

Fisiografía y Geología del umbral del Estrecho de Gibraltar

Physiography and Geology of the Gibraltar strait sill

N.G. Sandoval (*), J.L. Sanz (**), y F.J. Izquierdo (*)

(*) SECEGSA, Estébanez Calderón 3. 28020 Madrid, España.

(**) Instituto Español de Oceanografía. Corazón de María 8. 28002 Madrid, España

ABSTRACT

A first geological submarine map of the Sill of the Gibraltar Strait has been established as a result of the geological and geophysical research of the several oceanographic campaigns covering this area and by the integration of the information collected in the different samplings taken through «gravity cores». The outcrops of flyschs and their probable structure have been recognized (a continuity of the units that form geologically both sides of the Strait exists). Quaternary deposits are mainly composed of non consolidated sediments (sands and bioclastic gravels) in the continental platforms and in deep basins, and the development of calcareous crusts (biocalcarenes) in the central area of the Sill of the Strait, which does not seem very thick, covering and hiding the substrate of the flyschs.

Key words: Gibraltar Strait, sill, flyschs units, subsea geological mapping, Alpine tectonic.

Geogaceta, 20 (2) (1996), 343-346

ISSN: 0213683X

Introducción

Las diferentes campañas oceanográficas realizadas en el Estrecho de Gibraltar han permitido elaborar la cartografía geológica submarina del "área del umbral" (corredor Punta Paloma-Punta Malabata) utilizando: (1) la carta batimétrica generada por IFREMER (Su-roit-91); (2) los mosaicos sonográficos y registros geofísicos obtenidos en los programas "Hércules" (1980-83) y "Tarik" (1984-91); y (3) los datos de los distintos muestreos realizados entre 1981 y 1994.

^ Batimetría: La base batimétrica de esta área, soporte de la cartografía geológica, se generó con una sonda multihaz SIMRADEM-1000, con mapas originales e: 1/5.000, en proyección UTM, elipsoide WGS 84 e isobatas cada 1 m.

^ Registros geofísicos y sonográficos: El programa "HERCULES", dedicado a las zonas profundas (a partir de la isobata -50 m), ha realizado en esta área 1900 km de registros (equidistantes entre 250 y 500 m) con ecosonda de haz estrecho, sísmica continua por reflexión con sparker (de 4500 y 8000 julios) y magnetómetro marino de protones.

El programa TARIK ha cubierto la totalidad de la zona con 1800 km de perfiles (equidistantes 300 m), con ecosonda de doble frecuencia y alta resolución, sísmica continua por reflexión con uniboom (300 julios), geopulse (350 julios) y/o sparker (1000 julios) y sonar de barrido lateral (de 100 kHz de frecuencia)

con escala de registro de 200 m/canal, corrección de velocidad y mapeo en tiempo real. El posicionamiento en ambos programas se realizó con el sistema SYLEDIS, con marcas de control en los registros cada 200 m.

Las correcciones en los perfiles de sonar de barrido lateral y el amplio solape entre ellos (100 m) han permitido confeccionar los mosaicos sonográficos que recubren el área de estudio.

^ Operaciones con tomamuestras de "gravedad": Se han obtenido 1840 muestras posicionales del fondo marino, posicionadas: 780 (42%) corresponden a sustrato de flysch "in situ" o ligeramente rodado; perteneciendo las 1060 muestras restantes (58%) a sedimentos post-tectónicos: gravas bioclásticas, arenas sueltas y costras calcáreas compactas (biocalcarenes).

La evaluación final de las muestras conllevó estudios de "visu" y microscópicos (petrográfico y micropaleontológico), con dataciones mediante foraminíferos y nannoplancton calcáreo y posterior atribución a la unidad tectónica correspondiente (para los sustratos de flyschs) y su edad paleontológica.

^ Realización de la carta geológica 1:25.000: La síntesis de los datos y elaboración de la carta geológica se ha realizado sobre un soporte batimétrico e: 1/25.000, con isobatas cada 5 m.

En el mapa se reflejan las distintas unidades y litologías que conforman el fondo marino (afloramientos de sustrato de flyschs y recubrimientos postectónicos), así como los accidentes tectónicos principales. La reducida escala de presentación responde a problemas de edición.

Características Morfológicas

En general, con excepción de la plataforma continental española, los fondos marinos presentan una topografía muy accidentada e irregular, existiendo correlación entre las zonas de morfología abrupta y las estructuras aflorantes de sustrato de flysch, que en las zonas más profundas está recubierto por costras calcáreas compactas, plio-cuaternarias. Morfológicamente, se pueden distinguir tres diferentes dominios:

^ Dominio gravitacional: Corresponde a áreas con importantes deslizamientos, existentes tanto en el cañón de Bolonia como al NE del "umbral", donde la morfología del talud viene marcada por acumulaciones de depósitos recientes, producto del desplazamiento hacia el S y SE de los sedimentos plio-cuaternarios.

^ Dominio erosional: Son zonas de fondos abruptos e irregulares, que comprenden la margen sur (plataforma y talud marroquí) y el "umbral" s.s., donde predominan los afloramientos de sustrato de flyschs, que en la parte central del Estrecho está recubierto por costras carbonatadas plio-cuaternarias, muy cementadas (de muy alta reflectividad).

El "umbral" constituye una sucesión de

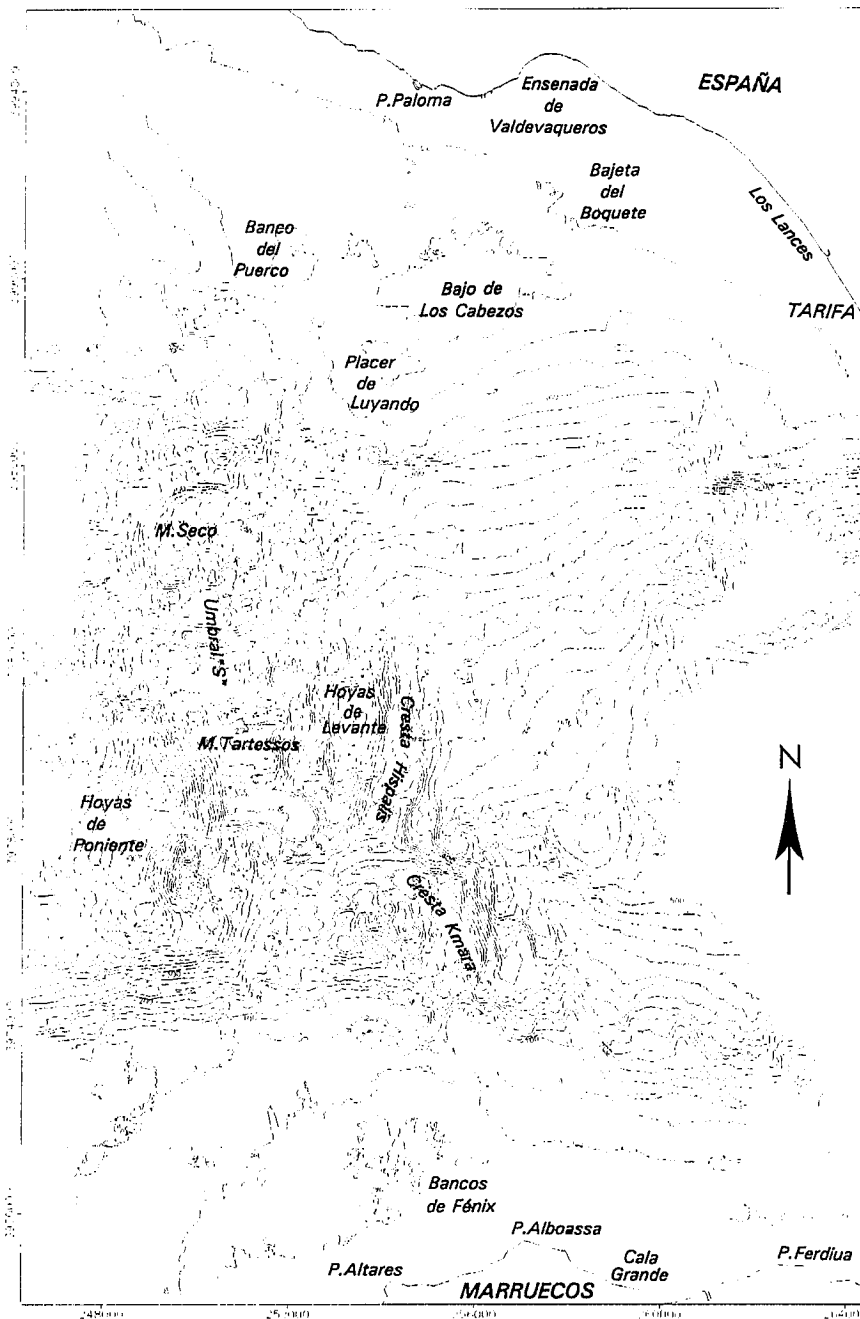


Fig.1.- Características morfológicas y toponimia del área estudiada.

Fig. 1.- Morphological characteristics and place-names of the studied area.

altos topográficos, transversal al estrecho, con mínimas profundidades en los montes Seco (-90 m) y Tartessos (-150 m), situados en la parte septentrional y central respectivamente, que aumentan hacia el S (máximo de -300 m, al N-NO de la Cresta Kmara). A ambas márgenes del "umbral" existen fuertes taludes hacia las grandes depresiones de las Hoyas de Poniente (-630 m, al O) y Levante (-490 m, al E).

Los accidentes morfológicos más importantes en el dominio del "umbral" son los dos valles (de dirección ENE-OSO) que cortan transversalmente este edificio y que parecen

coincidir con importantes zonas de fracturación.

La plataforma continental y el talud marroquí presentan escasos recubrimientos de arenas y gravas bioclásticas, condicionando su irregularidad las distintas unidades de flyschs, aflorantes. Únicamente al O de Punta Malabata, los fondos son más lisos, con sustratos arcillosos, recubiertos por arenas.

^Dominio deposicional: Corresponde a los fondos suaves de la plataforma continental española, constituidos por una cobertera sedimentaria, no muy potente, de arenas bioclásticas móvi-

les, que forman abundantes ondas de arena orientadas N-S a NNE-SSO, indicadoras de una corriente profunda subparalela a la costa, de dirección predominante O-E.

Estas dunas recubren sustratos de flysch, fundamentalmente arcillosos. La reflectividad de estas zonas es media-baja, con variaciones debidas probablemente a cambios en la granulometría o a colonizaciones superficiales por plantas marinas.

En el área central de esta plataforma y al O de Tarifa, la morfología es abrupta e irregular, correspondiendo a los afloramientos de Los Cabezos y de la escama de Tarifa (flysch pelítico-areniscoso de la unidad de Algeciras).

Características geológicas

Plataforma continental española: Las distintas unidades geológicas que afloran en tierra encuentran su continuidad y se reconocen bajo el mar, aunque existen importantes depósitos "no consolidados" plio-cuaternarios en el área que recubren las formaciones más arcillosas. Al S de Punta Paloma, y hasta el talud continental, aflora el sustrato de flysch "in situ" (unidades de Algeciras/Bolonia y Almarchal), entre escasas arenas bioclásticas, con nódulos calizos y rodolitos.

Frente a la costa de Punta Paloma, se encuentran bloques estructurados y fallados de la unidad de Algeciras, constituidos por los términos oligo-aquitanienses (flysch margo-areniscoso-micáceo) y secuencias de arcillas y calcarenitas de su serie basal (Cretácico superior-Oligoceno inferior). Esta estructura es continuación de los afloramientos de tierra y limita tectónicamente con la unidad de Almarchal, cuya organización interna resulta imposible de reconocer, tanto por su constitución y complejidad estructural, como por las arenas bioclásticas que la recubren, favorecidas por el llano relieve que genera esta formación.

La unidad de Almarchal, representada por arcillas y limolitas grises y verdosas, poco a nada calcáreas, con escasas intercalaciones calcareníticas (Campano-Maastrichtiense), se extiende hacia el E y SE formando el sustrato de la ensenada de Valdevaqueros, la Bajeta del Boquete y Los Lances de Tarifa y hacia el S, hasta el área de Los Cabezos.

Frente al camping de La Peña, y en contacto tectónico con las arcillas senonienses de Almarchal, aflora una secuencia de calcarenitas grises «convolutadas» y arcillas grises y rojas, de edad paleocena, secuencia basal numídica que conforma la finalización bajo el mar de la Sierra de Enmedio, cuyo término superior (areniscas del Aljibe) no alcanza la costa.

Próximo a la isla de Tarifa, se adentra al mar la escama de Tarifa, definida como una estructura monoclinial de la unidad de Algeciras. El conjunto, con repetición de serie

en una escama paralela, está formada por secuencias del término superior (margo-areniscoso-micáceo) oligo-aquitaniense (?) y una sucesión basal (Eoceno-Oligoceno inferior) perteneciente a la escama más meridional. Hacia el O, la escama finaliza contra un accidente NO-SE (paralelo a las grandes fallas de zócalo regionales (La Cotilla, Puerto del Rayo o Barbate). La continuación de esta escama habría que buscarla hacia el NNO, en los afloramientos de Los Cabezos o de Punta Paloma.

El Bajo de Los Cabezos está formado por escamas tectónicas falladas, fracturadas y replegadas, que han generado un conjunto de bloques constituidos por series de flysch margo-areniscoso-micáceo (Oligoceno-Aquitaniense ?) y sus secuencias basales de arcillas y verdosas y rojizas y calcarenitas grises (Cretácico superior-Oligoceno inferior). Estos bloques se prolongan hacia el SO (Placer de Luyando) y NO (Banco del Puerco).

Al S y SE, un contacto tectónico OSO-ENE marca el borde septentrional de una gran cuenca plio-cuaternaria rellena de sedimentos "no consolidados" (arenas y gravas), con importantes acumulaciones debidas a deslizamientos recientes.

Área del "umbral": Los recubrimientos post-tectónicos adquieren cierta importancia, limitando la presencia del sustrato de flysch a los altos de Monte Seco y Monte Tartessos (área N del umbral). En el talud español y en el Monte Seco afloran calcarenitas grises, arcillas gris verdosas y marrón rojizas (Cretácico superior-Oligoceno inferior), y secuencias margo-areniscosas-micáceas (Oligoceno-Aquitaniense ?), atribuidas a las unidades de Algeciras y/o Bolonia. En el Monte Tartessos se muestrearon calcarenitas de series basales indeterminadas (Cretácico superior-Eoceno), atribuidas a las mismas unidades.

En general, en toda el área del umbral se localiza una costra calcárea, muy cementada y compacta, tapizando el fondo marino. Se trata de una biocalcarenita con restos de corales (fundamentalmente), briozoos, pelecípodos y gasterópodos, en matriz arenosa-micrítica muy cementada y dura (con importantes procesos de recristalización), que ocasionalmente engloba cantos y bloques heterométricos y heterogéneos de flysch.

Esta costra presenta varias capas (estructura "hoja de cebolla") y aunque su espesor real se desconoce, parece probable que no sea muy potente. Su edad, datada con C_{14} , es de 25.000 a 40.000 años (Holoceno reciente) (Belloumini, 1995, Comunicación personal).

En las zonas más profundas (amplias cuencas como las Hoyas de Levante y Poniente, o pequeñas cubetas), se acumulan depósi-

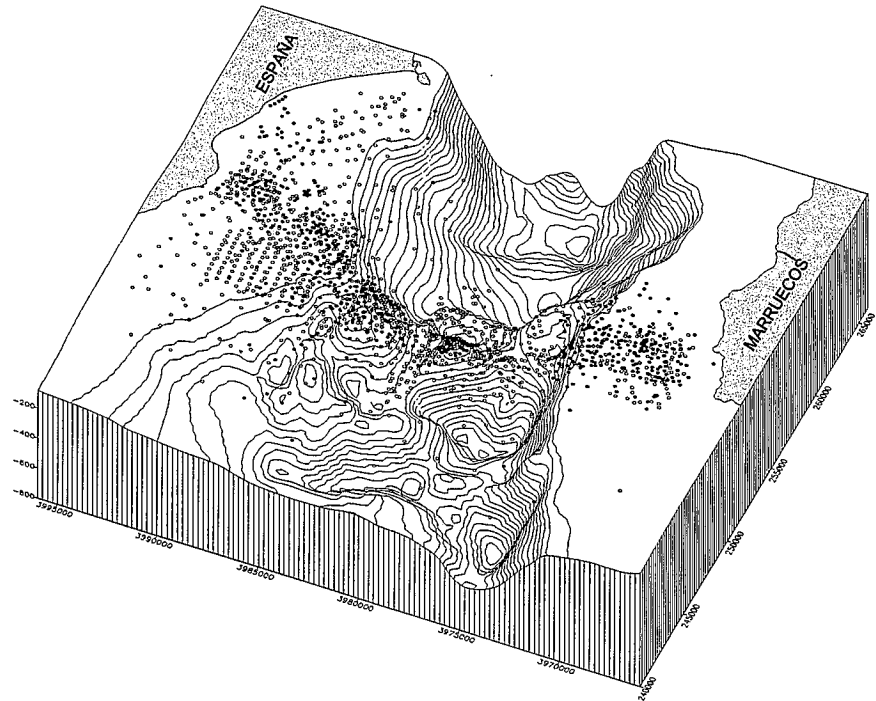


Fig.2.-Bloque-diagrama del Umbral del Estrecho de Gibraltar y situación de las muestras recogidas: [-] sustrato de flysch «in situ» y [.] recubrimientos posttectónicos.

Fig. 2.- Block-diagram of the Gibraltar Strait Sill and location of samples collected: [-] «In situ» flysch substrate and [.] posttectonic covers.

tos de gravas bioclásticas heterométricas (fragmentos de corales, briozoos, cirrópodos,.... bastante lavados, con escaso resto de limo arcilloso y ausencia de líticos, con algunos depósitos locales de arenas bioclásticas sueltas.

El espolón de la Cresta Híspalis, al E de las Hoyas de Levante, también está recubierto por costras calcáreas compactas y gravas bioclásticas (al N), con desarrollo de formaciones recifales, subactuales y recientes, de corales coloniales.

Significar que en el área del umbral se han recogido corales actuales vivos en profundidades superiores a 250 m. Son corales ahermatípicos solitarios (*Caryophyllia cyatus* y *Desmophyllum cristagalli*) y coloniales (*Madrepora oculata* y *Lophelia pertusa*) (Izquierdo *et al.*, 1996).

Plataforma continental marroquí: El sustrato de flysch "in situ" aflora en la casi totalidad del área. Los depósitos de arenas bioclásticas heterométricas son escasos, limitándose a rellenos de pequeñas cubetas y depresiones, y a dunas recubriendo las formaciones arcillosas senonienses de la unidad de Almarchal, al O de Punta Malabata.

En el abrupto talud continental marroquí se localizan calcarenitas y arcillas (Cretácico superior-Eoceno) de secuencias basales ligadas a areniscas micáceas oligo-aquitanienses (?). Estas formaciones se

extienden desde el pie del talud hasta la plataforma marroquí, donde afloran complejas estructuras producto de una importante tectónica: series muy replegadas con fracturación en bloques y tectónica en escamas de las unidades de Algeciras y/o Bolonia muy bien representadas por el flysch margo-areniscoso-micáceo (Oligo-Aquitaniense ?) y su serie basal de arcillas gris verdosas y marrón rojizas con intercalaciones calcareníticas (Cretácico superior-Oligoceno inferior).

Al E, frente a Cala Grande, se prolonga bajo el mar (en dirección NNO-SSE) la estructura monoclinial de la unidad de Algeciras, que aflora en Punta Ferdiua.

Características estructurales y tectónicas

Las fracturas representadas corresponden a las principales discontinuidades reconocidas, tanto en el mosaico sonográfico como en los registros sísmicos. La importante tectónica detectada responde a una prolongación de las características estructurales reconocidas en tierra: Grandes fallas de zócalo y escamas tectonizadas con unidades muy replegadas y fracturadas en bloques.

Dentro de la gran complejidad estructural con diversidad de direcciones de fracturación, consecuencia de despegues producidos en los niveles más plásticos de las unidades de

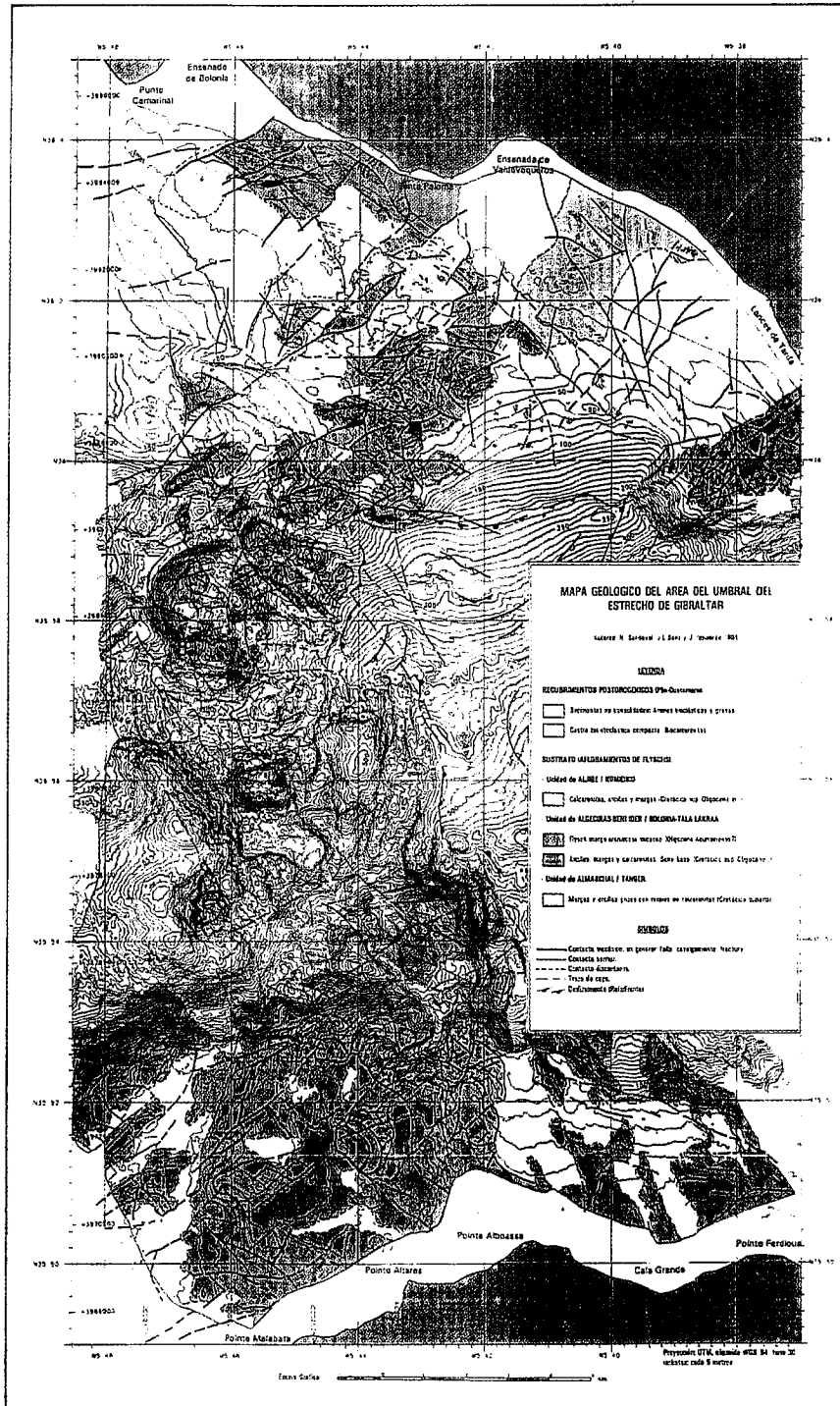


Fig.3.-Cartografía geológica del área del Umbral del Estrecho de Gibraltar.

Fig. 3.- Geological map of the Gibraltar Strait Sill area.

flysch en su adaptación a los bloques de zócalo, se reconocen cuatro direcciones tectónicas principales, que corresponden a dos grupos de fallas conjugadas:

Fracturas NE-SO (N 40°), sinestrales, asociadas a paleocauces en la plataforma española y a valles excavados en el norte del umbral.

Fracturas NO-SE (N 140°), dextrales. Pre-

dominan en el centro y sur del umbral, así como en la plataforma marroquí. Serían las conjugadas de las fracturas NE-SO.

Fracturas NNO-SSE (N 160°). Parecen responder a grandes accidentes de zócalo (sinestrales) que habrían desplazado los bloques de sustrato de flysch. Limitan al "umbral", tanto al E como al O, y más al S la estructura plegada de la Cresta de Kmara y la escama de la unidad de Algeciras que prolonga bajo el mar los afloramientos de Punta Ferdiua.

La fracturación ENE-OSO (N 70°), más difusa de apreciar y de componente dextral, delimita los taludes de ambas márgenes continentales y está asociada a los canales que cortan al «umbral». Es la conjugada de las fracturas NNO-SSE. Las fracturaciones NNO-SSE son las que presentan un mayor reflejo morfológico en el sustrato de flysch, mientras que las fallas NE-SO y NO-SE parecen haber controlado la geometría de los depósitos cuaternarios.

Agradecimientos

A la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija Europa-Africa a través del Estrecho de Gibraltar (SECEGSA) que ha financiado estas investigaciones y su publicación.

Referencias

Esteras M., Muñoz P. y Sandoval N. (1988). «Mapa geológico del Estrecho de Gibraltar; orilla Norte, Escala: 1:100.000». SECEG, 1ª edición.
 I.E.O. (1983). *Trab. Inst. Esp. Oceanogr.* 43, pp 1-136.
 I.E.O. (1988). *Monog. Inst. Esp. Oceanogr.* 2, pp 1-47.
 Izquierdo F.J., Esteras M. y Sandoval N. (1996). *Geogaceta* 20.
 Sanz J.L., Acosta J., Bahmad A., El Foughali A., Herranz P., Kacimi A. y San Gil C. (1987). *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.* 55, 22 pp.
 Sanz J.L., Acosta J., Esteras M., Herranz P., Palomo C. y Sandoval N. (1991). *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 7, 48 pp.
 Sanz J.L., Acosta J., Herranz P., Palomo C., San Gil C. y Rey J. (1987). *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.* 53, 12pp.
 Sanz J.L., Acosta J., Herranz P. y Sandoval N. (1989). *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.* 74, 15 pp.
 Sanz J.L., Acosta J., Herranz P. y Sandoval N. (1994). *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.* 149, 33 pp.