

# METEOROLOGÍA MARÍTIMA EN EL CANTÁBRICO

Rafael ARCOS PALACIOS



*Es loco el navío, pues siempre se mueve; es loco el marinero, pues nunca está de un parecer; es loca el agua, pues nunca está queda, y es loco el aire, que siempre corre; y pues es así de verdad, si huimos de un loco en tierra... ¿cómo queréis que fie yo mi vida de cuatro locos en la mar?*

*El Cónsul Jabato.*

## Introducción



A seguridad de la navegación marítima, a pesar del paso del tiempo, es una función que depende de las condiciones meteorológicas y, fundamentalmente, de dos variables: el estado de la mar y el viento reinante. La eficiencia de un buque de guerra, sobre todo en combate, va a ser función también de otras variables, tales como la visibilidad, humedad relativa, gradiente de temperatura en altura, perfil batitérmico y otras muchas que se escapan al alcance de este trabajo.

Con estas líneas haré un análisis de cómo en un escenario tan típico como el mar Cantábrico el factor meteorología afecta enormemente a la navegación, aportando, desde el punto de vista de mi experiencia como comandante de una unidad ligera de combate con base de estacionamiento en el Cantábrico, y con las leyes de la física, datos que puedan ser de interés en la comprensión de los fenómenos meteorológicos marinos más frecuentes en esta zona, y que puedan ser aprovechados con la necesaria anticipación y previsión de los mismos, en beneficio de la operatividad.

## Comportamiento de un buque en la mar

Un buque de propulsión mecánica en navegación en aguas profundas (1) es, desde el punto de vista físico, un móvil sometido a un sistema de fuerzas exteriores muy complejo, que va a provocar el movimiento de traslación del mismo en los tres ejes (longitudinal, vertical y transversal), así como de rotación (cabezada, guiñada y balance).

(1) Aguas profundas son entendidas como aquellas en las que la ola no «rompe» (profundidad del orden de una longitud de onda). Se utiliza este hecho en aproximaciones de los modelos matemáticos.

El movimiento de rotación del mismo respecto a los tres ejes es el que navegando se intenta minimizar, puesto que entonces éste se encontrará más alejado de la zona de peligro. Este movimiento va a depender fundamentalmente de los siguientes factores:

- Altura de las olas.
- Periodo del oleaje.
- Rumbo, velocidad y dimensiones del buque.

Analicemos ahora la incidencia de estos factores en el movimiento de rotación. Las olas, físicamente consideradas como tales, son ondas libres que se propagan, con una velocidad «de grupo» (2). Navegando proa a la mar, se observará que el «periodo aparente» de las olas es menor que el que se observaría si estuviera parado. Del mismo modo, «la longitud de onda aparente observada» sería menor que si el buque estuviera también parado.

De manera inversa, navegando popa a la mar, se observaría un periodo y longitud de onda aparentes mayores. Este concepto «mayor» o «menor» dependerá según sea en magnitud la componente de la velocidad propia, en la dirección de la velocidad de grupo del oleaje, es decir, del rumbo (aspecto del buque respecto a la velocidad de grupo del tren de olas) y de la velocidad.

Es por esto que se puede modificar el periodo y longitud de onda aparentes de la mar con una variación de rumbo y/o velocidad.

Por otra parte los movimientos de rotación del buque respecto a los tres ejes son máximos cuando la longitud de onda aparente es próxima a la eslora. Este punto es el de «resonancia» (3), y es la referencia a evitar.

Es difícil, por otra parte, encontrarnos una mar que responda a las características de un único tren de ondas. Más bien será combinación de varios, con lo que tendremos un espectro de periodos (frecuencias) más que un periodo (frecuencia) discreto. Se tratará entonces de evitar dichas situaciones de resonancia, correspondientes a cada una de las situaciones individuales (principio de superposición de la física) (4).

---

(2) Se demuestra en física ondulatoria, que, en aguas profundas, la velocidad de un tren de olas es en nudos, el triple ( $g/\pi$ ) del periodo en segundos. Su longitud de onda en metros sería entonces 1,5 veces ( $g/2\pi$ ) el periodo en segundos. Esto es aplicable a la mar de viento. Para la mar de fondo, la longitud de onda sería igual, pero la velocidad sería la mitad del valor anterior. (la velocidad de grupo es la mitad de la velocidad de fase).

(3) El barco podría ser levantado por proa y popa al tener la cresta de la ola en el centro (y senos en proa y popa), embarcando agua por proa (si el buque es más rápido que las olas) o popa (buque más lento). Ésta es la situación más peligrosa, aunque la de máxima aceleración vertical (causa del mareo) se daría con longitudes de onda aparentes entre 1,5 y 2,5 veces la eslora del buque.

(4) El 27 de febrero de 2001, los medios de comunicación social, se hicieron eco del naufragio a 70 millas al NW de la costa gallega del carguero maltés *Kristal* de más de 100 m de eslora, presumiblemente por haber entrado en resonancia en una mar de cinco metros de altura. El buque rompió en dos por el sobreesfuerzo recibido.

### *Caso de mar de viento*

La mejor solución es la ya conocida de disminuir velocidad todo lo que sea necesario para evitar entrar en resonancia. Si aumentamos la velocidad con objeto de acortar el periodo y la longitud aparente, se puede correr el peligro de entrar en resonancia con otros trenes de onda de periodo real mayor. Dependerá de las circunstancias.

### *Caso de mar de fondo, tendida o de leva*

El caso de la mar tendida es sensiblemente diferente. Aquí sólo se propaga un espectro estrecho de frecuencias correspondientes a trenes de ondas, con lo que aumentando la velocidad para alejarnos del punto de resonancia, aproándonos a la mar, tendremos una solución óptima. Así llegaremos a la situación conocida por el marino de «comerse la mar».

### **Aspectos teóricos sobre el oleaje**

La cornisa cantábrica se encuentra prácticamente abierta a los vientos del primer y, sobre todo, cuarto cuadrante. Éstos van a ser principalmente los cuadrantes generadores de vientos principales y, a su vez, de trenes de ondas con una altura de la ola y periodo determinadas, factores que como hemos visto incidirán en el comportamiento del buque a este oleaje.

De una manera genérica, el periodo y altura de la ola generados por el viento, en mar abierto, dependerá de los siguientes factores:

- Parámetros iniciales de la mar.
- Dirección e intensidad del viento.
- Persistencia y duración de dicho viento
- Longitud de la zona generadora (conocida como *fetch*), es decir, la longitud del área en la cual el viento ha estado soplando con la misma dirección e intensidad. Estos *fetch* son fácilmente identificables en los mapas de isobaras como zonas en las cuales éstas se acercan hasta hacerse paralelas e igualmente espaciadas. Estas zonas generadoras de oleaje son de elevada importancia en el estudio de la mar de fondo en el Cantábrico, como se verá posteriormente.

Para aclarar ideas sobre los dos últimos factores, es necesario decir que para que un determinado viento reinante pueda levantar una determinada altura de la ola es necesario no solamente que sople durante un tiempo predeterminado, sino que también lo haga sobre una distancia (*fetch*) que permita la

formación de esta ola. El *fetch* dará, por tanto, una cota superior de la máxima altura de ola permisible, a pesar de que el viento sople indefinidamente (5).

Hay unas simples fórmulas que aproximan muy bien los parámetros del tren de olas formados, con las causas que los generaron. El periodo  $T$  en segundos del tren de olas formado para un viento de fuerza Beaufort  $V$ , que sople durante  $d$  días sobre una mar en calma viene dado por:

$$T = V + 5/2 d$$

Y la altura de olas  $H$  en metros será:

$$H = T / (12 - V) + (F - 150) / 500$$

Siendo  $F$  el *fetch* en millas (sin sobrepasar la cota superior ya mencionada).

Estas fórmulas, dan una muy buena aproximación de lo que nos podemos encontrar en alta mar en el Cantábrico simplemente analizando la historia meteorológica anterior y su evolución. De hecho, constituyen las herramientas de predicción genéricas en la elaboración de los mapas de olas.

## Aspectos estadísticos en el cantábrico

Distinguiré ahora las situaciones meteorológicas más representativas en el Cantábrico, así como los efectos de dichas situaciones en la mar y el viento (6).

### *Mar de fondo y paso de un frente frío*

La mar de fondo en el mar Cantábrico, principalmente en la costa asturiana y a levante de la misma, es un compañero constante de viaje. Se origina al NW de la costa gallega a 500-700 millas con un *fetch* considerable. En otoño e invierno, para la cornisa cantábrica, varía desde los 4-5 metros en Estaca de Bares, pasando por los 2-3 en cabo de Peñas, hasta los 2 metros en la costa

---

(5) Esta cota superior en pies viene dada por la raíz cuadrada de la mitad del *fetch* en millas.

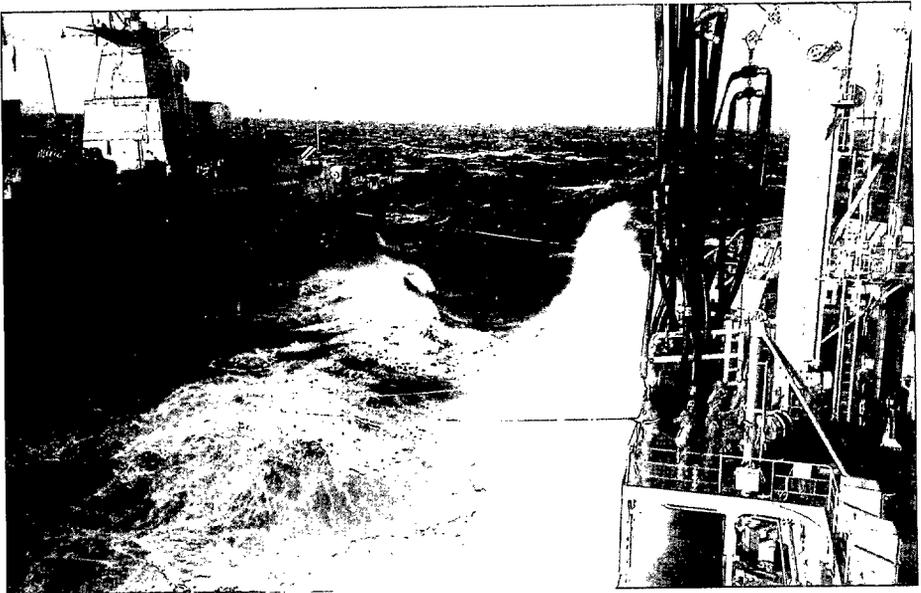
(6) Es evidente que si mediante procedimientos estadísticos somos capaces de establecer los parámetros de frecuencia y amplitud de los trenes de ondas predominantes en un escenario determinado, se podrá elegir la plataforma óptima en cuanto a dimensiones, con el objeto de mejorar sus cualidades marinerías y evitar la «resonancia». Para el mar Cantábrico, a velocidades medias, la eslora óptima es de alrededor de 70 metros. Para velocidades de cinco nudos (típicas para las artes de arrastre), la mínima eslora aceptable se calcula en 35 m (la eslora típica para arrastreros gallegos y asturianos de 40-45 m).

cántabra y vasca. Esta mar de fondo disminuye sensiblemente al cabo de dos días en dos situaciones que luego analizaremos con más detalle y que aquí se adelantan:

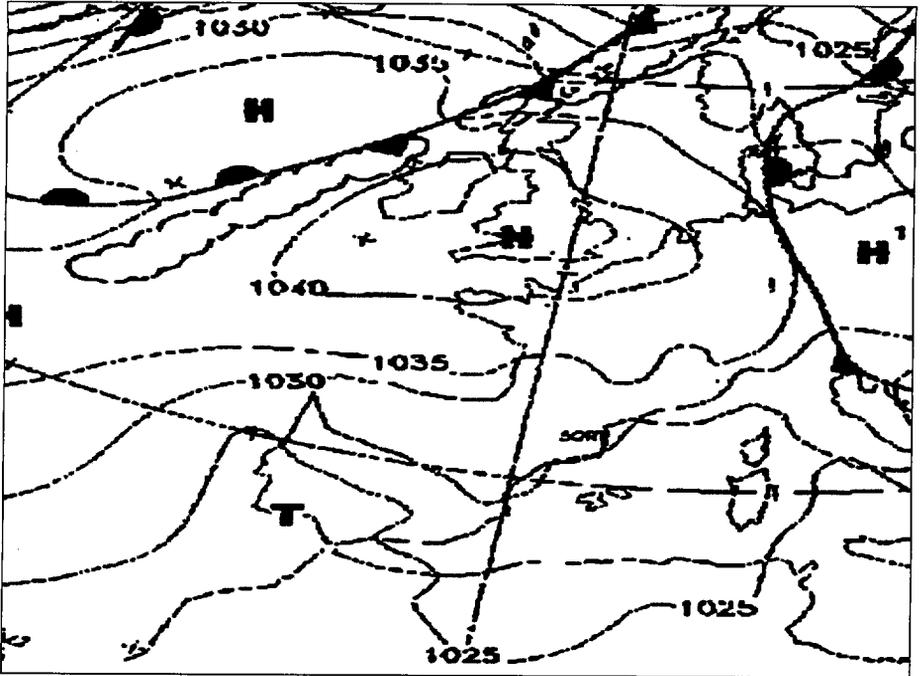
- a) Si sopla viento del SW, como es menester justo antes del paso de un frente frío, para luego aumentar rápidamente al alimentarse del NW que salta inmediatamente después del paso del mismo. En invierno, es común encontrarse mar de fondo del NW, con mar de viento del SW; si esta situación se mantiene, como dijimos anteriormente, durante dos días al menos, la mar de fondo decaerá, y solamente tendremos presente la mar de viento del SW, que en las proximidades de costa no levantará mucha mar. Así, la navegación costera, a pesar incluso de haber aviso de temporal en alta mar, será bastante tranquila.
- b) Si sopla viento de componente E, como se expone a continuación.

### *Situación del Nordeste*

Esta situación, típica pero no exclusiva del verano, se da con mayor frecuencia por la presencia de un anticiclón centrado en las islas británicas, con alguna que otra baja relativa en las proximidades de la península Ibérica.



(Foto: J. Pery).



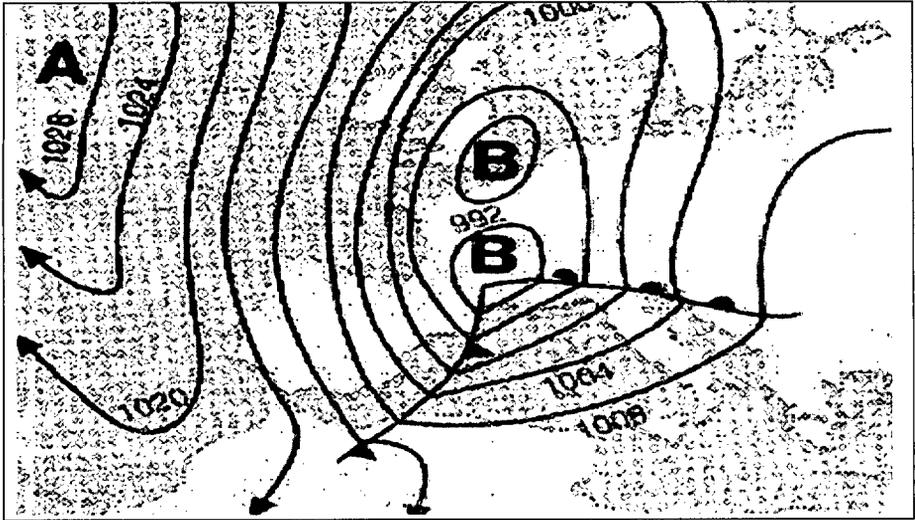
Situación típica de NE. Anticiclón (H) en las islas británicas.

Este tipo de situación estadísticamente no suele levantar mucha mar (dependerá del *fetch*), y sin embargo provoca inestabilidad meteorológica (chubascos principalmente) en las comunidades de Cantabria y País Vasco. La mar de viento es del NE, lo que provoca que la omnipresente mar de fondo cantábrica del NW disminuya considerablemente (1-1,5 m), llegue a encalmar, o incluso sea del NE al cesar éste. La situación del NE dura como máximo 5-7 días, por la tendencia natural del anticiclón a debilitarse en esta situación geográfica, y la entrada de bajas presiones que ocupan su lugar.

Otra forma de ocasionar una situación del NE con los mismos efectos ya descritos es como consecuencia del fin de una situación del N, que veremos a continuación.

### *Situación del Norte*

Ocasionada por la presencia de un anticiclón a poniente y una borrasca a levante de la península Ibérica. El efecto confluyente de la circulación ciclónica de la baja presión con la anticiclónica de la alta, en una zona al norte de Asturias, hace que el *fetch* sea lo suficientemente elevado como para arbolarse la



Situación del Norte: anticiclón a poniente y baja presión a levante de la península Ibérica.

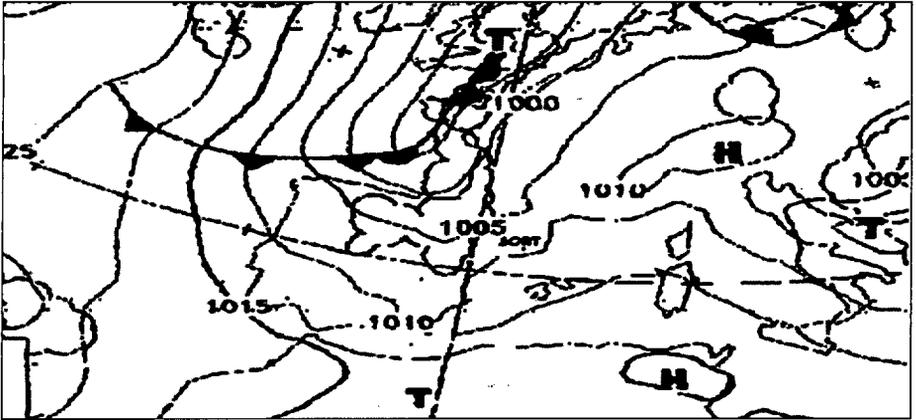
mar, y regenerar la mar de fondo del NW, que llega a ser ahora del NNW con olas de 5 y 6 metros en toda la cornisa cantábrica. Por otra parte, esta borrasca situada a levante de la Península enviará periódicamente (6-12 horas, dependiendo de su actividad) frentes fríos que provocarán los efectos locales ya descritos al paso del mismo.

La tendencia natural será a derivar en una situación del NE por pasar a ocupar el anticiclón el espacio dejado por la baja presión, o en una del NW por desplazarse el anticiclón a posiciones más meridionales.

### *Situación del Noroeste*

Esta situación es producida por el emplazamiento de una baja presión (denominada borrasca motor) en las proximidades de las islas británicas que, normalmente, irá enviando sucesivos frentes fríos que barren la península Ibérica desde Galicia hasta el Mediterráneo. Soplará SW antes del paso, levantando poca mar de viento y atenuará lentamente la de fondo, para luego rolar rápidamente al NW (donde hay más *fetch*) y arreciar, llegando el viento a rachas de 50 nudos, arbolar la mar y alimentar a mar de fondo hasta seis metros al noroeste de Galicia, que será la que afectará principalmente a la navegación costera en Asturias y Cantabria (donde llegarán 4-5 m de ola).

Esta situación puede prolongarse hasta dos semanas, y fue la causante de los temporales de viento y nieve acaecidos durante el mes de noviembre del pasado año 2000.



Situación típica del NW: borrasca motor (T) en las islas británicas y frentes barriendo la península.

La causa del desplazamiento de una baja presión tan al sur como en esta pasada fecha hay que buscarla en el desplazamiento de la corriente de chorro que recorre el Atlántico hacia posiciones más alejadas del Polo (7).

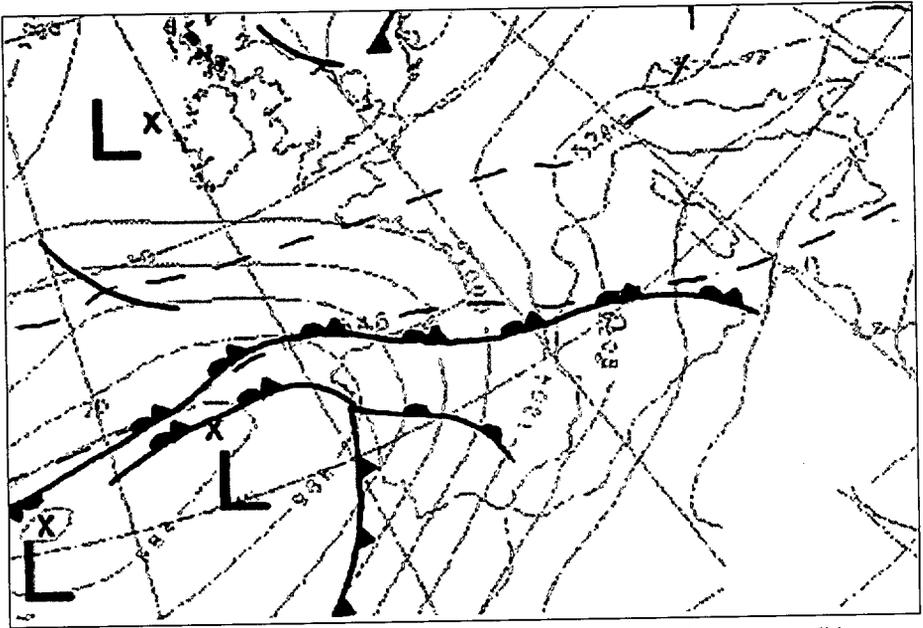
### Situación del Sur y Sudoeste

Situación provocada por una baja presión a poniente de las islas británicas, o incluso a poniente de la península Ibérica. En estos casos, en aguas costeras no se levanta mar de entidad, no así en alta mar donde el *fetch* producido se hace ya notar, y las olas alcanzan los dos metros de altura. Esta situación viene normalmente acompañada de una mar de fondo del NW, procedente de 500 millas al NW donde se localiza su *fetch*, llegando a las costas de Asturias y Cantabria tres y cuatro metros de ola. La navegación en el Cantábrico en demanda de poniente se hace particularmente molesta por la confluencia de mar de viento y de fondo con frentes de onda desfasados  $90^\circ$  (8), aunque si esta situación se mantiene lo suficiente puede ayudar a amainar la mar de fondo del NW.

Como dato curioso, hay que decir que cuando sopla SW, las temperaturas alcanzan valores típicamente veraniegos, y pueden rondar los  $25^\circ\text{C}$  en toda la cornisa cantábrica en pleno invierno.

(7) Posiblemente causado por las variaciones en la vertical del casquete polar del grueso de la capa de ozono.

(8) En Asturias se obtiene el beneficioso resguardo de la mar de fondo del NW, sin dar tiempo a la mar de viento del SW a formarse completamente; ésta ya se considera formada a 5-6 millas de costa. Sin embargo, a poniente de cabo de Peñas, la interferencia de los frentes de mar de fondo del NW y de viento del SW hace que la navegación para unidades ligeras sea peligrosa.



Situación del SW: baja presión (L) que se acerca a la península desde el oeste. A medida que se desplaza al este degenera en una situación del W/NW.

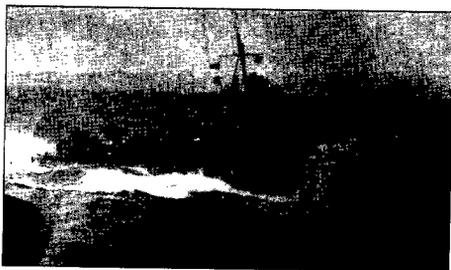
En estas condiciones, a poco que se desplace la baja presión, se evoluciona hacia una situación del Sur (con los mismos efectos cualitativos en la mar que la del SW), o bien en una del NW, que ya se ha descrito.

### *Las galernas en el Cantábrico*

Es uno de los fenómenos atmosféricos más peligrosos que se pueden dar en el Cantábrico. Peligroso por dos razones fundamentales, por la rapidez de su desarrollo y por lo inofensiva de la situación aparente.

Se desarrollan estas situaciones en la denominada de «pantano barométrico», es decir, en aquella situación isobárica no demasiado clara, en la que la presión es relativamente baja y constante en un área extensa. En las capas altas de la atmósfera, hay viento de componente N u W a poniente de Galicia, y de componente S u W a levante. Ocurre normalmente al ocaso, soplando un terral (S o SE) moderado, con una bajada violenta del barómetro, seguido de otra subida rápida. En este preciso momento, el viento rola al NW, soplando muy fuerte, y levantando mucha mar (muy gruesa a arbolada). Puede no llevar acompañado ni lluvia, ni nubes, lo que lo hace aún más imprevisible.

Ocurre más frecuentemente en primavera y verano.



Destructor *Jorge Juan* navegando a la altura de las islas Sisargas en demanda del puerto de Ferrol, año 1946. (Colección: M. Sánchez-Barcáiztegui).

## Otros factores que afectan a la navegación costera

En la navegación costera afecta otro factor fundamental a los ya descritos: la propia costa. Ésta, con sus accidentes geográficos, con sus perfiles de fondo y con la naturaleza de sus acantilados, da lugar a variaciones en la dirección del viento (9), así como interferencias entre frentes de onda, sólo apreciables en proximidades de costa y que son ocasionados por la presencia de trenes de ondas, ya descritos, y por otros dos fenómenos:

- Reflexión en los principales accidentes de costa (provocando un cambio de fase).
- Difracción en los salientes de ésta, siempre y cuando tengan una separación del orden de una longitud de onda.

La reflexión provoca la superposición de trenes de onda, que pueden ser constructiva o destructiva, aunque, como ya se mencionó, la presencia de un paquete de frecuencias en vez de una frecuencia discreta hace que el fenómeno observable sea un agitación anormal de las aguas en zonas próximas a ellas.

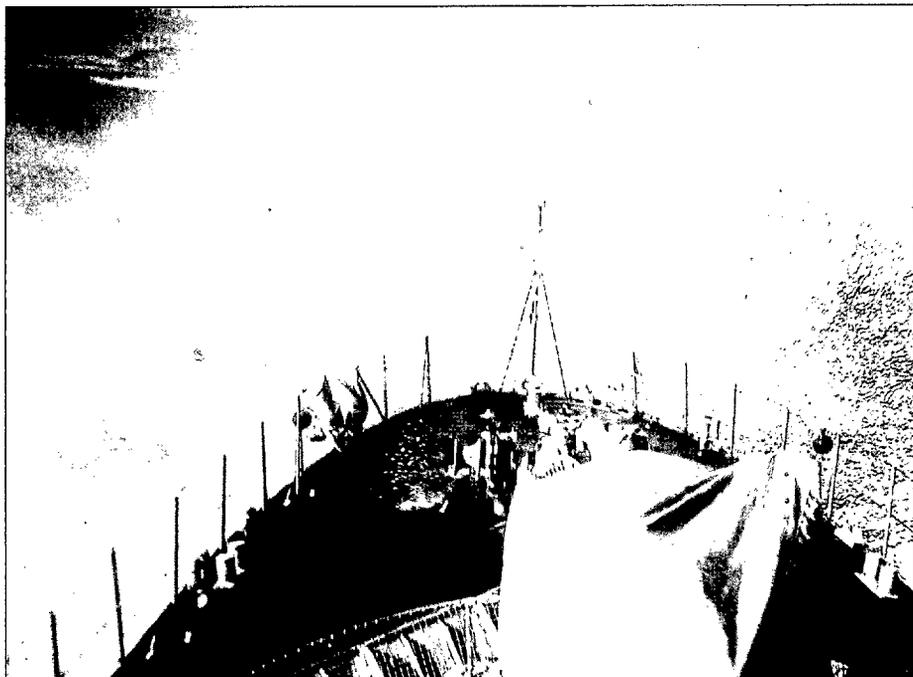
La difracción es la causa de la presencia de una mar de viento o fondo en zonas donde *a priori* (por estar socaireados) no deberían estar presentes. Es muy común observar este fenómeno en los alrededores de puertos o arrecifes artificiales.

Es de resaltar la acción condicionante del accidente geográfico más representativo de la costa astur-cantábrica: cabo de Peñas.

Al levante de cabo de Peñas, con una predicción de mar de fondo del NW de 3-4 m, no es difícil observar mar de fondo franca del W, y cuanto más al sur del paralelo de cabo de Peñas, más amortiguada estará, a pesar de haber fondo suficiente y estar la zona abierta al NW. Esto es debido al fenómeno de interferencia entre la mar del fondo del NW y las ondas emitidas por el propio cabo al convertirse en foco emisor por difracción (10). Por esto, en cabo de

(9) Muy comunes en la zona de Ribadesella (en el oriente asturiano), en los que un teórico SW atmosférico se traduce en un SE en aguas costeras.

(10) Lógicamente, a medida que navegamos más al Este, menos acusado será este fenómeno por la menor energía de la onda difractada, y la mar a una determinada distancia será ya del NW. Esto ocurre aproximadamente a la altura del pueblo pesquero de Lastres (en el oriente asturiano).



Proa a la mar. (Foto: L. Díaz-Bedia).

Peñas, la mar es sensiblemente peor que a levante o poniente, por la interferencia de los frentes de mar de viento y de fondo, con el frente ocasionado por foco emisor difractante en el cabo.

Por el contrario, algunas millas a poniente de cabo de Peñas, con mar de fondo y viento del 4.º cuadrante, se observa una inusual mejora de la mar, provocada por la interferencia destructiva de las ondas del NW y su reflejada por la costa en dirección opuesta. Son claros ejemplos de cómo la costa puede provocar efectos localmente modificativos en las condiciones de mar existentes.

## Conclusiones

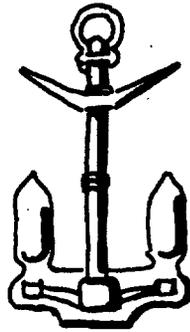
La meteorología marítima es una ciencia muy compleja. Los modelos matemáticos y físicos son herramientas que facilitan la predicción. En alta mar, estos modelos son más exactos, porque las aproximaciones se cumplen con un menor margen de error.

Esta afirmación es más válida, aún si cabe, en el mar Cantábrico. En aguas costeras influyen otros factores, que se han descrito anteriormente, y que

pueden alterar de manera ostensible, muchas veces a favor, las previsiones de alta mar.

El mar Cantábrico ofrece al navegante la ocasión de lidiar con la meteorología a diario. Las consecuencias de las duras condiciones medioambientales y diferentes situaciones aquí analizadas pueden ser a veces compensadas con una adecuada previsión y conocimiento de las peculiaridades existentes en este entorno.

La anticipación basada en el conocimiento, la experiencia y el «ojo mariner» son, a pesar de los tiempos, los elementos de juicio más valiosos del hombre de mar.



#### BIBLIOGRAFÍA

- ALEJO BOCANEGRA, Luis Miguel: *Aspectos particulares del oleaje*.  
GARCÍA, Antón: *Pescadores, bolos y boleros*.  
MEDINA, Mariano: *La Mar y el Tiempo*. Editorial Juventud.  
RENAULT, J.: *Física ondulatoria*. Editorial Paraninfo.  
Grupo de Ingeniería Oceanográfica: *Teoría de ondas y propagación del oleaje*.  
*Meteorology Primary. Training Air Five (TAW-5)*. Student Book.  
*Metoffice Maritime Prediction Models*. INTERNET.  
Página web del INM. INTERNET ([www.inm.es](http://www.inm.es)).