings of the 3rd Spanish Conference on Coastal Geomorphology), pp. 49-54.

González, M.; del Río, S.; Marcos, P.; Rabal, V. y San Román, M. (2013). *Destrucción a toda costa 2013. Análisis del litoral a escala municipal*. Consultado en marzo de 2016 en: http://www.gadeso.org/sesiones/gadeso/web/14_paginas_opinion/ca_10000748.pdf

Instituto Hidrográfico de la Marina (2016). *Anuario de mareas*. Cádiz, 76 pp.

IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Komar, P.D. (1998). Wave erosion of a massive artificial coastal landslide. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, pp. 415–428.

Komar, P.D. y Allan, J.C. (2008). Increasing hurricane-generated wave heights along the U.S. East Coast and their climate controls. *Journal of Coastal Research*, 24, pp. 479–488.

Kottek, M.; Grieser J.; Beck C.; Rudolf, B. y Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, pp. 259-263.

Kruege, O.; Schenck, F.; Feser, F. y Weise, R. (2012). Inconsistencies between Long-Term Trends in Storminess Derived from the 20CR Reanalysis and Observations. *Journal of Climate* 26, pp. 868-874.

Marcos, M. y Tsimplis, M.N. (2008). Coastal sea level trends in Southern Europe. *Geophysical Journal International* 175, pp 70–82.

McGranahan, G.; Balk, D. y Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization* 19, pp. 17-37

Morton, R.A.; Gibeaut, J.C. y Paine, J.G. (1995). Meso-scale transfer of sand during and after storms: implications for prediction of shoreline movement. *Marine Geology* 126, pp. 161-179.

Nicholls, R.J.; Hanson, S; Herweijer, C.; Patmore, N.; Hallegatte, S.; Corfee-Morlot, J.; Chateau J. y Muir-Wood, R. (2008). *Ranking port cities with high exposure and vulnerability to climate extremes: Exposure estimates*. OECD Environment Working papers, nº. 1, OECD Publishing, 63 pp.

OSPAR Commission (2000). *Quality Status Report 2000: Region IV – Bay of Biscay and Iberian Coast*. OSPAR Commission, Londres, 134 + xiii pp.

Pagés,, J.L.; Lorenzo, F. y Alosa, A. (2002). Procesos erosivos en la Estaca de Bares y la Ria de O Barqueiro (A Coruña—Lugo). En *Estudios recientes en Geomorfología*. Sociedad Española de Geomorfología, Valladolid, pp. 373–382.

Rangel-Buitrago, N (2013). *Efectos de temporales marítimos en sistemas litorales de la provincia de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz, 323 pp.

Rasilla, D. y Garcia Codron, J. C. (2009). *Storminess at the Gulf of Biscay: classification and long term trends*. EGU General Assembly 2009, Vienna, Austria (<http://meetings.copernicus.org/egu2009>, p.6115).

Ribera, P.; Gallego, D.; Peña-Ortiz, C.; del Rio, L.; Plomaritis, T.A. y Benavente, J. (2011). Reconstruction of Atlantic historical winter coastal storms in the Spanish coasts of the Gulf of Cadiz, 1929–2005. *Natural Hazards Earth System Science* 11, pp. 1715–1722.

Thompson, E. F. y Vincent, C. L. (1985). Significant Wave Height for Shallow Water Design. *Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Division*, 111, pp 828-842.

Tros-de-Ilarduya Fernández, M. (2005). Temporales marítimos y ordenación del territorio en la provincia de Alicante. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 40, pp. 329-350.

von Storch H y Weisse R. (2009). *Marine Climate and Climate Change: storms, wind waves and storm surges*. Springer, 256 pp.

VVAA (1992). *ROM 0.3-91 OLEAJE. Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español*. Ministerio de Fomento, Madrid, 76 pp.

7. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 3.1 Localización de la boya Bilbao-Vizcaya. Fuente: Área del Medio Físico, Puertos del Estado.

Tabla 3.2 Categorías de impactos asociados a temporales costeros. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.3 Simbología gráfica asociada a los impactos de los temporales costeros. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.1 Frecuencia de temporales en el litoral de Cantabria según la localización de la borrasca. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C.

Tabla 4.2 Características de los temporales más energéticos en la costa de Cantabria. Fuente: elaboración propia a partir de Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C.

Tabla 4.3 Cuadro-resumen de los impactos de los temporales seleccionados. Fuente: elaboración propia a partir de los periódicos ABC, El Diario Montañés y el Diario Alerta.

Figuras

Figura 1.1: Evolución de la población en Cantabria y en el municipio de Santander. Fuente: elaboración propia a partir de datos de ICANE

Figura 1.2: Cambios en el Puntal de Laredo y en el paseo Marítimo de Santoña.

Fuente: El tomavistas de Santander y El País

Figura 1.3: daños en la costa durante los temporales de 2014 (izquierda, playa de la Magdalena, derecha playa de Oyambre). Fuente: El Diario Montañés (2014)

Figura 2.1: Patrones espaciales de erosión costera en Europa (2004). Fuente: Agencia Europea del Medioambiente (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-2004>)

Figura 2.2: Cambios en la línea de costa de Oyambre. Fuente: Rasilla y García Codrón (2011)

Figura 2.3. Mapa de la presión atmosférica sobre el Atlántico N en enero y julio (1948-2010). Fuente: NOAA/ESRL Physical Sciences Division (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

Figura 2.4: Situaciones sinópticas típicas del invierno (a- perturbación sobre el Cantábrico) y del verano (b-dorsal anticiclónicas sobre el Cantábrico). Fuente: OSPAR Commission 2000.

Figura 2.5: Situaciones sinópticas con flujo del NW (a) y flujo del SW (b). Fuente: OSPAR Commission 2000.

Figura 2.6: Situaciones sinópticas con flujo del NE (a) y pantano barométrico (b). Fuente: OSPAR Commission (2000).

Figura 2.6: Situaciones sinópticas con flujo del NE (a) y pantano barométrico (b). Fuente: OSPAR Commission (2000).

Figura 2.8 Nivel del mar, residuo meteorológico (gráfico superior), presión atmosférica y viento (gráfico inferior) en Bilbao durante noviembre de 2010. Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Puertos del Estado.

Figura 2.9: Evolución del nivel del mar en Santander. Fuente: Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) <http://www.psmsl.org/>

Figura 3.1 Definición de temporal. Fuente: Rangel (2013).

Figura 4.1 Rosa de oleaje de la boya Bilbao-Vizcaya (1990-2014). Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Puertos del Estado.

Figura 4.2 Longitud del “fetch” según las direcciones de la rosa de viento. Fuente: elaboración propia.

Figura 4.3 Distribución de la altura significativa (H_s) y del periodo del oleaje (T_m) a lo largo del año y representación conjunta durante los meses de enero y julio. Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Puertos del Estado.

Figura 4.4 Periodo de retorno de la altura significativa del oleaje aplicando la ley de Gumbel. Fuente: elaboración propia a partir de información procedente de Puertos del Estado

Figura 4.5 Frecuencia mensual de temporales y energía liberada. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C.

Figura 4.6 Evolución de la frecuencia (duración en días) de los temporales y la energía liberada por el oleaje entre 1901 y 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C

Figura 4.7 Situaciones atmosféricas causantes de temporales costeros sobre Cantabria. Fuente: NOAA/ESRL Physical Sciences Division (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

Figura 4.8 Evolución de las situaciones atmosféricas que producen temporales costeros en Cantabria el litoral cantábrico durante el invierno. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C

Figura 4.9 Situación sinóptica asociada al temporal del 08-10/01/1924. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

Figura 4.10 Evolución de las condiciones atmosféricas (presión y viento) y oceanográficas (altura del oleaje y nivel del mar) durante el temporal del 8 al 10 de enero de 1924. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C y del mareógrafo de Santander.

Figura 4.11 Localización y tipología de daños asociados al temporal del 08/01/1924. Fuente: elaboración propia a partir de información del periódico Diario Montañés.

Figura 4.12 Situación sinóptica asociada al temporal del 20-22/01/1965. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

Figura 4.13 Evolución de las condiciones atmosféricas (presión y viento) y oceanográficas (altura del oleaje y nivel del mar) durante el temporal del 20 al 22 de enero de 1965.

Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C y del mareógrafo de Santander.

Figura 4.14 Localización y tipología de daños asociados al temporal del 20-22/01/1965.

Fuente: elaboración propia a partir de información de los periódicos Diario Montañés y Alerta.

Figura 4.15 Situación sinóptica asociada al temporal del 26-28/02/1989. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

Figura 4.16 Evolución de las condiciones atmosféricas (presión y viento) y oceanográficas (altura del oleaje y nivel del mar) durante el temporal del 26 al 28 de febrero de 1989.

Fuente: elaboración propia a partir de información extraída de ERA-20C y del mareógrafo de Santander.

Figura 4.17 Localización y tipología de daños asociados al temporal del 26-28/02/1989.

Fuente: elaboración propia a partir de información de los periódicos Diario Montañés y Alerta.