

# Reconstrucción paleoclimática de la plataforma continental gallega basada en datos geoquímicos y magnéticos

*Paleoclimatic reconstruction of the Galician Continental shelf based on geochemical and magnetical data*

A. Ares, D. Rey, B. Rubio, K. Mohamed, A. Bernabeu y F. Vilas

Departamento de Xeociencias Mariñas e Ordenación do Territorio. Facultade de Ciencias do Mar. Universidade de Vigo. Campus Lagoas Marcosende s/n, 36310 Vigo. brubio@uvigo.es

## ABSTRACT

*The study of the composition and provenance of the sediments from two cores from the Galician continental shelf (NW of the Iberian Peninsula) based on their textural, geochemical and magnetic properties has allowed us to reconstruct the paleoclimatic evolution of this region. Based on the temporal framework of the identified facies, it was observed that during the Holocene Optimum the continental shelf was under a high-energy regime. The most notable record of this period was a bioclastic lag founded in both cores, which could also be correlated to nearby cores. After the Holocene Optimum, the ongoing marine transgression favoured deposition of sandy sediments. The following stabilization of the sea-level favoured an increase of continental muddy sediments from the Miño and Duero rivers since the Roman Warm Period. On the contrary, this process was negligible in the outer shelf, generating conditions which allowed the neof ormation of glauconitic minerals.*

**Key words:** Galician continental shelf, paleoclimatic evolution, bioclastic lag, muddy sediments.

Geogaceta, 44 (2008), 87-90  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La plataforma continental gallega posee una anchura de 25-35 km y hasta 180 m de profundidad. Se caracteriza por presentar una textura mixta, tanto siliciclástica como carbonatada, pero, en la plataforma media, está presente una banda longitudinal de dirección N-S compuesta por sedimentos limosos denominada *Cinturón fangoso de Galicia* (Días *et al.*, 2002).

De forma resumida, la corriente Ibérica del polo es la responsable de transportar al cinturón fangoso los materiales terrígenos procedentes de los ríos Miño y Duero, mientras que los procesos de upwelling, los cuales ocurren de forma episódica, son los causantes de la elevada productividad y de contribuir al carácter biogénico de los sedimentos.

Las corrientes superficiales son las encargadas de redistribuir este sedimento, hasta que posteriormente sedimenta en esta área de estudio.

El estudio de las plataformas continentales es interesante ya que son medios de transición los cuales nos permiten correlacionar los procesos a los que están sometidos tanto el océano como el continente.

El propósito de este trabajo es describir los procesos a los que estuvo sometida la plataforma para realizar una reconstrucción paleoclimática aportando mayor información sobre la descrita con anterioridad en áreas adyacentes (Mohamed, 2006; Martins *et al.*, 2007) de la plataforma continental durante el Holoceno.

La correlación del modelo cronológico con el análisis textural y la señal magnetoquímica permitió caracterizar los distintos ambientes sedimentarios e identificar el origen de la variabilidad vertical y lateral registrada en la plataforma.

## Materiales y métodos

En la figura 1, se muestra la localización geográfica de los testigos estudiados en este trabajo. El testigo Vigo1vb1 (42°01'87696 N), se recogió en la plataforma continental externa a 143.47 m de profundidad y posee una longitud de 2 m, mientras que el testigo denominado Vigo2vb1 (42°06'75254 N), se recogió en la plataforma media a 121.29 m de profundidad y 3.12 m de longitud.

En ambos testigos se tomaron muestras cada 3 cm tanto para el análisis textural como para el análisis geoquímico

y magnético. Para el análisis granulométrico se tamizó en seco la fracción de arena y grava, mientras que, la fracción fangosa (<0,063 mm) se determinó por vía húmeda mediante nefelometría de rayos X, con un Sedigraph 5100.

La composición elemental se obtuvo por fluorescencia de Rayos-X modelo Siemens SRS 3000 mientras que el CaCO<sub>3</sub>, TOC (Carbono orgánico total), S y N mediante un Leco CN-2000 y CC-100. El registro de la susceptibilidad magnética (K) se obtuvo mediante un susceptómetro MS2-B Bartington.

Para realizar el modelo cronológico se analizaron, mediante espectrometría atómica de masas de radiocarbono <sup>14</sup>C AMS, muestras de foraminíferos correspondientes a 0.4 m, 1.4 m, 2.3 m y 2.9 m del testigo Vigo2vb1.

## Resultados

Ambos testigos se dividieron en 2 unidades, ya que presentan distintas características texturales y magnetoquímicas. La unidad A y B corresponden al testigo Vigo1vb1, mientras que la unidad C y D a Vigo2vb1 (Fig. 2).

La unidad A y la Unidad D presentan

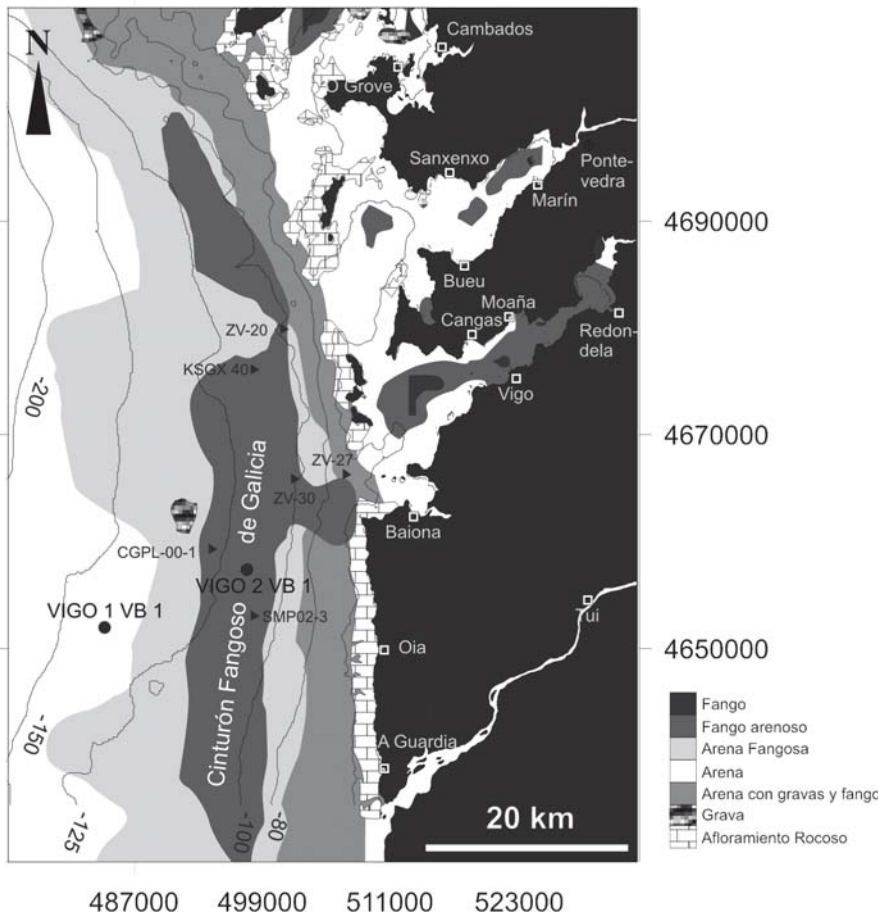


Fig. 1.- Mapa de localización de los vibrocores estudiados en la plataforma continental de Galicia. Cabe destacar el Cinturón de Fangos de Galicia, (modificado de Rey, 1993).

Fig. 1.- Map showing the position of the vibrocores studied in the Galician continental shelf. It is highlighted the Galician Mud Patch (modified Rey, 1993).

gran similitud en sus características texturales. En ambas el porcentaje de arena oscila entre 65-80% y es de carácter tanto siliciclástico como biogénico, la fracción biogénica se compone de fragmentos de bioclastos y foraminíferos. En la base está presente un lag bioclástico con un 20-25% de gravas. Bajo la unidad A, en la plataforma externa, está presente la unidad B, la cual presenta un aumento hacia la base del contenido en fangos alcanzando el 50%. A lo largo del testigo Vigo1vb1 son destacables los replazamientos por minerales glauconíticos en los fragmentos bioclásticos y en los foraminíferos. Por el contrario, en la unidad D, las gravas muestran una pátina de oxihidróxidos de hierro.

Sobre la unidad D, en la plataforma media, se encuentra la unidad C de carácter fangoso aunque a 21cm de profundidad el porcentaje de fangos decrece bruscamente.

El rango de valores para las distintas variables estudiadas en ambos testigos es

de  $Al_2O_3$  (5-15%),  $Fe_2O_3$  (2-16%),  $SiO_2$  (47-80%),  $TiO_2$  (0,3-0,7%), Mn (70-350 ppm),  $CaCO_3$  (0-13%), TOC (1-4,5%), S (0-0,6%), N (0-0,17%) y K ( $3-57 \times 10^{-5}$  SI) respectivamente.

Con la finalidad de estudiar la relación entre las propiedades texturales y

		$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$TiO_2$	Mn	TOC	$CaCO_3$	S	N	K
Vigo1vb1	Unidad A										
	grava	0,68**	-0,61**	-0,82**	-0,57**	-0,71**	0,96**	0,75**	0,42*	-0,46*	0,35
	arena	-0,16	-0,02	0,34	0,69**	0,67**	-0,67**	-0,24	-0,21	0,16	0,18
Unidad B	finos	-0,56**	0,69**	0,51**	-0,14	0,03	-0,30	-0,55**	-0,22	0,32	-0,60**
	grava	0,50	0,65	-0,74*	0,03	0,61	0,18	-0,03	0,50	0,72*	0,91**
Unidad C	arena	0,15	-0,89**	0,20	-0,69	-0,89**	-0,03	0,19	-0,63	-0,79*	-0,53
	finos	-0,18	0,88**	-0,16	0,71*	0,89**	0,02	-0,20	0,62	0,78*	0,50
Vigo2vb1	Unidad D										
	grava	0,00	-0,07	0,01	0,15	-0,12	-0,11	0,09	0,11	-0,46**	-0,21
	arena	-0,79**	-0,80**	0,75**	-0,86**	-0,86**	-0,20	0,79**	-0,61**	-0,33*	-0,66**
Unidad E	finos	0,42**	0,35*	-0,33*	0,41**	0,39*	-0,13	-0,34*	0,18	0,05	0,41**
	grava	-0,87**	-0,61*	-0,76**	-0,72**	-0,44	0,84**	0,92**	-0,29	<sup>a</sup>	0,93**
Unidad F	arena	-0,38	-0,67*	0,37	-0,53	-0,67*	-0,16	0,25	-0,77**	<sup>a</sup>	-0,09
	finos	0,40	0,64*	-0,19	0,47	0,76**	-0,06	-0,37	0,84**	<sup>a</sup>	-0,11

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). \* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).  
<sup>a</sup> No se puede calcular porque al menos una variable es constante.

Tabla I.- Correlaciones bivariantes entre las características texturales y los parámetros magnetoquímicos

Table I.- Bivariate correlations between the textural characteristics and the magnetic parameters.

parámetros magnetoquímicos se realizó una correlación bivalente, mostrándose en la tabla I el valor de los coeficientes de correlación. Lo más destacable son las correlaciones positivas entre gravas con el  $CaCO_3$  y TOC en ambos testigos, pero además en el testigo Vigo1vb1 éstas presentan una buena correlación con  $Fe_2O_3$  y en el testigo Vigo2vb1 con K. Las arenas, asimismo, se correlacionan positivamente con  $SiO_2$  y  $CaCO_3$ , en Vigo1vb1 también con  $TiO_2$  y Mn. Los fangos presentan buena correlación con  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  y Mn indicando su composición aluminosilicatada y en Vigo2vb1 también con  $Fe_2O_3$  y K.

El estudio de la relación TOC vs S (Fig. 3), indica que las muestras de la unidad C se encuentran cercanas al rango definido por Berner (1984) para sedimentos marinos «normales». Por el contrario, las unidades A, B y D quedan por debajo debido a un mayor porcentaje de TOC que de S. El uso de TOC/N aportó información acerca de la procedencia del TOC y los valores >20 corresponden a las unidades más fangosas (Fig. 2), mientras que en las más arenosas los valores oscilan entre 10-20.

El modelo cronológico (Tabla II) nos permitió identificar en que periodos ocurrieron los procesos a los que estuvo sometida la plataforma desde el Óptimo Holoceno hasta la actualidad.

Discusión

Tanto la unidad A como la unidad D presentan una correlación positiva de las gravas con el  $CaCO_3$ , ya que, en ambas, está presente un lag bioclástico. Esto concuerda con los datos obtenidos por Mohamed (2006) en testigos de áreas adyacentes a la zona estudiada. Estas gravas bioclásticas se depositaron bajo con-

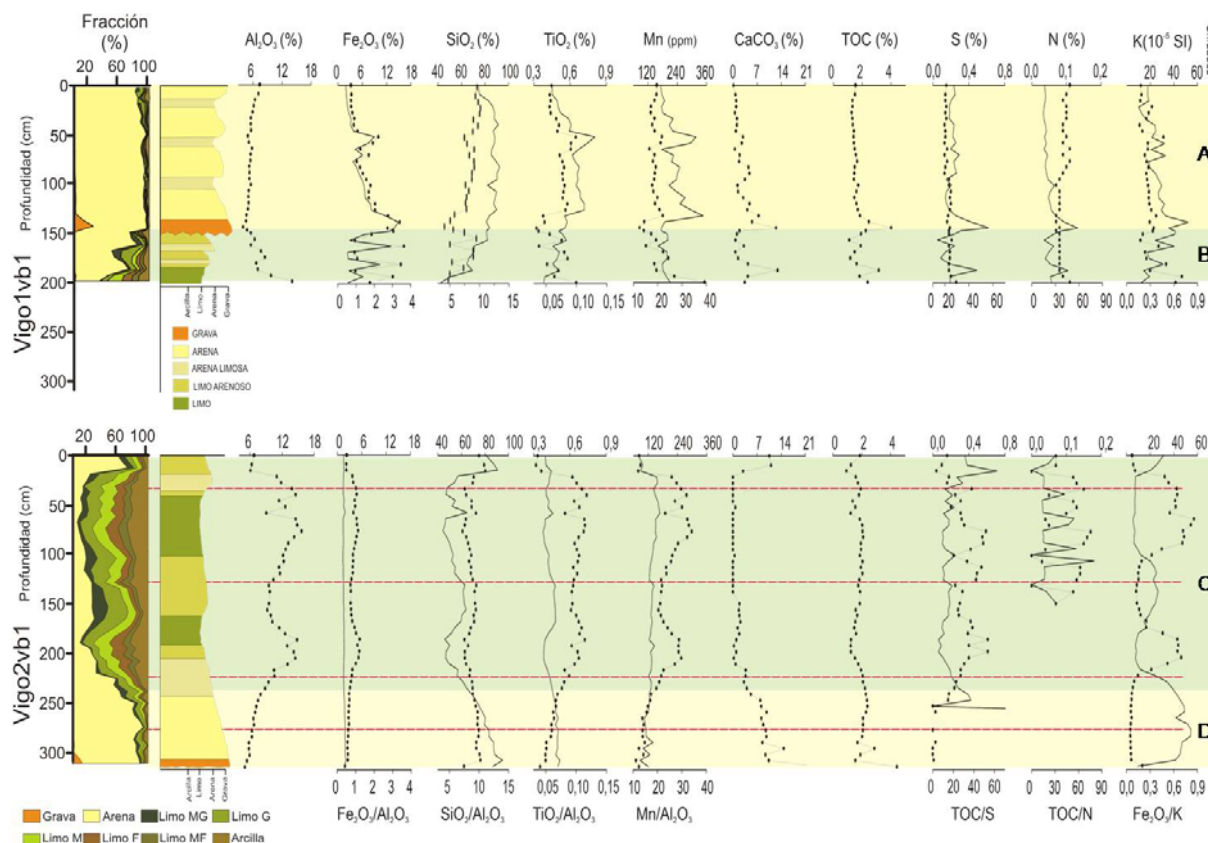


Fig. 2.- Variación vertical de la granulometría y de los parámetros geoquímicos y magnéticos. Las líneas discontinuas corresponden a los niveles datados.

Fig. 2.- Vertical profiles of the textural, geochemical and magnetic parameters. The dashed lines represent the dated levels.

diciones de alta energía y corresponden según los datos cronológicos al Óptimo Holoceno (Fig. 2).

Las correlación positiva de las gravas con el  $Fe_2O_3$  en la unidad A se atribuye a los procesos de neoformación de minerales glauconíticos (Odin, 1988) y otros remplazamientos en los carbonatos por hierro, mientras que, en la unidad D, sobre los bioclastos se forman recubrimientos de oxihidróxidos de hierro, encontrándose de esta forma los minerales ferromagnéticos. Las arenas de la unidad A y D corresponden a un nivel de mar más alto y se fueron depositando sobre el lag durante la estabilización de nivel del mar desde el Óptimo Holoceno (6500 años BP) hasta los niveles del mar más estable del Periodo Cálido Romano (RWP  $\pm$  2200 años BP). La correlación positiva de la fracción fina con el  $Al_2O_3$  es evidente en ambas unidades, pero, la unidad A, presenta una correlación positiva con el  $SiO_2$ , mientras que en la unidad D con Mn y S. Esto indica unas condiciones más reductoras en la unidad D que en la unidad A.

En la unidad B la baja correlación, aunque positiva del  $Fe_2O_3$ , el  $Al_2O_3$  y el Mn con las gravas indica que está presen-

te una disolución y movilización de metales de los sedimentos fangosos procedentes del continente, ya que también presentan una correlación positiva con el N y están pasando a formar parte mediante sustituciones en los carbonatos de las arenas. La baja correlación del  $CaCO_3$  con las arenas se debe a que están prácticamente reemplazadas y glauconitizadas. Estas movilizaciones también produjeron la formación de minerales ferromagnéticos sobre la fracción

carbonatada, explicando así la buena correlación de K con las gravas. La fracción fina de esta unidad se caracteriza por una composición aluminosilicatada. Las condiciones, un poco más reductoras que en la unidad superior, hacen que la acumulación del Mn en esta unidad sea más favorable.

Tras la estabilización del nivel del mar en el RWP se depositó la unidad C sobre la unidad arenosa (D) solamente en la plataforma media. En la plataforma ex-

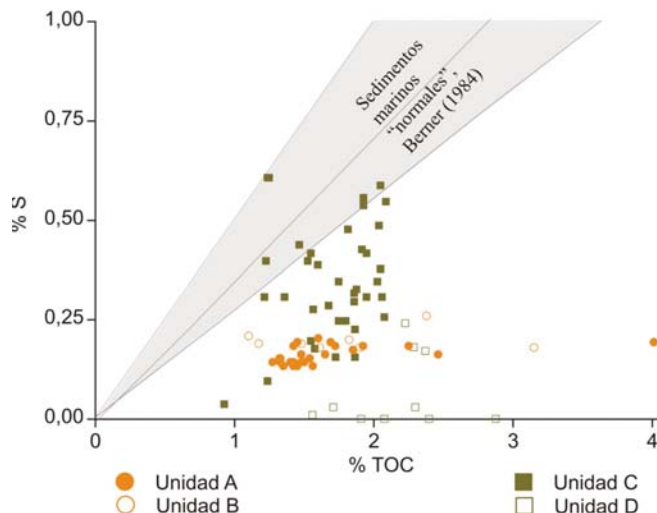


Fig. 3.- Relación entre TOC y S en las diferentes unidades de ambos testigos.

Fig. 3.- TOC and S relations in the different units of both cores.

Prof. (m)	Vigo2vb1 <sup>a</sup> Edad Calibrada (BP)	Prof. (m)	ZV-20 <sup>b</sup> Edad Calibrada (BP)	Prof. (m)	KSGX40 <sup>c</sup> Edad Calibrada (BP)	Prof. (m)	CGPL-00-1 <sup>d</sup> Edad Calibrada (BP)
0,40	778 ± 117	0,12	602 ± 75	0,40	1500 ± 40	0,28	810 ± 56
1,40	2052 ± 169	0,70	3530 ± 70	0,70	2680 ± 40	0,61	2857 ± 59
2,30	4263 ± 191	2,38	20750 ± 190	1,35	4250 ± 40	0,71	2872 ± 60
2,90	6535 ± 227						

<sup>a</sup>este trabajo, <sup>b</sup>Mohamed (2005), <sup>c</sup>Martins et al (2005), <sup>d</sup>González-Alvarez et al., (2005)

**Tabla II.- Resultados de las dataciones calibradas (Geochron laboratories) por AMS <sup>14</sup>C en foraminíferos.**

*Table II.- Results of the AMS <sup>14</sup>C (Geochron laboratories) datings of foraminifera.*

terna esta unidad fangosa no está presente sobre las arenas debido a su localización geográfica y a sus condiciones hidrodinámicas. La abundancia de glauconitas en la plataforma externa, podría indicar, en este ambiente, la presencia de niveles condesados dentro de los ciclos de variación del nivel del mar. La unidad C está compuesta principalmente por material fangoso, que, observando los resultados de las correlaciones, posee una composición principalmente aluminosilicatada y un alto contenido en minerales ferromagnéticos. Las arenas que están presentes en menor proporción y se componen de una mezcla de material carbonatado y siliciclástico.

En los periodos cálidos RWP y MWP el impacto del ser humano es perceptible ya que realiza deforestaciones asociadas a actividades mineras, agrícolas e industriales. Esto, junto con el aumento de las precipitaciones asociadas a estos periodos, hace que los ríos Miño y Duero sean las fuentes principales de material fangoso a la plataforma (Dias *et al.*, 2002). El aporte de sedimentos desde las rías hacia la plataforma es mínimo ya que funcionan como trampas de sedimentos. (Vilas *et al.*, 2005). La diferencia de espesor de esta unidad en comparación con las de áreas adyacentes (Mohamed, 2006; Martins *et al.*, 2007) indica que en esta zona del *Cinturón Fangoso de Galicia* las tasas de sedimentación son más elevadas.

El aumento brusco del porcentaje de arena a 21 cm se debe al inicio de la LIA, la cual conllevó a un aumento en la periodicidad e intensidad de las tormentas y de los procesos de upwelling, una disminución en la actividad solar y un descenso

de hasta 2,5°C de la temperatura del agua de mar. La composición tanto textural como magnetoquímica presenta gran similitud con la parte superior de la Unidad D, existiendo así, un paralelismo en las condiciones sedimentológicas entre el periodo Neoglacial y la LIA.

Las relaciones de TOC con el N y S indicaron que los sedimentos de la unidad C, son de origen continental, debido a que presentan valores >20 de TOC/N, y están sometidos a procesos diagenéticos postsedimentarios ya que están dentro del rango de TOC/S de sedimentos marinos «normales» (Bernier, 1984), mientras que las unidades A, B, D y los 21 cm superiores de la unidad C, presentan valores más bajos, entre 10-20 de TOC/N y quedan por debajo del rango de TOC/S, lo que nos indica que el origen de los sedimentos es tanto continental como oceánico (Hedges, 1988) y el aumento del TOC en relación al S es consecuencia de los procesos de upwelling (Wooster, 1976) presentes en la plataforma.

### Conclusiones

La combinación de análisis texturales y propiedades tanto geoquímicas como magnéticas en este estudio aportó información sobre los procesos a los que estuvo sometida la plataforma desde los 6500 años BP hasta el periodo actual.

La continuidad lateral del lag bioclástico presente en ambos testigos aportó información acerca de los procesos de alta energía a los que estuvo sometida la plataforma en el Óptimo Holoceno. Las arenas que se encuentran sobre el lag se depositaron durante la es-

tabilización del nivel del mar y evolucionaron de forma distinta en ambos testigos, ya que en la plataforma externa se produjeron procesos de neoformación de minerales glauconíticos debido al escaso aporte de material sedimentario, mientras que en la plataforma media, a partir del RWP, los aportes continentales de los ríos Miño y Duero, junto con las condiciones hidrodinámicas hicieron que sobre esas arenas se depositasen sedimentos de carácter fangoso con alto contenido en minerales ferromagnéticos impidiendo la formación de minerales glauconíticos en las arenas depositadas en la plataforma media.

### Agradecimientos

Este trabajo constituye una contribución a los proyectos CTM2007-61227/MAR del Ministerio de Ciencia y Tecnología, IGCP526 y PGDIT06TAM31201PR de la Xunta de Galicia.

### Referencias

- Wooster, W.S., Bakun, A., y Mclain, D.R. (1976). *Journal of Marine Research*, 34, 131–141.
- Berner, R.A. (1980). *Early Diagenesis: A theoretical Approach*. Princeton University Press 421 pp.
- Odin, G.S. (1988). *Green Marine Clays*. Elsevier, Amsterdam, 445p
- Dias, J.M.A., Jouanneau, J.M., Gonzalez, R., Araújo, M.F., Drago, T., Garcia, C., Oliveira, A., Rodrigues, A., Vitorino, J. y Weber, O. (2002). *Progress in Oceanography*, 52, 249–259
- Vilas, F., Bernabeu, A.M. y Méndez, G. (2005). *Journal of Marine Systems*, 54, 261–276
- Mohamed, K. (2006). *Influencia climática, diagenética y antropogénica sobre las propiedades magnéticas y geoquímicas de los sedimentos marinos Cuaternarios del noroeste de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Univ. de Vigo, 298 p.
- Martins, V., Dubert, J., Jouanneau, J.M., Weber, O., Ferreira da Silva, E., Patinha, C., Dias, J.M.A. y Rocha, F. (2007). *Marine Geology*, 239, 1–18.