

# Diferenciación morfológica submarina en el área del Umbral del Estrecho de Gibraltar: resultados preliminares

*Offshore morphological differentiation in the Gibraltar Threshold: preliminary results*

María Luján <sup>(1)</sup>, Ana Crespo-Blanc <sup>(1,2)</sup>, Menchu Comas <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC, 18071 Granada (España); mlujan@ugr.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Geodinámica, Campus Fuentenuueva s/n, 18071 Granada (España); acrespo@ugr.es

## ABSTRACT

*Offshore, the bathymetry of the Gibraltar Straits, situated in the westernmost Mediterranean, is characterized by an area of topographic highs which link the Spanish and Marrocan platforms, the so-called Gibraltar Threshold («Umbral»). A detailed study of its bathymetric map and morphology permits to characterize three zones according to the scarps and crests distribution, together with their orientation and profile. These zones are separated by two morphologic traces, approximately E-W directed, interpreted as main tectonic lineament.*

**Key words:** Gibraltar Arc, Gibraltar Strait, bathymetric map, offshore morphology, tectonic lineaments

*Geogaceta*, 46 (2009), 3-6  
ISSN: 0213683X

## El Arco de Gibraltar y el Umbral del Estrecho

Las Cordilleras Béticas y Rifeña rodean el extremo oeste del Mediterráneo formando una estructura arqueada conocida como Arco de Gibraltar. Éste empezó a formarse hace 25 Ma como respuesta a la convergencia entre Eurasia y África durante el Cenozoico. La deriva de componente oeste del Dominio de Alborán, la parte interna de este Arco, sobre los paleomárgenes español y marroquí a partir del inicio del Mioceno dio origen a la formación de un prisma de acreción al frente del Arco (e.g. Balanyá y García-Dueñas, 1988). Este prisma unía las dos orillas con anterioridad a la apertura del Estrecho de Gibraltar, que a su vez tuvo lugar durante el Plioceno inferior (Sandoval *et al.*, 1995; Esteras *et al.*, 2000). La apertura del Estrecho supuso la inmersión local de los terrenos pertenecientes al prisma de acreción del Arco de Gibraltar. De hecho, sondeos poco profundos y dragados muestran que los materiales superficiales del Umbral del Estrecho están constituidos esencialmente por secuencias Miocenas del Complejo de los Flyschs, (rocas siliciclásticas) y recubrimientos postorogénicos (calizas litohémicas, arenas bioclásticas y gravas) (Sandoval *et al.*, 1995; Esteras *et al.*, 2000).

A grandes rasgos, desde el punto de vista batimétrico, al este del meridiano de Tarifa, el Estrecho tiene una dirección ENE-WSW, con profundidades mayores a los -700m (encarte de la Fig. 1). Esta zona profunda está interrumpida al oeste por una serie de altos de menor profundidad, la llamada zona del Umbral del Estrecho de Gibraltar, por donde se prevé la construcción de un túnel ferroviario para la conexión entre Marruecos y España. Al oeste del Umbral, la batimetría desciende desde -250 m a -600 m.

En este artículo, se pretende presentar los resultados preliminares de un estudio morfológico detallado del fondo marino en el área del Umbral. Se ha podido identificar varias zonas con características morfológicas distintas, separadas por zonas de transferencia que podrían corresponder con accidentes tectónicos mayores.

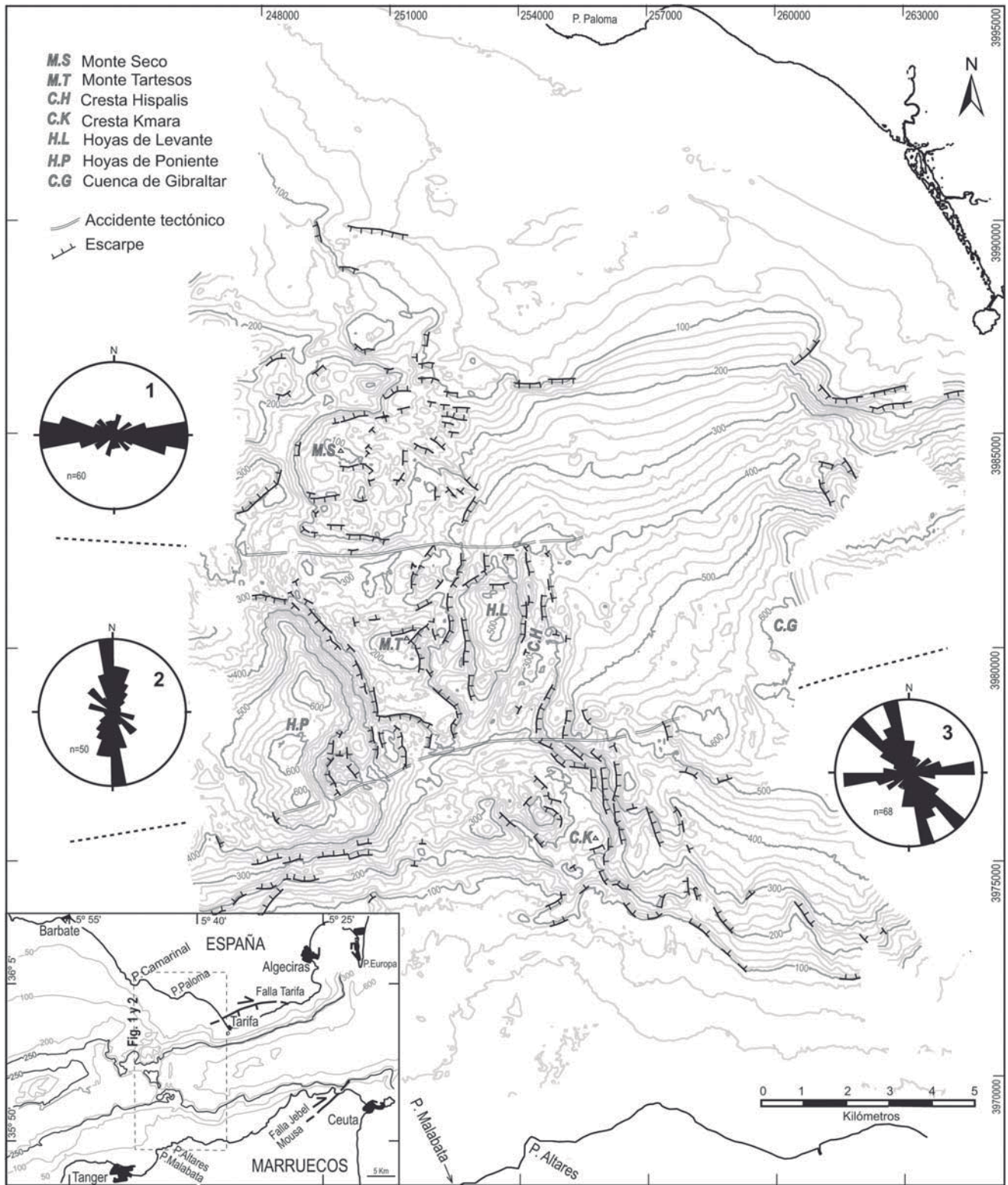
## Batimetría del Umbral del Estrecho de Gibraltar

La base batimétrica utilizada en el área de Umbral del Estrecho es la de la campaña IFREMER-1991, de muy alta precisión con un mallado de puntos cada 0,2m (ver detalles en Marsset, 1991). A partir de esta malla y utilizando programas GIS, se puede elaborar el mapa batimétrico de la figura 1, así como la imagen en bajo relieve de la figura 2.

Ambas figuras permiten apreciar perfectamente los rasgos morfológicos submarinos del Umbral.

Sobre el mapa de la figura 1, se puede observar que el Umbral une las plataformas española y marroquí, entre Punta Paloma y Punta Malabata respectivamente, a través de una serie de altos topográficos que son de norte a sur el Monte Seco (90 m de profundidad), el Monte Tartesos (-160 m) y la Cresta Kmara (-160 m). En su parte central, dos depresiones flanquean este Umbral, las Hoyas de Levante al este (-500 m) y las Hoyas de Poniente al oeste (-620 m) (Sanz *et al.*, 1991). El conjunto muestra una morfología submarina irregular, que se ha estudiado en detalle.

Las figuras 1 y 2 muestran respectivamente, la distribución de los escarpes (cambios bruscos y asimétricos de las pendientes, alcanzando valores iguales o superiores a 25°) y de las líneas de crestas (relieves con pendientes simétricas de una parte a otra de la cresta) en el Umbral. Dos tipos de crestas se han diferenciado en función de su perfil (ver perfiles batimétricos de la Fig. 2). Las crestas suaves muestran pendientes poco marcadas y cumbres anchas, poco definidas (perfiles A y B de la Fig. 2), mientras que las crestas agudas tienen cimas bien definidas con laderas de fuertes pendientes (perfiles C y D).



**Fig. 1.-** Mapa batimétrico detallado del área del Umbral del Estrecho de Gibraltar. Se han resaltado los escarpes más importantes. Diagramas de rosas: orientación de los escarpes en cada zona morfológica (intervalo de clases: 10°). Encarte: Mapa batimétrico de la zona del Estrecho (tomado de Sanz *et al.*, 1991).

*Fig. 1.- Detailed bathymetric map of the Threshold area of the Gibraltar Strait. The most important scarps have been drawn. Rose diagrams: scarps orientation in each one of the morphologic zone (10° interval). Inset: Bathymetric map of the Gibraltar Strait (according to Sanz *et al.*, 1991).*

Tanto el trazado de los escarpes como el de las crestas nos han permitido diferenciar tres zonas morfológicas a lo largo del área del Umbral, basado en la orienta-

ción de ambos tipos de relieves, tal como lo ilustran los diagramas de rosas que aparecen en las figuras. Estos últimos han sido construidos dividiendo las líneas de

crestas (de ambos tipos) o de escarpes —resaltados en las figuras 1 y 2— por segmentos de 400 metros, y midiendo la orientación de cada uno de los segmen-

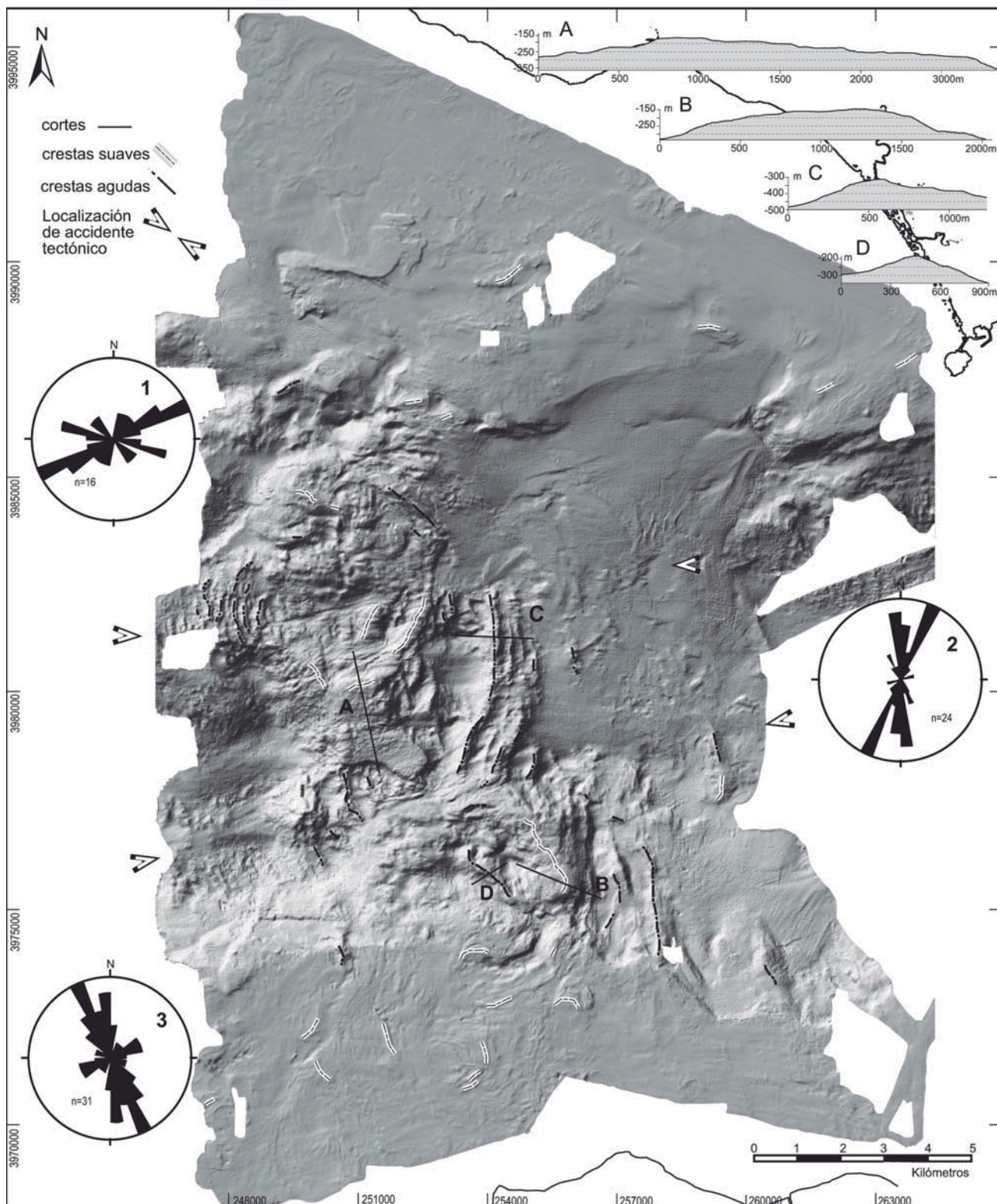


Fig. 2.- Imagen en bajo relieve del área del Umbral del Estrecho de Gibraltar (iluminación desde NW). Se han resaltado las crestas más importantes. Cortes A, B, C y D: secciones de las crestas. Diagramas de rosas: orientación de las crestas en cada zona morfológica (intervalo de clases: 10°).

Fig. 2.- Shaded relief map of the Threshold area of the Gibraltar Strait (Illumination from NW). Cross-sections A, B, C and D: crest profiles. Rose diagrams: crest orientation in each one of the morphological zone (10° interval).

tos. Es muy llamativo el hecho de que el trazado tanto de los escarpes como las crestas se vea interrumpido al llegar a dos zonas de morfología lineal muy neta,

de dirección aproximada E-W, trazadas en el mapa de la figura 1 y que limitan las tres zonas morfológicas que se describen a continuación.

La zona norte, en contacto con la plataforma española, muestra una concentración de las direcciones de los escarpes en torno a E-W, mientras que las crestas tie-

nen direcciones más variables, oscilando entre ENE-WSW y ESE-WNW (diagramas de rosas 1 de las Figs. 1 y 2). Tanto los escarpes como las crestas tienen poca continuidad, y no superan los 2 km. En la zona central del Umbral, los escarpes pasan a tener orientaciones mayoritariamente N-S, similares a las que presentan las trazas de las crestas (diagramas de rosas 2 de las Figs. 1 y 2). En esta zona, la mayoría de los escarpes de dirección N-S son de gran longitud (de 2 a 5 km). En la zona meridional del Umbral, en contacto con la plataforma marroquí, se observa una mayor dispersión de las orientaciones de los escarpes, con tres direcciones principales, NNW-SSE, NW-SE y E-W (diagrama de rosas 3 de la Fig. 1). En esta zona, las crestas tienen orientaciones variables, aunque se observa una dirección preferente en torno a NNW-SSE (diagrama de rosas 3 de la Fig. 2). La longitud de crestas y escarpes varía de 300m a 2500m.

#### **Accidentes tectónicos mayores en la zona del Umbral del Estrecho de Gibraltar: discusión y conclusiones**

El área del Umbral del Estrecho de Gibraltar corresponde a un alto estructural formado por una sucesión de zonas elevadas, limitadas por escarpes de dirección N-S particularmente bien desarrollados en las zonas central y meridional del mismo. Así, el Monte Tartesos y la Cresta de Hispalis quedan confinados entre las depresiones de las Hoyas de Poniente, de las Hoyas de Levante y el comienzo de la Cuenca de Gibraltar. Sin embargo, el origen de estos escarpes está por caracterizar.

En este mismo Umbral, la distribución, orientación y tipo de crestas y escarpes nos ha permitido dividirlo en

tres zonas morfológicas separadas por dos franjas relativamente rectas y muy estrechas contra las cuales finalizan las trazas de las principales estructuras (escarpes y crestas). La franja que se sitúa al norte es de dirección E-W, mientras que la que se sitúa al sur tiene una orientación ENE-WSW. Ambas se aprecian claramente en la imagen en bajo relieve (Fig. 2). En el mapa batimétrico, se observa que su trazado va siguiendo las curvas -300m y -280m en el centro del Umbral mientras que corta las curvas batimétricas en dirección a las zonas colindantes más deprimidas (Fig. 1), como consecuencia de las fuertes inclinaciones que presentan ambas franjas.

El trazado estrecho de estas franjas, además de la interrupción de varios marcadores sugiere que son accidentes tectónicos con altos buzamientos y que probablemente, tengan movimientos con fuerte componente de salto en dirección. En tierra, dos accidentes mayores de este tipo afloran en el ámbito del Estrecho de Gibraltar (Encarte de la Fig. 1; Balanyá *et al.*, 2007). La primera es la falla de Tarifa, en la orilla norte, una falla dextrorsa con componente normal y de dirección ENE-WSW, mientras que la segunda es la falla de Jebel Moussa, en la orilla sur, también dextrorsa, pero de dirección distinta de los accidentes observados en mar, ya que está orientada NE-SW.

Trabajos anteriores relacionan estas direcciones aproximadamente E-W con dos amplios canales que cortan transversalmente el Umbral (Sandoval *et al.*, 1995 y Esteras *et al.*, 2000). La relación de estos canales con los accidentes tectónicos descritos en el área de Umbral del Estrecho de Gibraltar queda por determinar, así como el régimen y significado de estos accidentes y sus

relaciones con las fallas mayores que se observan en tierra.

#### **Agradecimientos**

A la empresa SECEGSA por facilitarnos los datos de la campaña IFREMER-91 y a Nicolás Sandoval por su aporte científico al estudio. El estudio ha sido financiado por los proyectos CTM2005-08071-C03-01, RNM-215 y 3713 de la Junta de Andalucía y CONSOLIDER- Topo Iberia (CSD2005-0041) del Ministerio de Ciencia e Innovación.

#### **Referencias**

- Balanyá, J. C. y García Dueñas, V. (1988). En: *II Congreso Geológico de España. Simposium Cinturones Orogénicos*. Comunicaciones, 1, 35-44.
- Balanyá J.C., Crespo-Blanc, A., Díaz-Azpiroz, M., Expósito, I. y Luján, M. (2007). *Tectonics*, v. 26, doi: 10.1029/2005TC001932
- Esteras, M., Izquierdo, J., Sandoval, N.G. y Bahmad, A. (2000). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13 (3-4), 539-550.
- Marsset, T. (1991). *Projet pour la réalisation de la campagne bathymétrique «SONAR-91» dans le Déroit de Gibraltar entre 5°37'W et 5°47'W*. Rapport de la Campagne. IFREMER.
- Sandoval, N.G., Izquierdo, F.J. y Sanz, J.L. (1995). En: *IV Coloquio Internacional sobre el enlace fijo del Estrecho de Gibraltar*. Comunicaciones: 9-18.
- Sanz, J.L., Acosta, J., Esteras, M., Herranz, P., Palomo, C. y Sandoval, N.G. (1991). *Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía*, nº 7.