

Cambios en la estructuración sedimentaria de los depósitos Cuaternarios del Margen Continental Suribérico Atlántico

Sedimentary Structuration changes in the Quaternary deposits of the Atlantic Continental Margin of Southwestern Iberia

F.J. Hernández-Molina (*), L. Somoza (**), V. Díaz-del-Río (***), F.J. Lobo (*), J.T. Vázquez (*), A. Maestro (**), C. Roque (*) y A. Barnolas (**)

(*) Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Campus Río San Pedro, 11510 Puerto Real.
 (**) Geología Marina. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. C/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
 (***) Instituto Español de Oceanografía. C/ Puerto Pesquero s/n. 29640 Fuengirola.

ABSTRACT

A significant change in the Plio-Quaternary stratigraphical architecture of the Gulf of Cadiz continental margin between Cadiz City and San Vicente Cape has been evidenced by means of a seismic stratigraphy analysis. The change is observable in all the physiographic domains of the continental margin: shelf, slope and especially in the Faro Drift. Pleistocene deposits are arranged into two main units: a) Lower unit, which is composed of vertically stacked aggrading depositional sequences. b) Upper unit. This unit overlies a discontinuity (RPM) of high amplitude and erosive character which is widespread all over the basin. It is internally composed by a set of 4th and 5th order shelf-break wedges with a progradational sigmoid configurations, which westward evolve to complex divergent sequences composed of hemipelagic and pelagic deposits and to aggrading/prograding contouritic deposits in the Faro continental slope. This noticeable change in the structure of Pleistocene deposits could be attributed to the influence of the climatic changes which took place before and after the Middle Pleistocene Revolution. In this sense, the climatic/eustatic oscillations generated by Milankovitch eccentricity cycles and which repeat and amplify considerably during the last 920.000 y. seem to have played a dominant role in determining the structuration of the upper unit.

Key Words: Plio-Quaternary, seismic stratigraphy, continental shelf, slope, Gulf of Cádiz

Geogaceta, 24 (1998), 171-174
 ISSN: 0213683X

Introducción

El margen continental septentrional del Golfo de Cádiz, comprendido entre la ciudad de Cádiz y el Cabo de San Vicente, presenta un potente relleno sedimentario con un espesor máximo de 7 kms., constituido por materiales que van desde el Mesozoico hasta la actualidad (Mougenot, 1988; González, 1996). Desde el Mioceno medio-superior la estructuración sedimentaria ha estado condicionada por las características morfoestructurales del margen, diferenciándose en dicho área dos grandes sectores limitados por el umbral del Guadalquivir ya descrito por Bonini, *et al.* (1973): a) un *margen oriental* estructurado sobre el frente olistostrómico del Guadalquivir; y b) un *margen occidental* que se encuentra sobre un antiguo margen pasivo estructurado y reactivado por movimientos alpinos (Malod, 1982; Mougenot, 1988; Riaza y Martínez del Olmo, 1995).

El relleno sedimentario Plio-Cuaternario presenta dos grandes unidades sedimentarias (Malod, 1982; Devaux, 1985; Maldonado y Nelson, 1988; Nelson *et al.*, 1993): una unidad inferior compuesta por materiales del Plioceno y del Cuaternario inferior y una unidad sedimentaria superior. Ambas

unidades presentan deformaciones, observándose el plegamiento de las unidades pliocenas, así como fracturación y actividad diapírica que ha venido actuando hasta el

depósito de las unidades del Holoceno (Malod, 1982; Malod y Mougenot, 1979; Fernández-Puga *et al.*, 1997).

El desarrollo de las secuencias deposi-

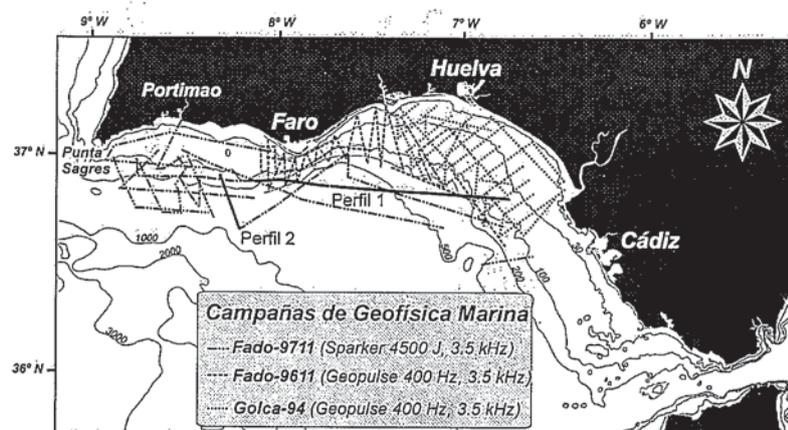
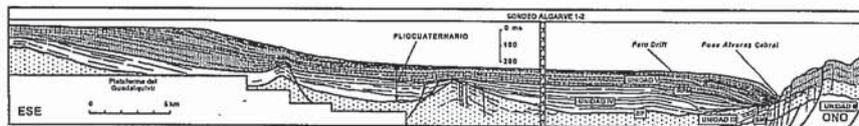


Fig. 1- Mapa de situación del Golfo de Cádiz, en el que se ilustra la malla de perfiles sísmicos de media penetración (Sparker, 4.500 J), y de alta y muy alta resolución (Geopulse 400 Hz y 3,5 kHz) obtenidos en 4 campañas oceanográficas (GOLCA-93; GOLCA-94; FADO-96 y FADO-97).

Fig. 1- Geographical setting of the Gulf of Cadiz and position map of medium penetration (Sparker, 4500 J) and of high and very high resolution (Geopulse 400 Hz, 3.5 kHz) seismic profiles collected during 4 oceanographic surveys (GOLCA-93, GOLCA-94, FADO-96 and FADO-97).

1



2

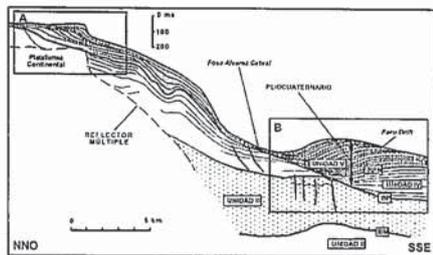


Fig. 2- Esquemas estratigráficos realizados a partir de la interpretación de perfiles sísmicos de Sparker (4.500 J): Posicionamiento indicado en la figura 1. Perfil 1.- Esquema estratigráfico desde la plataforma continental frente a la desembocadura del río Guadalquivir hasta el talud continental de Faro (Portugal). Perfil 2.- Esquema estratigráfico perpendicular al margen continental del Algarve. Leyenda: RPM: Revolución del Pleistoceno Medio. BP: Base del Plioceno. BM: Base del Mioceno. Unidad IV+Unidad V: Plio-Cuaternario. Unidad III: Mioceno medio-superior/Plioceno basal. Unidad II: Unidades Premiocenas.

Fig. 2- Line drawings and interpretation of Sparker seismic profiles (4500 J). See figure 1 for positioning. Seismic profile 1: Stratigraphical sketch from the continental shelf offshore the Guadalquivir river mouth (Spain) to the Faro continental slope (Portugal). Seismic profile 2: Stratigraphical sketch normal to the Algarve continental margin. Legend: RPM: Middle Pleistocene Revolution. BP: Pliocene Basal Surface. BM: Miocene Basal Surface. Unit IV+Unit V: Plio-Quaternary. Unit III: Middle-Upper Miocene/Lower Pliocene. Unit II: Pre-miocene units.

cionales en el margen continental del Golfo de Cádiz, ha sido relacionado con los ciclos eustáticos de 3^{er} orden durante el Neógeno (Riaza y Martínez del Olmo, 1995), y por los ciclos eustáticos de 4^o y 5^o orden durante el Cuaternario (Somoza *et al.*, 1996; 1997; Hernández-Molina *et al.*, en prensa). Las secuencias deposicionales cuaternarias están internamente compuestas por cortejos transgresivos (TST) y de alto nivel (HST) sobre la plataforma continental, presentan facies sedimentarias costeras y marinas poco profundas. Los cortejos sedimentarios regresivos (RST) y de bajo nivel (LST) se encuentran muy bien desarrollados sobre la plataforma externa, talud y cuenca profunda. Son depósitos muy potentes con facies sedimentarias que evolucionan de facies costeras distales progradantes en la plataforma externa, a intercalaciones hemipelágicas con turbiditas de grano fino en el talud superior y medio. Estas secuencias deposicionales son de carácter asimétrico, puesto que los RST y LST son volumétricamente más importantes, con predominio de depósitos clásticos marinos profundos como consecuencia de un transporte perpendicular al margen, condicionado por un decrecimiento de la acomodación, así como por una fuerte inestabilidad sedimentaria (Hernández-Molina *et al.*, en prensa).

En el presente trabajo se pretende resaltar un cambio importante en la arquitectura estratigráfica cuaternaria del margen continental del Golfo de Cádiz (Fig.1), cambio

que se puede reconocer de manera notable en todos los sectores y dominios del margen, tanto en la plataforma continental, como en los depósitos del talud, y muy especialmente en el cuerpo contourfítico de Faro. Para llevar a cabo este trabajo, se han utilizado perfiles sísmicos de media penetración (Sparker, 4.500 J) así como perfiles de alta y muy alta resolución (Geopulse 400 Hz y 3,5 kHz) obtenidos en 4 campañas oceanográficas (Fig.1), realizadas en los últimos 5 años (GOLCA-93; GOLCA,94; FADO-96 y FADO-97). El posicionamiento en las campañas se ha efectuado mediante GPS.

Características oceanográficas

La característica principal del régimen hidrodinámico del margen continental del Golfo de Cádiz es el intercambio de agua atlántica y mediterránea a través del estrecho de Gibraltar que ha sido bien estudiado por numerosos investigadores. En el Golfo de Cádiz existen 4 grandes masas de aguas: la masa de Agua Superficial Atlántica (ASW) que se dispone de 0 a 100 m de profundidad y se mueve del W hacia el E, siendo la principal corriente que actúa sobre la plataforma continental donde provoca la migración de los depósitos prodeltaicos de naturaleza fangosa hacia el SE. La masa de Agua Superficial Noratlántica (NASW) que circula entre los 100 a 600 m de profundidad. El Flujo de Agua Mediterránea (MOW) que circula de E a O entre los 600 y

1200 m. Finalmente el Agua Profunda Noratlántica (NADW) que fluye con dirección NE a E (Fiúza, 1982; Reid, 1979; Ambar, 1982; Caral, 1988; Ochoa y Bray, 1991; Hay, 1993).

El MOW tiene una velocidad entorno a los 180-250 cm/sg en el estrecho de Gibraltar, hacia el oeste se hunde bajo la masa de agua atlántica, hacia el talud, sin ascender hacia la plataforma continental del Golfo de Cádiz. Tras entrar en el Golfo de Cádiz sufre una inflexión hacia el norte, y sigue el contorno del talud hasta que en la zona profunda del mismo se divide encauzándose en los valles submarinos allí existentes. La interacción del MOW con el fondo del talud genera diversos cuerpos sedimentarios de distinta naturaleza, cuyo desarrollo se relaciona con la velocidad de la corriente y la morfología del talud continental (Madelain, 1970; Ambar, 1982; Gonthier *et al.*, 1984; Zenk y Armi, 1990). Se observa una gradación de depósitos de mayor a menor energía producida por la progresiva disminución de la velocidad a lo largo del margen hasta alcanzar los 10-20 cm/s a la altura del Cabo de San Vicente (Faugeres *et al.* 1984, Kenyon y Belderson 1973; Nelson *et al.*, 1993). Cuando la corriente alcanza la zona del Algarve, la interacción con el talud se realiza de una manera más eficiente, generando cuerpos sedimentarios contourfíticos de grandes dimensiones. De especial importancia es el cuerpo contourfítico de Faro que se localiza al pie del talud caracterizado por presentar un límite superior subhorizontal (Meseta de Faro) y una depresión morfológica (Fosa de Álvarez Cabral) que los separa del talud (Fig.2). Faugeres *et al.*, (1985) reconoce mediante perfiles sísmicos de multicanal 6 secuencias Plio-Cuaternarias dentro de los depósitos contourfíticos. En base a las dataciones existentes, los depósitos que conforman el cuerpo contourfítico se han relacionado con periodos de mayor intensificación del MOW (Faugères *et al.*, 1985,1986; Abrantes, 1988; Grousset *et al.* 1988, Vergnaud-Grazzini *et al.*, 1989).

Arquitectura estratigráfica de los materiales Plio-Cuaternario

Del análisis sísmico general efectuado en los registros sísmicos se han podido diferenciar 5 grandes unidades; I,II,III,IV y V (Fig.2). La correlación de los perfiles sísmicos de Sparker y Geopulse con los datos de los sondeos Algarve 1 y Algarve 2 (Mougenot, 1988) y los sondeos de exploración petrolífera existentes en el sector oriental (IGME, 1987; Riaza y Martínez del Olmo, 1996), permiten asignar a las unidades IV y V una edad Pliocuaternaria. A su vez, ambas unidades se correlacionan con la Unidad Odriel definida mediante perfiles sísmicos de multicanal (Riaza y Martínez del Olmo, 1996).

La unidad IV, es la unidad inferior de los depósitos Plio-Cuaternarios. Se trata de una unidad con reflectores de baja reflectividad y amplitud variable, compuesta por el apilamiento vertical de secuencias deposicionales (Fig.2). Se destaca el escaso desarrollo de cu-

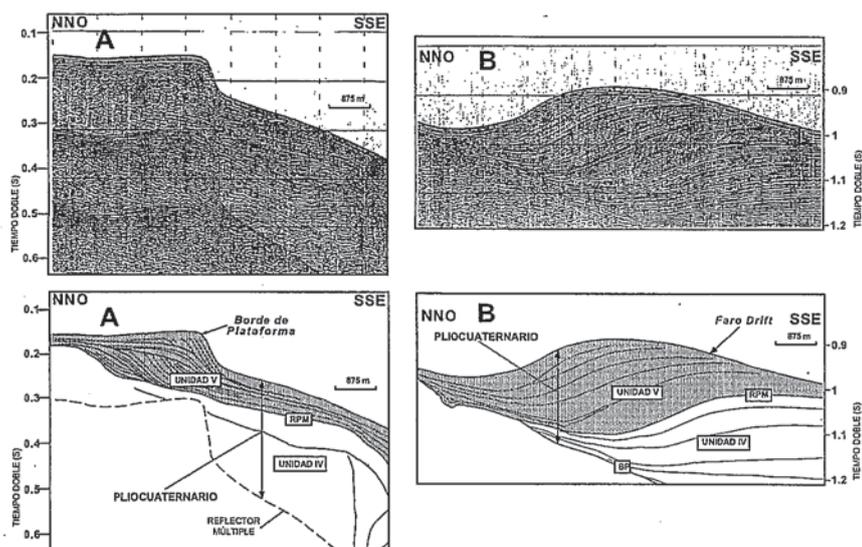


Fig. 3- Perfil sísmico de Sparker (4.500 J) de la plataforma (A) y de los depósitos contouríticos del talud continental (B) perpendicular al margen continental del Algarve. Posicionamiento indicado en la figura 1 y 2. Leyenda en la figura 2.

Fig. 3- Sparker (4500 J) seismic profile of the continental shelf (A) and contouritic deposits of the continental slope (B) normal to the Algarve continental margin. See figures 1 and 2 for positioning. Legend in the figure 2.

ñas progradantes, frente a secuencias en las que predomina una configuración interna agradante (paralela o subparalela). Los reflectores internos son concordantes con respecto a los límites de las unidades. Esta unidad está afectada por deformaciones sedimentarias debido a la intrusión de masas diapíricas. Las intrusiones diapíricas se van haciendo más abundantes e importantes en la plataforma y talud continental hacia el SE, frente a la desembocadura del río Guadalquivir, donde las intrusiones y deformaciones de los diapiros llegan a afectar hasta el techo de la Unidad V (Fernández-Puga *et al.*, 1997).

La unidad V es la unidad superior de los depósitos Plio-Cuaternarios. Esta unidad se dispone sobre una importante discontinuidad de carácter erosivo y reflectivo (Fig. 2) que se desarrolla en toda la cuenca, y que ha sido denominada como discontinuidad "RPM" (Revolución del Pleistoceno Medio). La unidad V esta compuesta internamente por un conjunto de cuñas de borde de plataforma que representan secuencias deposicionales de 4° y 5° orden, que evolucionan hacia el talud a secuencias complejas divergentes de depósitos hemipelágicos y pelágicos, así como a depósitos contouríticos agradantes y progradantes en el talud de Faro (Fig. 2). Las secuencias deposicionales presentan una configuración general de tipo progradante sigmoidal, con terminaciones en *toplap* y en *downlap* con respecto a los límites superior e inferior, respectivamente. La continuidad de los reflectores es elevada, y la forma externa de las unidades es lenticular. Estas secuencias se encuentran desplazadas lateralmente, presentando por tanto, una componente agradacional y progradacional hacia el talud continental. En función de la

estructuración estratigráfica de la Unidad V, se pueden diferenciar dos sectores en el margen continental:

1.- *Margen oriental*: En este sector, la transición entre la plataforma y el talud se realiza de una forma gradual sin existir rupturas bruscas de pendiente (Fig. 2). En la plataforma continental se observan cuñas progradantes con configuraciones oblicuas, de gran espesor, que se disponen de manera progradante. Lateralmente estas cuñas evolucionan hacia configuraciones subparalelas/divergentes en el talud continental, que presenta un relieve submarino relativamente suave. En la cuña progradante más reciente se observan configuraciones caóticas resultado de la existencia de apantallamientos acústicos, así como frecuentes rasgos de deformación sedimentaria (deslizamientos y *slumps*). En este sector las secuencias están formadas por depósitos regresivos (RST) y de nivel bajo (LST) las cuales se estructuran mediante un patrón de apilamiento diferente que se relaciona con el rango subsidencia o levantamiento del margen. En este sentido la estructuración de las secuencias posee una componente agradacional en el tramo comprendido entre las desembocaduras de los ríos Guadiana y Guadalquivir. Más hacia el S las unidades se van acuñando progresivamente hacia el umbral de Barbate, y más hacia el W las cuñas van perdiendo importancia hacia la plataforma de Faro (Lobo *et al.* 1997; Roque, 1998). Hacia el talud inferior son predominantes los depósitos de *debris flows* y turbiditas de grano grueso.

2.- *Margen occidental*: El borde de la plataforma, viene caracterizado por un cambio brusco de la pendiente, el cual da paso a un talud superior con una pendiente elevada. Sobre la plataforma continental la Unidad V se caracteriza por el apilamiento

vertical de unas secuencias deposicionales poco desarrolladas y localizadas preferentemente sobre la plataforma externa. Se observa una repetición de cuñas progradantes de configuración interna de tipo oblicua y sigmoidal (Fig. 2 y 3). Estas cuñas presentan un limitado desarrollo espacial, desapareciendo hacia la plataforma media-externa. Alcanzan las mayores potencias hacia el borde de la plataforma, para luego volverse a acuñar en el talud. Estas secuencias de 4° y 5° orden se caracterizan por el predominio de los depósitos regresivos (RST) y de nivel bajo (LST) y se encuentran desconectadas de los depósitos del talud y cuenca debido a la existencia de una marcada superficie de erosión que afecta hasta la base de los materiales del Plioceno y que ha erosionado los depósitos más recientes del talud continental.

En el talud medio, la Unidad V, se caracteriza por la existencia de un gran cuerpo sedimentario progradante hacia el talud y separados del mismo por la fosa de Álvarez Cabral (Fig. 2 y 3). Este cuerpo han sido anteriormente caracterizado como los depósitos contouríticos de Faro (Faro Drift. Faugeres *et al.*, 1985). A la base de este cuerpo contourítico se ha determinado una superficie de discontinuidad erosiva y reflectiva y presente en todo el margen del Golfo de Cádiz. Esta discontinuidad, donde ha sido posible correlacionarla, se corresponde lateralmente con la anteriormente denominada discontinuidad "RPM", y separa este cuerpo sedimentario progradante de otros depósitos contouríticos previos que se disponen con una configuración agradante. Los depósitos contouríticos de la Unidad V, se describen como un cuerpo con una forma externa lenticular bastante regular, aunque en algunos perfiles se observan ondulaciones de cierto tamaño, así como superficies internas de erosión, discontinuidades menores, y acanaladuras erosivas. Presenta una configuración agradante hacia la cuenca, y una configuración progradante sigmoidal-oblicua hacia el talud, hacia la fosa Álvarez Cabral (Fig. 2 y 3). Este cuerpo se encuentra desarrollado entre los 500 y 800m de profundidad, presenta un espesor máximo de 250-300 m que se acuña rápidamente hacia el N en tan sólo 5-7 kms de distancia. La Unidad V puede ser correlacionada con las secuencias 5 y 6 de Faugeres *et al.* (1985) determinadas mediante perfiles sísmicos de Multicanal. No obstante, cuando se realiza un estudio detallado de la estratigrafía sísmica de dicho depósito se observa que este cuerpo sedimentario se estructura en 6 unidades sísmicas menores que se disponen apiladas verticalmente y desplazadas lateralmente hacia la base del talud. Estas unidades no son identificables mediante un sistema sísmico de baja resolución (multicanal) y es necesario para su identificación métodos de alta resolución. Cada una de estas unidades menores presentan la misma tendencia, así mientras que hacia la base de la unidad los reflectores

presentan una amplitud relativamente baja, originando una respuesta sísmica semi-transparente, hacia el techo de cada unidad, se observa una gradación de forma que los reflectores presentan progresivamente mayor amplitud, con una respuesta muy reflectiva. Esta ciclicidad en la respuesta acústica puede relacionarse con cambios litológicos repetitivos, de forma que se produce una alternancia entre depósitos finos (limos y arcillas) y depósitos de mayor granulometría (arenas, y alternancias de arenas y fangos), indicativo de secuencias granocreciente, que pueden indicar una intensificación de las características hidrodinámicas hacia el techo de cada una de las unidades.

Discusión y conclusiones

Los cambios ambientales que han acontecido a lo largo del Cuaternario han sido muy diferentes con anterioridad y posterioridad a la denominada "Revolución del Pleistoceno Medio" que tuvo lugar hace 920.000 años B.P. Con anterioridad a la RPM, los cambios climáticos globales y las oscilaciones eustáticas más importantes han sido producidas por ciclos con una periodicidad de 220-200.000 años y una escasa amplitud. Con posterioridad a la RPM, las principales fluctuaciones climáticas y eustáticas han sido generadas por los ciclos de 4º orden de Milankovitch de excentricidad de 100.000 años, así como por los ciclos de precesión 20-23.000 años (5º orden). A partir de la revolución del Pleistoceno medio, es cuando la amplitud de los ciclos de 4º orden de 100.000 años se acentúa muy notablemente, mostrando un dispositivo marcadamente repetitivo con fluctuaciones eustáticas de 120 a 150 m de amplitud, las cuales estuvieron condicionadas por su posición dentro de los ciclos mayores de 3º orden. Los ciclos de oblicuidad de 40.000 años parecen haber sido mucho menos importantes a partir de la RPM (Ruddiman *et al.* 1986; Martison *et al.* 1987; Ruddiman y Raymo, 1988; Berger y Wefer 1992; Berger *et al.* 1994).

Los depósitos del Plio-Cuaternario en el margen continental del Golfo de Cádiz, presentan dos grandes unidades: una unidad inferior compuesta por la disposición agradable de secuencias deposicionales de carácter agradable. La unidad superior de los depósitos Plio-Cuaternarios se dispone sobre una importante discontinuidad de carácter erosivo y reflectivo que se desarrolla en toda la cuenca, y que se ha denominado "RPM". Esta última unidad esta compuesta internamente por un conjunto de cuñas de borde de plataforma de 4º y 5º orden con configuración progradante sigmoidal, que lateralmente pasan hacia el margen occidental a secuencias complejas divergentes de depósitos hemipelágicos y pelágicos, así como a depósitos contourfíticos agradables y progradantes en el talud de Faro. El importante cambio en la estructuración estratigráfica, tanto en la plataforma como en el talud continental de los depósitos Plio-

Cuaternarios, se podrían correlacionar con el efecto de los cambios que acontecieron con anterioridad y posterioridad a la Revolución del Pleistoceno Medio de forma que la unidad superior podría constituir el reflejo de las fluctuaciones climáticas y eustáticas generadas por los ciclos de Milankovitch de excentricidad de 100.000 años, que se amplifican y repiten de manera muy notable a partir de los últimos 920.000 años.

Agradecimientos

Este trabajo es fruto de un Acuerdo de Cooperación Científica entre Portugal y España y se vincula al Proyecto financiado por la CICYT PB94-1090-C03-03 y el Proyecto 1408 del IEO. Se agradece la investigación llevada a cabo, a las tripulaciones de los B/O Odon de Buen y Francisco de Paula Navarro perteneciente al Instituto Español de Oceanografía. Este trabajo, constituye además una contribución al Proyecto PICG nº 396 "Continental Shelf in the Quaternary".

Referencias

- Abrantes, F. (1988): *Marine Micropaleontology*, 13:79-96
- Ambar, I.L.S.A. (1982): *JNICT*, 73-87.
- Berger, W.H. and Wefer, G. (1992): *Naturwissenschaften* 79, 541 p
- Berger, W.F., Yasuda, M.K., Bickert, T., Wefer, G., y Takayama, T. (1994). *Geology*, 22, 463-467.
- Bonini, W.E.; Loomis, T.P. y Robertson, J.D. (1973): *Jour. Geophys. Res.*, 78:1372-1382
- Caral, M.H. (1988): *Mar. Micropaleontology*, 13:265-289.
- Devaux, M. (1985). These Bordeaux I, 216 p.
- Faugères, J.C.; Stow, D.A.V.; y Gonthier, E. (1984): *Geology*, 12:296-300.
- Faugères, J.C.; Cremer, M.; Monteiro, H.; Gaspar, L. (1985): *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*. 37:229-258.
- Faugères, J.C.; Gonthier, E.; Peypouquet, J.P.; Pujol, C.; Vernaud-Grazzini, C. (1986): *Bull. Soc. Géol. France*. 2(3): 423-442.
- Fernández-Puga, M.C.; Vázquez, J.T.; Lobo, F.; Hernández-Molina, F.J.; Somoza, L. y Díaz-del-Río, V. (1997): 2º Simposio sobre el Margen Continental Ibérico Atlántico. Volumen de Abstract. Univ. de Cádiz.. 81-82
- Fiúza, A. (1982): *JNICT*, 45-71.
- Gontier, E.G.; Faugères, J.C.; y Stow, D.A.V. (1984): En: *Fine-Grained sediments: Deep water processes and Facies*. (Ed.) Stow, D.A.V. y Piper, D.J.W. Geol. Soc. London. Publ. 775-797.
- Gonzalez, A. (1996): *Tesis doctoral*. Univ. Complutense. Madrid. 306 pp.
- Grousset, F.E.; Joron, J.L.; Biscaye, P.E.; Latouche, C.; Treuil, M.; Maillet, N.; Fauères, J.C. y Gonthier, G. (1988): *Geo-Marine Letters*, 8: 25-34.
- Hay, W.W. (1993): *Ciências Terra*(UNL), 12:191-201
- Hernández-Molina, F.J. Somoza, L. y Lobo, F. (en prensa): En: *Sedimentary Responses to Forced Regression* (Hunt, D. & Gawthorpe, R. Eds). Geol. Soc. London.
- IGME (1987): *Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España, 465 pp.
- Kenyon, N.H. y Belderson, R.H. (1973): *Sedim. Geol.*, 9:77-99
- Lobo, F.J.; Hernández-Molina, F.J.; Tesson, M.; Gensous, B. y Somoza, L. (1997): 2º Simposio sobre el Margen Continental Ibérico Atlántico. Volumen de Abstract. Univ. de Cádiz.. 167-168
- Madelain, F. (1970): *Cahiers Oceanogr.*, 22(2):43-61
- Maldonado, A. y Nelson, C.H. (1988) *Rev. Soc. Geol. España* 1, 317:325.
- Malod, J.A. (1982). *Thèse de doctorat d'état*. Meim. Sc. Terre Univ. Curie, París. 82-83, 235 pp.
- Malod, J.A. y Mougenot, D. (1979). *L'Histoire géologique néogène du Golfe de Cadix*. Bull. Soc. Geol. Fr. 7(21), 603-611.
- Martinson, D.G.; Pisias, N.G.; Hay, J.D.; Imbrie, J.; Moore, T.C.; y Shackleton, N.J. (1987). *Quaternary Research*, 27, 1-29.
- Mougenot, D. (1988): *Thèse de doctorat d'état*, Mem. Sci. Terre Univ. Curie, Paris VI. 88-3:257 pp.
- Nelson, C.H.; Baraza, J., y Maldonado, A. (1993). In: *Contourites and Hemipelagites in the deep sea*. (Stow, D.A.V. & Faugères, J.C: eds) *Sedimen. Geol.*, 82, 103-131.
- Ochoa, J. y Bray, N.A. (1991): *Deep-Sea Res.* 38(1): 465-503.
- Reid, J.L. (1979): *Deep Sea Res.* 26^a:1199-1223.
- Riaza, C. y Martínez del Olmo, W. (1996). Tertiary Basins of Spain. In: Friend, P.F. & Dabrio, C.J. *The Stratigraphic Record of Crustal kinematics*. 418 p.
- Roque, C. (1998): *Disertação*. Univ. de Lisboa. 222 pp
- Ruddiman, W. y Raymo. (1988). *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, B318, 411-430.
- Ruddiman, W., McIntyre, A. y Shackleton, N.J. (1986). In: *North Atlantic Paleocyanography Summerhayes*, C.P. and Shackleton N.J. Geol. Soci. Amer. Spec. Publ., 21, 155-173.
- Somoza, L.; Hernández-Molina, F.J.; Lobo, F. y de Andrés, J.R. (1996): *Geogaceta* 20 (1):142-145.
- Somoza, L., Hernández-Molina, F.J., de Andrés, J.R. y Rey, J. (1997): *Geo-Marine Letters*, 17: 133-139.
- Vergnaud-Grazzini, C.; Caralp, M.; Faugères, J.C.; Gonthier, E.; Grousset, F.; Pujol, C.; Saliège, J.F. (1989): *Oceanological Acta*, 12: 305-323.
- Zenk, W. Y Armii, L. (1990): *Deep Sea Res.*, 37:1805-1823.