

# EVIDENCIA DE FUERTES EROSIONES POR ABRASIÓN HÍDRICA EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR: ASPECTOS MORFOMÉTRICOS

Palomino, D., Díaz del Río, V. Vázquez, J.T., y Fernández Salas, L.M.  
Instituto Español de Oceanografía, C/Puerto Pesquero, s/nº, 29640 Fuengirola

## I. Introducción.

El cierre de la conexión entre las cuencas atlántica y mediterránea y, por tanto, la interrupción del flujo de agua entrante, se alcanza aproximadamente hace 7 Ma (Viseras et al., 2004), como consecuencia del emplazamiento y emersión del orógeno bético-rifeño. El alto estructural que se situaba en la situación actual del Estrecho de Gibraltar fue desmontado aproximadamente hace 5 Ma (Hsü et al., 1973; Blanc, 2002) a causa de los drásticos cambios geoambientales que ocurrieron en el límite entre las placas africana e ibérica. La apertura del portal mediterráneo en el Mioceno terminal, permitió la entrada de inmensos caudales de agua atlántica, con una gran capacidad erosiva, que dejó su firma sobre los fondos marinos de la zona. Este brusco cambio morfológico permitió que, en el Plioceno Superior, se estableciera un régimen de intercambio de aguas, generándose un flujo de agua superficial atlántica entrante y otro flujo profundo de agua mediterránea saliente. Algunas hipótesis (Graciansky et al., 1998; Blanc, 2002; Rosenbaun et al., 2002) apuntan al hecho de que la apertura e inundación de la cuenca mediterránea fue un proceso compuesto por diversos episodios relacionados con el desmoronamiento de los relieves circundantes y el incremento del régimen pluviométrico, acompañado de un ascenso eustático relativo que situó el nivel de base marino a unos 80 metros por encima del que venía ocupando durante el Messiniense. El desmantelamiento de los relieves estaría relacionado con la relajación del orógeno bético-rifeño al cambiar la dirección de convergencia entre Iberia y África a partir del Tortoniense superior, mientras que los otros factores señalan hacia un cambio climático simultáneo en este periodo.

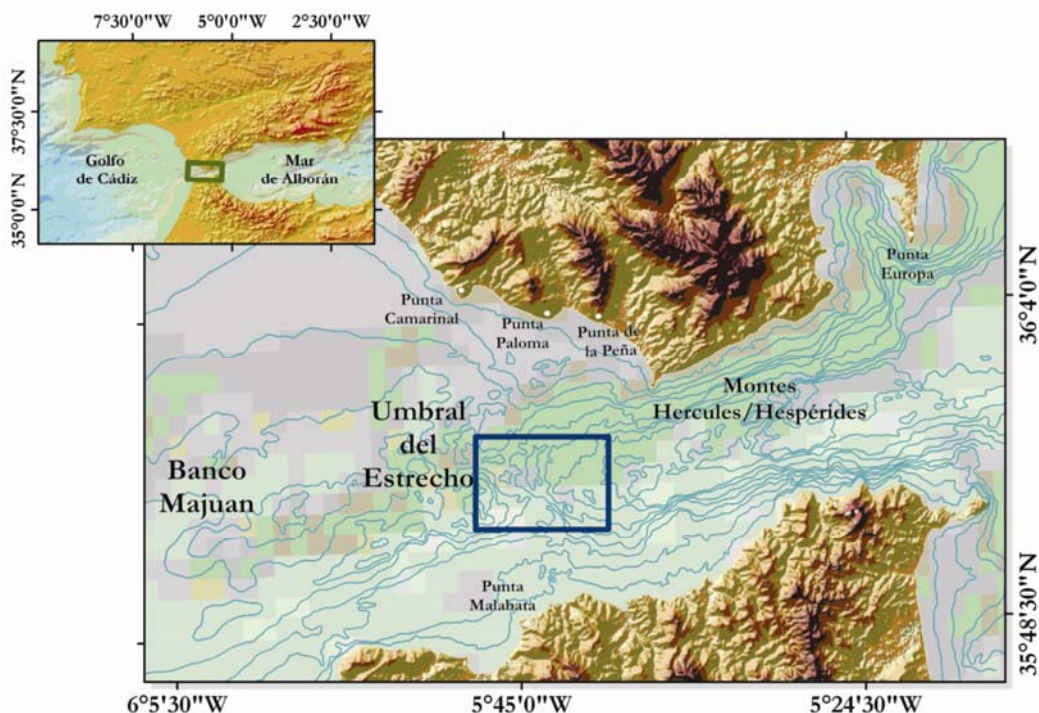


Figura 1. Situación de la zona de estudio.

El objetivo de este trabajo es discutir los rasgos morfológicos que ha impuesto la actividad hidrodinámica del Estrecho de Gibraltar sobre los fondos rocosos que componen el Umbral y las crestas de Hispalis (Figura 1), desde el mismo momento de su apertura. La morfometría de las depresiones excavadas sobre los afloramientos rocosos permitirá avanzar en la reconstrucción de la paleogeografía de la zona durante la fase de inundación de la cuenca mediterránea.

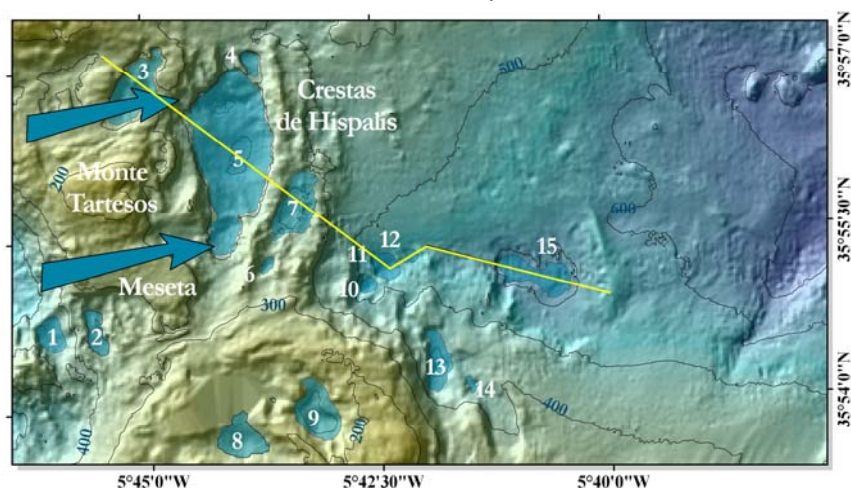
## II. Material y métodos.

Para realizar este estudio se han utilizado técnicas acústicas de muy alta resolución compuesta por una Sonda Multihaz Simrad EM 300 con un GPSD y una unidad de movimiento inercial Seapath 200. La campaña de prospección se realizó a bordo del B/O Vizconde de Eza en el año 2001. La gestión de los datos procesados se ha realizado por medio de un SIG (ArcGIS 9.2.) y los bloques 3D se han realizado con el software Fledermaus.

Para el análisis morfométrico se han estudiado 15 depresiones en las que se han medido los siguientes parámetros: profundidad máxima y mínima a la que se encuentran, el nivel de máxima inundación (NMI) medido desde la base de la depresión y cuyo límite superior se corresponde con la isobata de cierre a partir de la cual el agua desbordaría, la longitud y anchura que presentan, el área que ocupan y el volumen de agua que alojarían. Además se han realizado perfiles batimétricos que atraviesan las pozas y se han realizado bloques 3D, con lo que se facilita su estudio.

## III. Resultados.

Entre los rasgos morfológicos dominantes en el Estrecho de Gibraltar cabe destacar el marcado perfil en U que adquiere desde el meridiano de Punta Europa hasta el de Punta Paloma. Este tramo debió de actuar como un amplio canal de desagüe. Sus vertientes son muy homogéneas en ambas riberas (Figura 1), con frecuentes incisiones por efecto del drenaje continental y cicatrices de deslizamientos. Su morfología en planta, tomando como referencia la isobata de 600 metros, es ligeramente trapezoidal, con su base situada sobre el meridiano de Punta Europa (unos 10 km de ancho), cerrándose en dirección al Atlántico, hasta alcanzar los 5 km en el meridiano de Punta de la Peña. El tramo inicial de este profundo canal está ocupado por el abanico submarino del Cañón de Algeciras -una escarpada incisión serpenteante que se produce en el interior de la Bahía de Algeciras, cuya cabecera se sitúa a unos escasos dos km de distancia de la desembocadura del río Guadarranque-.



**Figura 2. Pozas escalonadas, identificadas sobre los datos de sonda multihaz. La línea trazada en amarillo representa la situación del perfil batimétrico de la Figura 3. Los números representan las pozas que han sido objeto del análisis morfométrico. Las flechas azules indican el flujo de agua sobre los surcos excavados a ambos lados del Monte Tartesos.**

Continuando en dirección oeste, se encuentra un conjunto de dos colinas -Hespérides y Hércules-, alongadas en dirección N65E, compuesto por cuatro cumbres que se elevan sobre el fondo unos 150 m y se localizan aproximadamente a 480 m de profundidad. Estos montes se extienden en posición axial al cauce del Estrecho abarcando una longitud total de unos 12 km y una anchura de unos 2 km. Hacia poniente se encuentra el Umbral del Estrecho, consistente en una agreste elevación del terreno, que llega a alcanzar una profundidad de 153 metros (Monte Tartesos), de relieve muy irregular, orientado en una dirección preferente NO/SE. Por último y separado del Umbral por un conjunto de profundas depresiones, hoyas en la toponimia de la zona, se encuentra el Banco Majuán, que llega a alcanzar profundidades de 50 metros.

Los análisis morfológicos y morfométricos que hemos realizado sobre este sector del Estrecho de Gibraltar (Figura 2 y Tabla 1), permiten reconocer un conjunto de depresiones de diferentes tamaños, desde 267 m de profundidad a los 610 m. En planta presentan dos formas

dominantes: redondeadas y alargadas, siendo estas últimas las que presentan mayor tamaño. La profundidad de estas depresiones va desde los 6 m en la zona oriental hasta los 85 m y 96 m en la zona noroccidental.

POZA	PROF. MÁX. (M)	PROF. MIN. (M)	NMI (M)	LONGITUD (M)	ANCHURA (M)	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	VOLUMEN (HM <sup>3</sup> )
1	490	455	35	580	378	0,193	3,793
2	417	400	17	775	219	0,173	1,260
3	347	310	64	1354	659	0,548	11,757
4	429	412	17	419	293	0,070	0,475
5	506	410	96	3015	1272	2,571	123,516
6	395	376	19	370	156	0,040	0,392
7	423	390	33	1211	542	0,485	5,133
8	351	295	29	745	576	0,337	8,274
9	352	267	85	1062	586	0,457	16,651
10	546	533	13	292	234	0,046	0,204
11	589	550	39	538	376	0,146	2,579
12	555	549	6	240	205	0,036	0,125
13	520	480	40	983	377	0,286	4,451
14	470	460	10	235	141	0,027	0,197
15	623	610	13	1232	191	0,438	2,034

Tabla I. Valores de los parámetros medidos sobre cada una de las pozas analizadas.

A levante de los surcos excavados a ambos lados del Monte Tartesos (Figura 3), existe un frente compuesto por dos grandes saltos de 1 Km de anchura cada uno y unos 150 m de desnivel que convergerían, corriente abajo, en un nuevo salto de unos 180 m produciendo un perfil muy escalonado.

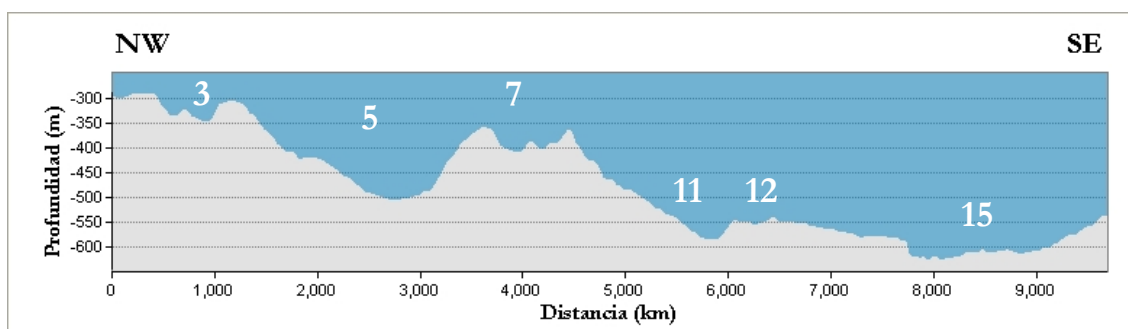


Figura 3. Perfil batimétrico levantado en la zona de las pozas escalonadas. Los números de cada poza se corresponden con los señalados en la Figura 2.

#### IV. Discusión.

La reconstrucción paleogeográfica para el Mioceno Terminal correspondería (Esteras *et al.*, 2000) a un surco, de morfología muy irregular, situado entre la Punta Malabata (África) y la Punta Camarinal (Iberia), por el que se drenaba una gran cantidad de agua atlántica de forma torrencial, con gran capacidad erosiva, en medio del cual se elevaba un montículo poco prominente -el Monte Tartesos, que entonces se elevaría unos 140 metros por encima del nivel de las aguas-. En este sentido, los rasgos morfológicos dominantes en el Estrecho de Gibraltar son relieves heredados de procesos erosivos originados por abrasión hídrica, como consecuencia de la inundación de masas de agua atlánticas que tuvo lugar durante el Mioceno

Terminal. Por ejemplo, la morfología del conjunto de los montes Hespérides y Hércules, de planta ligeramente triangular, parece estar relacionada con este episodio puesto que los relieves parecen responder a procesos de arrastre de poniente a levante.

La apertura del Estrecho de Gibraltar se habría producido por erosión hídrica remontante iniciándose en los relieves montañosos que se situarían a poniente de Tarifa. El incremento de la pluviosidad y consiguientemente del drenaje, junto a los episodios de relajación tectónica, podrían haber desencadenado el proceso de desmoronamiento de los relieves circundantes y los desplazamientos en masa, en forma de grandes avalanchas, que se habrían volcado hacia el interior de la Cuenca Mediterránea favorecidos por el empuje de las masas de agua entrantes, con un caudal cercano al millón de metros cúbicos por segundo. Las pendientes de los relieves habrían alcanzado valores típicos de las zonas de alta montaña lo que facilitó, aún más, el rápido colapso de las paredes de los valles y los transportes hacia la cuenca (Gracia et al., 2008).

En el tramo final de los relieves que lindan con el canal principal del Estrecho, se encontraría una sucesión de saltos de agua de grandes dimensiones. Esta sucesión escalonada de saltos de agua habría originado la secuencia de depresiones, aquí descritas, que quedarían colgadas a distintos niveles y encajadas en los relieves residuales de Hispalis. Estas depresiones son interpretadas, por tanto, como pozas excavadas por la acción de estos saltos de aguas. La disposición en planta de los relieves de Hispalis indicaría, por otra parte, el encajamiento del flujo principal. De manera general, a medida que aumenta la profundidad a la que se encuentran, el tamaño de las depresiones disminuye en la dirección de éste flujo.

## V. Conclusiones.

La apertura del Estrecho de Gibraltar, es el resultado de una conjunción de fenómenos climáticos y tectónicos que determinaron un proceso erosivo de enorme magnitud que desmontó los relieves preexistentes y excavó un profundo canal. La canalización del flujo principal del agua entrante favoreció la erosión por abrasión hídrica de los relieves que se habrían formado, cuya morfología deprimida se habría visto favorecido por algunas estructuras extensivas reactivadas en el Mioceno Terminal. La morfología del Estrecho de Gibraltar, con algunos retoques cuaternarios y pliocenos, es el resultado de esta acción erosiva asociada a su inundación por masas de agua atlántica, tal como se observa en la disposición y geometría de parte de los montes submarinos que la caracterizan, y en la formación de las pozas descritas.

## VI. Agradecimientos

Agradecemos el esfuerzo de la tripulación del B/O F. de P. Navarro, determinante para alcanzar los objetivos de la campaña DEEPER 0608 realizada en el Estrecho de Gibraltar, al igual que el de nuestros compañeros de los centros de Cádiz y Málaga. La base de datos multihaz se ha obtenido por el B/O Vizconde de Eza a cuya tripulación agradecemos su dedicación. Este trabajo se encuadra en las actividades del Proyecto DEEPER, ([www.ma.ieo.es/deeper/](http://www.ma.ieo.es/deeper/)) financiado por el Instituto Español de Oceanografía ([www.ieo.es](http://www.ieo.es)).

## VII. Bibliografía.

- Blanc, P.L., 2002. The opening of the Plio-Quaternary Gibraltar Strait: assessing the size of a cataclysm. *Geodinamica Acta*, vol. 15: 303-317.
- Esteras, M., J. Izquierdo, N. G. Sandoval y A. Mamad, 2000. Evolución morfológica y estratigráfica Plio-Cuaternaria del Umbral de Camarinal (Estrecho de Gibraltar) basada en sondeos marinos. *Rev. Soc. Geol. España*, vol.: 13 (3/4): 539-550.
- Gracia, F.J., Ojeda, F. y Macías, A., 2008. El Parque Natural de los Alcornocales. En: *Geomorfología de los espacios naturales protegidos de la provincia de Cádiz*. F.J. Gracia Prieto (Editor), pp.: 59-82.
- Graciansky, P.C., Hardenbol, J., Jacquin, T. y Vail, P.R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European Basins: Preface. En: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. SEPM Special Publication, nº 60, pp: 3-13.
- Hsü, K.J., Cita, M.B., Ryan, W.B.F., 1973. The origin of the Mediterranean evaporates. En: Ryan, W.B.F., Hsü, K.J. (Edts.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* nº 13. U.S. Govt. Printing Office, Washington DC, pp.: 1203-1231.
- Rosenbaun, G., Lister, G.S. y Duhoz, C., 2002. Reconstruction of the tectonic evolution of the western Mediterranean since the Oligocene. *Journal of the Virtual Explorer*, vol. 8: 107-130.
- Viseras, C, Soria, J.M. y Fernández, J. 2004. Cuencas Neógenas Postorogénicas de la Cordillera Bética. En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE-IGME, Madrid, 576-581.