

## SIGNIFICADO GEOTECTÓNICO DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR EN LA EVOLUCIÓN DEL MAR DE ALBORÁN.

Maldonado, Andrés

Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.

El Estrecho de Gibraltar es el reducido corredor que realiza la conexión entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo. Con una anchura mínima de 14 Km, profundidades menores de 300 m en las partes más profundas del umbral occidental, con unos 50 km de largo y ocupando una superficie aproximadamente de 1200 km<sup>2</sup> ha jugado un papel importante en la evolución reciente del Mar de Alborán y del Mediterráneo en general (Fig. 1). En esta zona se realiza el intercambio de las masas de agua de procedencia atlántica y mediterránea actuando a manera de válvula que regula el balance hídrico del Mar Mediterráneo (1). Además la rama meridional y septentrional del sistema alpino se encuentran para formar el Arco de Gibraltar, estando demostrada la continuidad de las series geológicas de un lado y otro del arco, aunque aún existen notables problemas ligados a la disposición pelogeográfica y naturaleza de la cobertera sedimentaria en este sector (2).

La importancia desde el punto de vista estratégico de este pasadizo ha condicionado además numerosos análisis de su batimetría y oceanografía física especialmente después de la segunda guerra mundial, aunque los estudios geológicos de la parte sumergida son más bien escasos. El reciente proyecto de la construcción de un enlace fijo entre España y Marruecos a través del Estrecho de Gibraltar ha renovado el interés por estudios de las partes sumergidas y emergidas, que han aportado datos adicionales al conocimiento geológico de esta zona. En este trabajo en resumen algunos de los resultados de las recientes campañas de muestreo llevadas a cabo por nuestro equipo en la zona occidental del umbral, realizándose un ensayo de síntesis sobre el significado global del Estrecho en la evolución del Mar de Alborán.

### Metodología

Se han realizado un total de tres campañas oceanográficas con los buques oceanográficos B/O CORNIDE DE SAAVEDRA (CO-81-2 y CO-82-3) y B/O GARCIA DEL CID (GC-82-2) donde se han obtenido más de 300 estaciones con testigos de roca y de pistón en la zona del Estrecho occidental (Fig. 1). Asimismo, se obtuvieron perfiles de sísmica de reflexión de alta resolución (3.5 KHz). El posicionamiento se llevo a cabo por satélite y radar con el B/O CORNIDE DE SAAVEDRA y por estaciones fijas en tierra y receptor móvil a bordo con TRISPONDER en el B/O GARCIA DEL CID. Las muestras fueron analizadas rutinariamente para sedimentología y asimismo se obtuvieron láminas delgadas de las rocas consolidadas (Manuel Esteras, comunicación

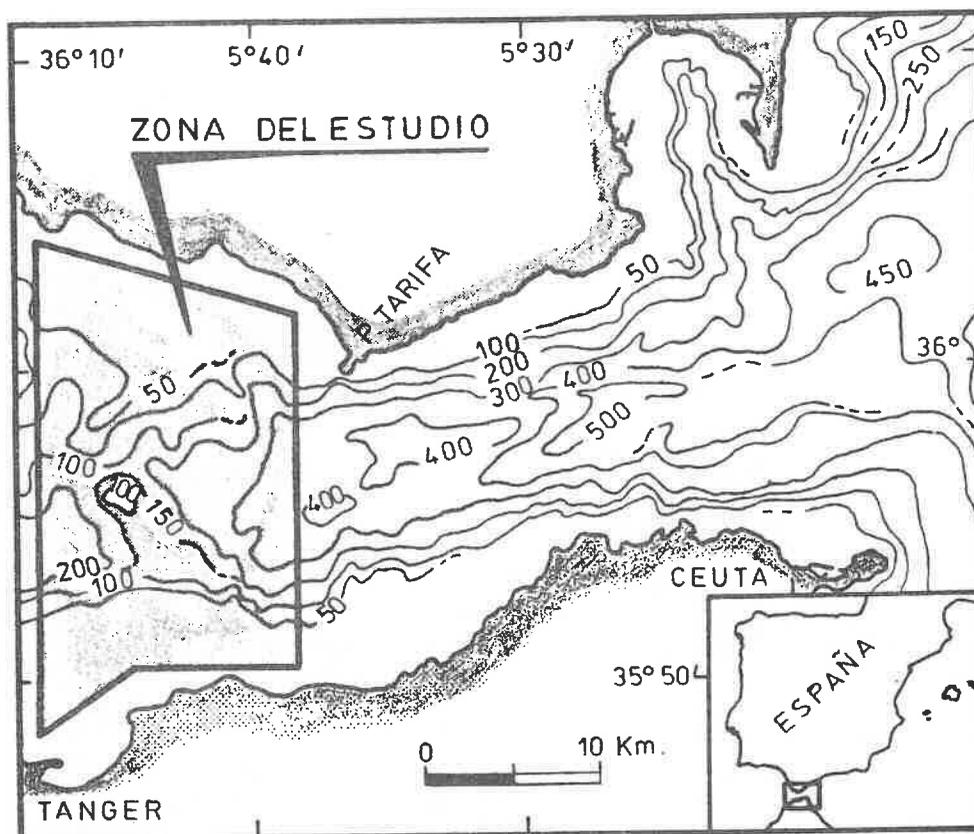


Figura 1.- Batimetría del Estrecho de Gibraltar y encuadre del área muestreada con testigos de roca y de pistón (Campañas CO-81-1, CO-82-3 y GC-82-2)

personal).

#### Naturaleza litológica del umbral occidental del Estrecho de Gibraltar

Un gran número de las unidades del flysch del Campo de Gibraltar, aflorantes en los márgenes del Estrecho, han sido muestreadas en nuestras campañas. Además, se han identificado otras formaciones del plio-Cuaternario no previamente identificadas en la zona. De manera esquemática se han muestreado las siguientes unidades.

Unidades del campo de Gibraltar. Por orden de abundancia se han muestreado las siguientes litologías: 1) Areniscas. Hay una gran variedad de areniscas calcareas a calcoarenitas de diferentes tamaño de grano y contenido en carbonatos. Predominan las areniscas calcareas gris-beige con matriz limosa y calcilutitas. Estas rocas suelen ser masivas a finamente laminadas y son atribuibles a las turbiditas de las diferentes formaciones del flysch. 2) Areniscas masivas doradas. Estas areniscas solo han sido muestreadas localmente y estan representadas por areniscas muy bien clasificadas con cemento calcareo de color dorado; son atribuibles al Numinien-se. 3) Magas grises y azules. Las margas grises y azules afloran en diversos sectores de la plataforma continental se trata de margas azules plásticas algo calcareas y finamente laminadas aunque tenga aspecto masivo el afloramiento. Estas margas han sido atribuidas a las unidades del Arma-chal. 4) Margas chocolate. Son margas oscuras de color chocolate que han sido muestreadas en diversas estaciones, especialmente en la zona marro-quí. Tienen asimismo unidades equivalentes aflorantes en tierra y por

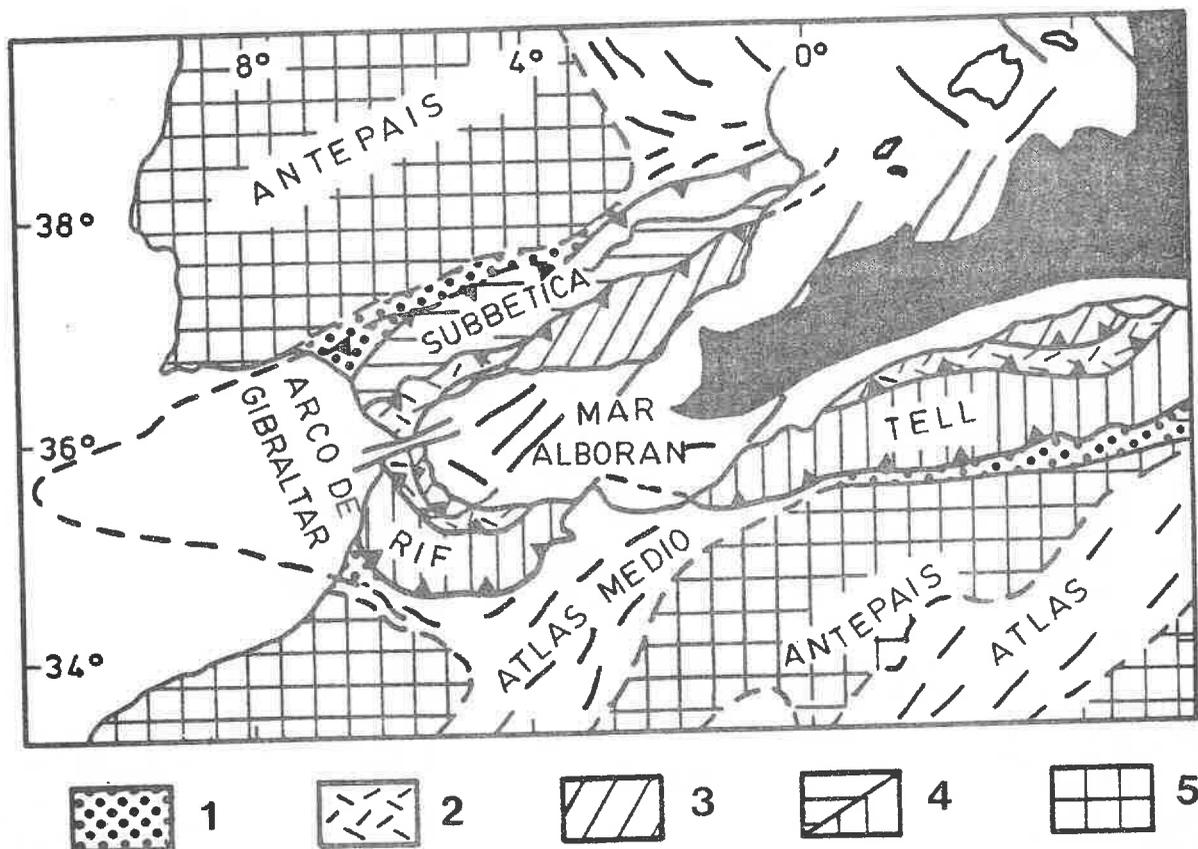


Figura 2.- Esquema geoestructural del Mar de Alborán y cordilleras alpídicas (Modificado de 9). 1, Molasa; 2, Flysch del Numidiense; 3, Zonas internas; 4, Zonas externas; 5, Antepaís.

afinidad litológica parecen ser del Oligoceno-Eoceno superior. 5) Microconglomerados. Localmente existen microconglomerados calcareos muy cementados la atribución estratigráfica de estos materiales es dudosa pero podrian corresponder en principio a unidades orogénicas del Mioceno que forman discordantemente el relleno de pequeñas cuencas.

Plio-Cuaternario. Excepto en determinados sectores de la plataforma continental donde hay afloramientos de rocas, la mayoría del sector estudiado está caracterizado por la existencia de un recubrimiento de material del plio-Cuaternario más o menos espesos. Existen diversos tipos de formaciones, incluyendose arenas bioclásticas de algas y moluscos (marel a rodolitos), concreciones calcareas, corales, y calizas bioclásticas brechoides. Desde el punto de vista de su significado geológico la litología más importante es la correspondiente a las calizas bioclásticas brechoides que forman importantes construcciones en el sector central del umbral.

La mayoría de los materiales muestreados son atribuibles al Terciario y los análisis preliminares indican una edad que oscila para las diferentes formaciones entre el Eoceno superior y el Oligoceno en la parte más occidental del umbral. Hacia la parte oriental del umbral aparecen otras formaciones de calizas limosas grises, arcillas limolíticas y areniscas cuarcificadas a cuarzoarenitas que son atribuibles al Cretácico inferior (Albiense y Aptiense).

## Ensayo de un modelo geodinámico

Una de las mayores controversias relativa al origen del Arco de Gibraltar y del Mar de Alborán es la posición paleogeográfica del flysch. Algunos autores sugieren un origen interno y que el flysch fué extruido hacia las zonas externas por deslizamientos de gravedad. Otros autores por el contrario proponen una fosa de flysch de varios cientos de km de anchura y localmente caracterizada por corteza oceanica, la cual separaría el antepais africano y el Rif externo de las zonas internas (Fig. 2). En esta interpretación dos tipos de flysch fueron desarrollados en la misma cuenca, tal como ocurre en la actualidad en el Mar de Levante en el Mediterráneo oriental. Hacia el sur el flysch maduro del Numiniense sería derivado de la erosión del cratón africano, mientras que en los sectores internos de la cuenca se generaría flysch inmaduro de tipo micaceo a partir de la erosión de los macizos metamórficos del Rif y de las Béticas.

El modelo propuesto para el desarrollo del Mar de Alborán es en cualquier caso una consecuencia del movimiento noroccidental de la placa africana en relación a la apertura del Océano Atlántico central (3). La compresión entre la Península Ibérica y Africa del norte pudo haber dado lugar al desarrollo de una microplaca en el Mediterráneo suroccidental que fue empujada hacia occidente (2,4,5,6). Dos fases de compresión dieron lugar a un gran acortamiento del área durante el Cretácico superior-Eoceno y el Mioceno medio. Este movimiento pudo resolverse por una subducción a lo largo de un plano de Benioff buzante hacia el norte en el Rif y por un movimiento dextrógiro con una falla transformante a lo largo del bloque ibérico en la zona interna de la placa de Alborán (Fig. 3). La fuerte curvatura y continuidad del Arco de Gibraltar debe ser explicada como una consecuencia del movimiento subsecuente hacia occidente del sector central de la microplaca que cabalgó en el margen continental del Atlántico adelgazado. En contraste, estos movimientos fueron impedidos en los márgenes de las Béticas y del Rif de la placa debido a una colisión de tipo continente-continente, que dió lugar asimismo a la extrusión de los mantos del flysch. El volcanismo cacoalcalino del Mioceno puede ser indicativo de esta subducción, activa durante la fase compresional. Un desarrollo en arco similar puede asimismo haber ocurrido en otros sectores del Mar Mediterráneo. En este aspecto varias analogías pueden ser observadas entre el Arco de Gibraltar, el Arco de Calabria y el Arco Helénico (7). La edad del desarrollo de estos arcos es progresivamente más joven hacia oriente, lo cual está de acuerdo con un cierre en cuña del Mediterráneo que progresa sucesivamente desde el Arco de Gibraltar al Arco Helénico.

La mayoría del movimiento relativo entre las placas de Africa y de la Península Ibérica cesó hace unos 48 millones de años y entre este tiempo y el Mioceno inferior se estructuró básicamente el Arco de Gibraltar y el Mar de Alborán. No obstante, varias fases tectónicas han afectado la región hasta el presente y se ha sugerido que una fase de extensión fué activa desde el Mioceno superior hasta el Plioceno a consecuencia de la cual el Mar de Alborán puede haber sido afectado por subsidencias importantes (8). El Estrecho de Gibraltar probablemente fué creado durante esta fase de extensión al fin del Messiniense. La fracturación pudo haber tenido lugar por rejuvenecimiento de fracturas profundas de la corteza, lo cual concuerda con la orientación este-oeste de las fracturas en la zona del Estrecho de Gibraltar y las fallas transformantes del Océano Atlántico. No obstante, la existencia de un prisma acrecional tectónico formado por los mantos del flysch y orientado perpendicularmente a las anteriores fracturas indica que otros mecanismos pueden haber sido los responsables de esta fracturación.

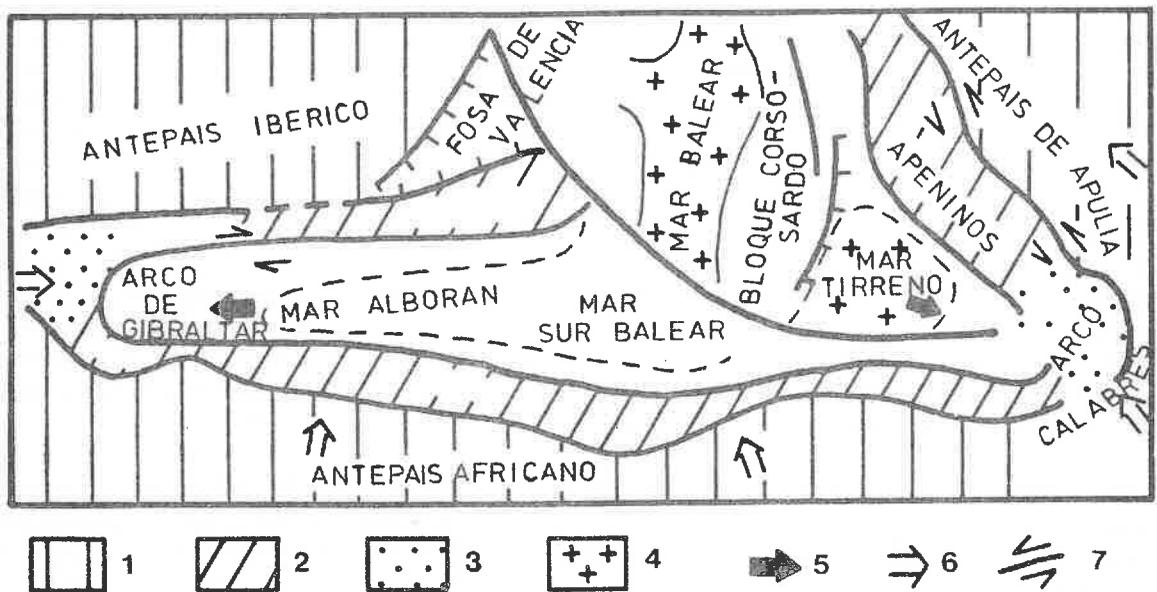


Figura 3.- Reconstrucción hipotética y esquema geodinámico con las principales alineaciones tectónicas del Mediterráneo occidental durante el Mioceno inferior (Modificado de 2). 1, Antepaís; 2, Cadenas alpidicas; 3, Arcos tectónicos; 4, Corteza oceánica del Neógeno; 5, Placa cabalgante; 6, Placa cabalgada; 7, Fallas transformantes.

La apertura del Estrecho de Gibraltar al fin del Mioceno dió lugar a la inundación del Mediterráneo poniendo termino a la crisis de salinidad del Messiniense. A partir de este momento el Estrecho de Gibraltar ha sido básicamente un regulador del intercambio de las masas de agua entre el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico. La existencia de un umbral con menos de 300 m. de profundidad y relativamente estrecho, implica que durante las fases de descenso eustático del Cuaternario, que han superado los 100 m, ha existido una fuerte reducción de perfil eficaz del estrecho para el intercambio de las diferentes masas de agua. Este fenómeno, unido a otros factores tales como los cambios climáticos, ha debido cooperar asimismo a las notables fluctuaciones en las condiciones oceanográficas del Mar Mediterráneo durante el Cuaternario (1).

### Conclusiones

Los muestreos realizados en la parte sumergida del Estrecho de Gibraltar en su umbral occidental, han demostrado indudablemente que existe una continuidad de las unidades flysch del campo de Gibraltar de ambos lados del Estrecho. El gran apilamiento de estas unidades y la estructura en arco deben ser interpretados como el reflejo de una fosa de subducción en la cual se han superpuesto estructuralmente las diversas unidades de tipo flysch. Estos datos confirman hipótesis previamente propuestas, aunque aún se presentan problemas importantes en aspectos tales como el modelo geodinámico concreto para el desarrollo del arco y su fracturación posterior. Además, en los aspectos oceanográficos aún debe ser determinado el papel jugado por la variación del perfil eficaz del Estrecho en la evolución del Mar Mediterráneo como consecuencia de los cambios climático-eustáticos del Cuaternario.

### Referencias

- 1.- Maldonado, A. (1978). *Investigación y Ciencia*, 23, p. 32-44.

- 2.- Durand-Delga, M. and Fontboté, J.M. (1980). Mémoire du B.R.G.M., 115, p. 67-85.
- 3.- Sclater, J.G. and Tapscott, C. (1979). The History of the Atlantic Scientific American, 240, p. 156-174.
- 4.- Andreiux, J., Fontboté, J.M. and Mattauer, M. (1971). Earth Planet. Sc. Lett. 12, p. 191-198.
- 5.- Araña, V. and Vegas, R. (1974). Tecnophysics, 24, p. 197-212.
- 6.- Borrrouilh, R. and Gorsline, d.S. (1979). Geol. Soc. Am. Bull., 90. p. 1074-1083.
- 7.- Biju-Duval, B. (1974). Rev. Inst. Fr. Pétr. 29, p. 607-630.
- 8.- Dillon, W.P., Robb, J.M., Greene, H.G. and Lucena, J.C. (1980). Marine Geology, 36, p. 205-225