

Tafonomía cuantitativa del yacimiento de Cacela (Tortonense superior; Algarve, Sur de Portugal)

Quantitative taphonomy of the Cacela site (late Tortonian; Algarve, S Portugal)

A. Rico-García ⁽¹⁾, J. Aguirre ⁽²⁾, J. Civis ⁽¹⁾, J.A. González Delgado ⁽¹⁾ y G. Alonso-Gavilán ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Pz. Merced s.n, 37008, Salamanca, España. alber25@terra.es, angel@usal.es, gavilan@usal.es, civis@usal.es

⁽²⁾ Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Campus de Fuentenueva s.n. Universidad de Granada, 18002 Granada, España. jaguirre@ugr.es

ABSTRACT

A quantitative taphonomic analysis were performed in the fossil assemblages of the late Tortonian of the lower-mid part of the Cacela Formation (Cacela, Algarve, S Portugal). Taphonomic results, together with sedimentological analysis and the faunal assemblages, allow to inferring palaeoenvironmental changes. The upper Tortonian sedimentation started with fan-delta conglomerates that quickly changed to outer-platform silty marls deposited in a setting with a relatively low sedimentation rate as indicated by the concentration of glauconite. Higher up into the section, a progressive shallowing trend is inferred, and sediments of inner platform settings were formed.

Key words: *Quantitative taphonomy, late Tortonian, Neogene, Algarve, Portugal*

Geogaceta, 40 (2006), 207-210

ISSN: 0213683X

Introducción

El yacimiento clásico conocido como *Cacela* se encuentra en las cercanías de Cacela Velha, (Algarve, Sur de Portugal, Fig. 1) y ha sido objeto de numerosos estudios durante décadas, debido principalmente a la excelente conservación y abundancia de moluscos fósiles. La historia de la investigación en éste y otros yacimientos del Algarve portugués, se puede dividir en dos períodos: a) desde mediados del siglo XIX hasta mediados del XX y b) desde la década de 1980 hasta la actualidad. Durante el primer período, todos los trabajos se centran en los fósiles y su taxonomía (entre otros, Pereira da Costa, 1866-67; Dollfus *et al.*, 1903-04; Boucart y Zbyszewski, 1940; Chavan, 1940; Veiga Ferreira, 1951). En el segundo, se han abordado estudios de diferente temática, destacando los relacionados con los invertebrados (González Delgado *et al.*, 1995; Santos, 2000, Studencka *et al.*, 2003).

En este trabajo se aborda el estudio tafonómico de este yacimiento desde una perspectiva cuantitativa, con el objetivo de caracterizar los ambientes de depósito.

Metodología

Este estudio tafonómico se basa en la obtención de datos cuantitativos según la metodología propuesta por otros

autores (Aguirre y Yesares-García, 2003; Yesares-García y Aguirre, 2004) y que consiste en cuantificar *in situ* una serie de atributos tafonómicos de los restos fósiles: número de bioclastos por unidad de superficie, tamaño, articulación, fragmentación, redondeamiento, presencia de ornamentación, orientación de bioclastos con respecto a la estratificación, concavidad, relaciones entre organismos (bioerosión y bioencomamiento) y composición taxonómica dominante. Además, se obtienen otros datos semicuantitativos como el empaquetamiento, el porcentaje de conchas y grado de bioturbación o índice de icnofábrica, mediante la estimación visual y su comparación en tablas de referencia (Kidwell y Holland, 1991). Para la des-

cripción de las concentraciones de conchas se siguió el esquema de clasificación de Kidwell *et al.* (1986).

Se seleccionaron cuatro niveles de muestreo, denominados CAC-1T a 4T (Fig. 2). Las medidas de las propiedades tafonómicas en cada uno de los niveles se realizaron en 10 cuadrados de 20 cm de lado dispuestos perpendicularmente a la estratificación, a excepción del nivel CAC-3T, donde todas las medidas se realizaron en un solo rectángulo de 4×1 metros. Se contabilizaron todos los bioclastos mayores de 0,5 cm contenidos en los cuadrados. Los resultados obtenidos para cada uno de los cuadrados, así como los valores medios para cada nivel de muestreo, se presentan en la tabla I.



Fig. 1.- Localización de la sección estratigráfica en el área de estudio (Sur de Portugal, Algarve).

Fig. 1.- Location of the recorded stratigraphic section in the studied area (South of Portugal, Algarve).

Sedimentología y datos tafonómicos

La sucesión estratigráfica expuesta tiene unos 5,3 m de potencia (Fig. 2) y puede dividirse en 3 tramos bien diferenciados. Esta sección corresponde a la parte inferior-media de la Formación Cacela (Antunes *et al.*, 1981). La edad asignada a estos depósitos es Tortoniense superior (Antunes *et al.*, 1990; Legoinha, 2003), equivalente al rango temporal entre los eventos 1 y 2 de Sierro *et al.* (1996), definidos para la Cuenca del Guadalquivir. Esto permite correlacionar los depósitos estudiados con la Formación Calcarenita de Niebla definida por Civis *et al.* (1987) y la parte basal de la Formación Arcillas de Gibraleón de los mismos autores (Antunes *et al.*, 1990; González-Delgado *et al.*, 1995; Legoinha, 2003). Los depósitos tortonienses estudiados descansan sobre materiales detríticos del Triásico mediante una discordancia angular y erosiva.

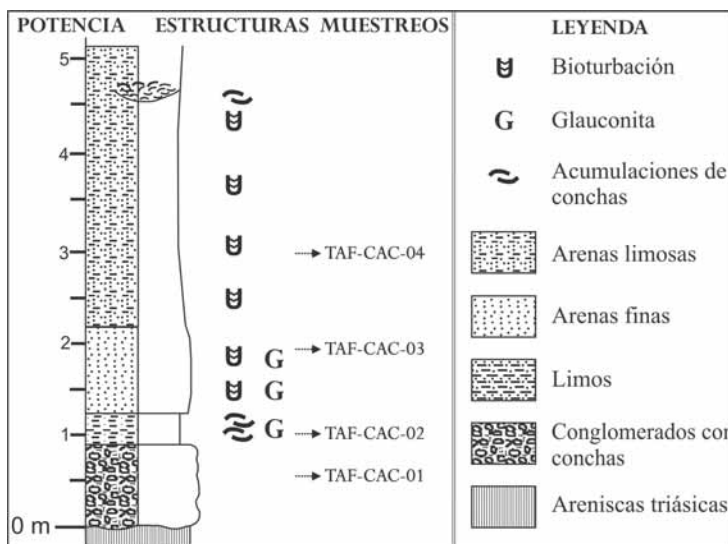
El tramo inferior es un banco conglomerático poligénico de 0,9 m de potencia compuesto mayoritariamente por cuarcitas, pizarras y areniscas, con cantos angulosos y redondeados de hasta 15 cm de diámetro máximo. La matriz es una arena con tamaño de grano grueso-muy grueso muy cementada y de color rojizo. En este tramo predominan bivalvos de gran tamaño como *Pelecypora gigas* (Lamarck), *Megacardita jovanetti* (Bastérot), *Ostrea edulis* (Linné) y *Glycymeris*, y, en menor proporción, otros venéridos y *Pecten* de menor tamaño, junto a gasterópodos (como *Conus*) y balánidos.

El empaquetamiento en este nivel (CAC-1T en la tabla I) oscila entre disperso a denso, con porcentajes de conchas por volumen de roca que varía entre el 10% y el 30%. Los fósiles se encuentran desarticulados (100%), fragmentados (>90%) y redondeados (100%), y se disponen sin una orientación preferencial. Existe un claro predominio de bioclastos cóncavos y convexos con respecto a los planos (tabla I), con un tamaño medio de 2,5 cm. Ninguno presenta encrostamientos pero sí perforaciones, aunque escasas (22,8%), y atribuibles principalmente a esponjas cliónidas.

El segundo tramo (nivel CAC-2T en la Fig. 2), de medio metro de potencia, está compuesto por limos de color verde-ocre con una gran riqueza en moluscos excepcionalmente conservados, ya que en la mayoría se observan trazas del color original. Estas arenas poseen granos de glauconita y cerca de la base son frecuentes litoclastos redondeados y dispersos generalmente de composición cuarcítica y un tamaño de hasta 1,5 cm. Se han de-

Fig. 2.- Columna estratigráfica estudiada con los niveles de muestreo tafonómico.

Fig. 2.- Studied stratigraphic section showing the recorded levels for taphonomic features.



terminado un total de 121 especies de moluscos, de entre las que destacan por su abundancia y diversidad los bivalvos infaunales como venéridos, tellínidos y lucínidos y en menor proporción los gasterópodos tipo turrítelidos, natfícidos, nasáridos y cónidos. Estos datos coinciden con los publicados por otros autores (Antunes *et al.*, 1990; González Delgado *et al.*, 1995). Además, se encuentran dientes de seláceos (*Isurus* y *Carcharocles*) y radiolas de equinoideos. Todos estos restos fósiles se encuentran, en general, orientados de forma concordante a la estratificación, sin rasgos de bioerosión ni encrustación. Un análisis de rayos-X realizado en valvas de *Tellina planata* (Linné) y *Pelecypora brocchi* (Deshayes) y en conchas de los gasterópodos *Conus mercatii* (Brocchi) y *Tudicla rusticula* (Bestérot) muestra que la mineralogía aragonítica original se ha preservado. El empaquetamiento es disperso-poco denso, con porcentajes de conchas cercanos al 20% y las conchas, con un valor medio de 2,0 cm, suelen estar fragmentadas (69,8%), desarticuladas (86%), y redondeadas (78%). Predominan las formas cóncavas (35%) con respecto a las convexas (17%) y planas (20%). Además, conviene añadir la buena conservación de estructuras frágiles como espinas, canales sifonales y otros elementos ornamentales.

El tercer tramo está constituido por más de 3,5 m de arenas finas amarillentogrisáceas que hacia techo se vuelven más limosas. Cerca de la base hay granos de glauconita y restos de moluscos con una abundancia y diversidad similares a las del tramo anterior. Hacia techo del tramo disminuye tanto la diversidad como la abundancia relativa de fósiles encontrándose exclusivamente bivalvos infaunales como venéridos y tellínidos. Una gran

proporción de estos bivalvos se han conservado manteniendo su posición original de producción. En la parte superior de este tramo se localizan pequeños niveles cementados, nódulos de carbonato y parches constituidos íntegramente por individuos de *O. edulis*.

En este tramo se han estudiado dos niveles CAC-3T y 4T, el primero en la base y el segundo en la parte media. Los datos muestran empaquetamientos generalmente dispersos con porcentajes de conchas por volumen de roca del 5%. Los bioclastos se disponen preferentemente concordantes con la estratificación, pero también hay algunos restos de organismos infaunales dispuestos perpendicularmente ya que mantienen las posiciones originales de vida. Las señales de bioerosión y bioencroscamiento son nulas, todos los restos fósiles poseen su concha original, y predominan los restos desarticulados (90%), con una fragmentación variable (de 37 a 78%) y redondeados (91%). En el último nivel existe un predominio de formas cóncavas con respecto al resto.

Interpretación y Discusión

La sedimentación tortoniense comienza con los conglomerados del tramo inferior que se interpretan como un depósito de abanico deltaico. La naturaleza heterométrica de los cantos y la presencia de cantos angulosos junto con otros redondeados sugieren que se trata de un depósito de la zona interna del abanico, formado en áreas cercanas a la paleocosta. La alta fragmentación, junto a la total desarticulación y abrasión que presentan los restos conservados en este conglomerado son atributos tafonómicos que apuntan a un medio somero sometido a una

alta energía hidráulica (Kidwell y Bosence, 1991; Smith y Nelson, 2003). La composición faunística mayoritaria de este tramo basal confirma este ambiente somero y altamente energético. En este sentido, las conchas de gran tamaño, típicas de medios marinos someros, reflejan mejor los rasgos tafonómicos antes reseñados, ya que la abrasión o la fragmentación son más efectivas en ellos al poseer una mayor superficie expuesta al ataque (Martin, 1999; Smith y Nelson, 2003). La existencia de cantos gruesos también apunta a un importante deterioro en los bioclastos (Nelson, 1988). Además de las condiciones ambientales inferidas, una exposición prolongada del material con-

chífero en la zona tafonómicamente activa (TAZ, *Taphonomic Active Zone*, Powell *et al.*, 1989) amplificaría la destrucción de los restos esqueléticos. El hecho de que se detecten numerosas bioperforaciones debido a la acción principalmente de esponjas cliónidas es congruente con una larga exposición de los restos sobre el fondo marino. Esto sugiere, además, un ambiente con una tasa de sedimentación relativamente baja, lo que facilitarían la colonización y el desarrollo de los organismos perforadores.

El segundo tramo representa un cambio brusco en las condiciones de sedimentación, ya que tiene lugar el depósito de sedimentos finos muy ricos en glauconita.

Todo ello apunta a un ambiente de depósito de baja energía y alejado de la paleocosta. Desde un punto de vista ambiental, la presencia de glauconita sugiere que estos sedimentos se formaron en una zona de plataforma media-externa durante un período de ralentización en la tasa de sedimentación y con un aporte de materia orgánica importante. En la actualidad, la precipitación de este mineral se produce en plataformas abiertas, entre 50-60 m y 350 m de profundidad (Odin y Matter, 1981), excepcionalmente hasta 700 m (Bornhold y Giresse, 1984), con una baja tasa de sedimentación y bajo condiciones reductoras. En la zona de estudio, el aporte de materia orgánica pudo proceder desde

NIVEL/CUADRADO	Empaq.	%Conchas	N	%Art.	Φ	%Frag.	%Red.	CO/CV/P (%)			ORIEN.	%Bioero.	%Bioenc.	%Origi.
CAC-01T-Q1	PDE	20%	59	0	2,0	96,6	100	37	29	8	NO	0,0	0,0	100
CAC-01T-Q2	PDE	30%	61	0	2,1	96,7	100	26	30	23	NO	21,3	0,0	100
CAC-01T-Q3	D	10%	38	0	2,6	89,2	100	36	16	21	NO	15,8	0,0	100
CAC-01T-Q4	PDE	10%	46	0	2,4	97,8	100	21	26	0	NO	28,3	0,0	100
CAC-01T-Q5	PDE	20%	43	0	2,4	90,5	100	23	28	0	NO	30,2	0,0	100
CAC-01T-Q6	D	10%	26	0	2,9	92,0	100	12	12	15	NO	11,5	0,0	100
CAC-01T-Q7	D	20%	26	0	2,5	92,0	100	27	38	8	NO	34,6	0,0	100
CAC-01T-Q8	PDE	20%	36	0	2,9	88,6	100	19	22	14	NO	27,8	0,0	100
CAC-01T-Q9	D	10%	33	0	3,0	93,8	100	12	6	15	NO	33,3	0,0	100
CAC-01T-Q10	D	10%	36	0	2,2	91,4	100	17	28	25	NO	25,0	0,0	100
CAC-02T-Q1	D-PDE	25%	42	10	1,8	80,6	75,0	25	9	47	C	0,0	0,0	100
CAC-02T-Q2	D	20%	32	8	1,4	85,5	67,0	27	23	23	C	0,0	0,0	100
CAC-02T-Q3	D-PDE	20%	43	15	1,5	74,8	80,1	33	9	21	C	0,0	0,0	100
CAC-02T-Q4	D-PDE	30%	49	13	1,6	64,4	87,2	41	13	13	C	0,0	0,0	100
CAC-02T-Q5	D-PDE	20%	42	19	2,1	74,4	88,0	53	9	13	C	9,4	0,0	100
CAC-02T-Q6	D-PDE	20%	41	8	1,9	77,5	74,0	22	25	28	C	3,1	0,0	100
CAC-02T-Q7	D	10%	30	15	2,5	60,0	85,0	25	30	5	C	0,0	0,0	100
CAC-02T-Q8	D	10%	35	12	2,0	58,0	81,4	40	8	24	C	0,0	0,0	100
CAC-02T-Q9	D	20%	36	21	2,9	55,0	64,0	54	27	0	C	3,8	0,0	100
CAC-02T-Q10	D-PDE	25%	43	14	1,9	68,0	81,0	30	18	30	C	0,0	0,0	100
CAC-03T	D	5%	139	9	1,7	77,0	97,1	22	24	25	C/P	0,0	0,0	99,3
CAC-04T-Q1	D	5%	38	3	1,1	78,9	78,9	21	8	39	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q2	D	5%	49	10	1,2	40,8	89,8	12	10	10	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q3	D	5%	35	9	1,4	45,7	88,6	31	9	20	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q4	PDE	10%	63	5	0,9	47,6	92,1	25	8	8	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q5	D	5%	28	11	1,0	57,1	89,3	61	11	14	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q6	D	5%	33	0	1,0	51,5	84,8	21	24	27	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q7	D	5%	35	6	1,2	54,3	97,1	14	17	3	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q8	D	5%	33	18	1,6	39,4	97,0	30	6	18	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q9	D	5%	34	3	1,3	52,9	97,1	41	21	0	C/P	0,0	0,0	100
CAC-04T-Q10	D	5%	35	17	1,6	37,1	100,0	29	17	29	C/P	0,0	0,0	100
CAC-01T Media	D-PDE	16%	404	0	2,5	92,8	100	23	23	13	NO	22,8	0,0	100
CAC-02T Media	D-PDE	20%	393	14	2,0	69,8	78	35	17	20	C	1,6	0,0	100
CAC-03T Media	D	5%	139	9	1,7	77,0	97,1	22	24	25	C/P	0,0	0,0	99,3
CAC-04T Media	D	6%	383	8	1,2	50,6	91	29	13	17	C/P	1,7	0,0	100

Tabla I.- Datos tafonómicos cuantitativos obtenidos en los puntos de muestreo que se incluyen en los 4 niveles de estudio. (Empaq.=empaquetamiento que puede ser DE-denso, PDE-poco denso y D-disperso; N=número de bioclastos por cuadrado de muestreo, %Art.=porcentaje de articulados, Φ =tamaño medio de los bioclastos, %Frag.=porcentaje de fragmentos, %Red=porcentaje de redondeados, CO/CV/P=Cóncavos/Convexos/Planos, Orien.=Orientación preferencial, %Bioero.=Porcentaje de conchas con bioerosión, %Bioenc.=Porcentaje de conchas con bioencroscamiento, Origi.= porcentaje de conchas con conchas originales).

Table I.- Quantitative data of the measured taphonomic attributes in the different sampling sites. (Empaq.=shell parking; DE-densely packed, PDE-loosely packed and D-disperse; N=number of bioclast per sampling area, %Art.=percentage of articulated shells, Φ =average size of bioclasts, %Frag.=percentage of fragments, %Red=percentage of rounded shells, CO/CV/P=concave/convex/flat, Orien.=preferred orientation, %Bioero.=percentage of bored shells, %Bioenc.=percentage of encrusted shells, Origi.=percentage of shells with the original mineralogy preserved).

el continente directamente conectado con los sistemas de abanicos deltaicos. El empobrecimiento en oxígeno estaría corroborado por la abundancia de foraminíferos bentónicos como bulimínidos y bolivínidos (Antunes *et al.*, 1990).

Desde un punto de vista estratigráfico, los intervalos enriquecidos en glauconita se corresponden con niveles condensados formados durante el máximo transgresivo (Odin y Letolle, 1980). Cronológicamente, estos depósitos coinciden con depósitos glauconíticos equivalentes en el extremo suroccidental (provincias de Huelva y Sevilla) de la Cuenca del Guadalquivir, (Civis *et al.*, 1987; Antunes *et al.*, 1990; González Delgado, 1995). Todo ello sugiere que estas concentraciones de glauconita se formaron en ambientes de plataforma media-externa asociadas a un máximo transgresivo que coincide con el ciclo de subida de nivel del mar global 3.2 de Haq *et al.* (1987).

El contacto del segundo tramo con los conglomerados de la base es neto, aunque litológicamente gradual, ya que se encuentran cantos de la misma naturaleza que los del conglomerado basal dispersos en la zona de transición entre los dos tramos. Esto sugiere que, en la zona de estudio, el cambio de nivel de mar inferido anteriormente debió ocurrir de forma muy rápida.

Los atributos tafonómicos obtenidos indican mezcla de condiciones paleoambientales. Por un lado, la alta fragmentación y redondeamiento indicarían un medio altamente energético; por otro, la existencia de una alta proporción de restos que conservan la coloración original y rasgos ornamentales delicados, junto con una elevada articulación, indicaría ausencia de energía. Además, un muestreo selectivo en este tramo pone de manifiesto la excelente calidad de conservación de los fósiles. Bajo las condiciones paleoambientales inferidas anteriormente es posible entender estos resultados contradictorios. Así, la fragmentación y el redondeamiento pueden relacionarse con una velocidad de enterramiento baja. En relación con esto, puede explicarse también el alto porcentaje de restos que hay en este tramo por volumen de roca. La fragmentación, además, puede verse incrementada por la acción de otros organismos (Zuschin *et al.*, 2003). El resto de atributos tafonómicos son congruentes con un medio de plataforma externa de baja energía como el inferido.

El incremento de tamaño de grano en el paso del segundo al tercer tramo sugiere que se produjo una ligera somerización en

las condiciones de depósito. La presencia de pequeñas agrupaciones de *O. edulis* conservadas *in situ*, así como de restos de *Ostrea* dentro del tercer tramo, es congruente con un proceso de somerización. Estos materiales se pueden interpretar como depósitos de plataforma media-interna. La gran dispersión de los fósiles, la relativamente alta articulación y la existencia de una elevada proporción de bivalvos conservados en su posición original de producción, apunta a un incremento en la tasa de sedimentación con respecto al segundo tramo. Este hecho estaría corroborado por la disminución progresiva en el contenido en glauconita desde la base del tercer tramo hacia el techo.

Por tanto, la interpretación de todos los datos sugiere que durante el Tortonense superior tuvieron lugar en el área, fuertes cambios en los ambientes sedimentarios tal y como atestiguan las propiedades tafonómicas de los restos fósiles. La sedimentación comienza con la implantación de abanicos deltaicos en los que es frecuente una elevada destrucción tafonómica. Posteriormente, se produce un cambio brusco, con la sedimentación de facies de plataforma media-externa que evolucionan durante este período a plataforma interna.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación BTE2003-02916.

Referencias

- Aguirre, J. y Yesares-García, J. (2003). *Revista Española de Paleontología*, 18, 61-82.
- Antunes, M.T., Bizon, G., Nascimento, A. y Pais, J. (1981). *Ciencias da Terra*, 6, 153-168.
- Antunes, M.T., Civis, J., Dabrio, C.J., Sierro, F.J., González Delgado, J.A., Flores, J.A., Pais, J. y Valle, M.F. (1990). *Actas de Paleontología*, Univ. de Salamanca, 68, 65-73.
- Bornhold, B.D. y Giresse, P. (1985). *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 653-664.
- Boucart, J. y Zbyszewski, G. (1940). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 21, 3-61.
- Chavan, A. (1940). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 21, 61-106.
- Civis, J., Sierro, J.F., González Delgado, J.A., Flores, J.A., Andrés, I., Porta, J. De y Valle, M.F. (1987). En: *Paleontología del Neógeno de Huelva* (J. Civis, Ed.). Ediciones Univ. de Salamanca. 9-27.
- Dollfus, G.F., Berkeley Cotter, J.C., y Gomes, J.P. (1903-04). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 34, 53-113.
- González Delgado, J.A., Andrés, I., y Sierro, F.J. (1995). *Geobios*, 28, 459-471.
- Haq, B.V., Hardenbol, J. y Vail, P.R. (1987). *Science*, 235, 1156-1167.
- Kidwell, S. y Holland, S.M. (1991). *Palaios*, 6, 426-434.
- Kidwell, S. y Bosence, D.W.J. (1991). En: *Taphonomy, Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. (P.A. Allison y D.E.G. Briggs, Eds.). Plenum Press, 115-209.
- Kidwell, S., Fürsich, F.T. y Aigner, T. (1986). *Palaios*, 1, 228-238.
- Legoinha, P. (2003). *Ciências da Terra*, 15, 199-208.
- Martin, R.E. (1999): *Taphonomy, A Process Approach. Paleobiology Series*, 4. Cambridge, University Press. 524 p.
- Nelson, C.S. (1988). *Sedimentary Geology*, 60, 1-367.
- Odin, G.S. y Matter, A. (1981). *Sedimentology*, 28, 611-648.
- Odin, G.S. y Letolle, R. (1980). *SEPM Special Publication*, 29, 227-237.
- Pereira da Costa, F.A. (1866-67). En: *Gasteropodes dos depositos terciarios de Portugal. Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 252 p.
- Powell, E.N., Staff, G.M., Davies, D.J. y Callender, W.R. (1989). *Reviews in Aquatic Sciences*, 1, 555-589.
- Santos A. (2000). *Bivalves marinhos do Miocénico superior (Tortoniano superior) de Cacela (Algarve, Portugal)*. Tesis de Licenciatura. Univ. do Algarve, Faro, 208 p.
- Sierro, F.J., González Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Flores, J.A., Civis, J. (1996). En: *Tertiary basins of Spain: The stratigraphic record of crustal kinematics*. (Friend, P.F. y Dabrio, C.J. Eds.). Cambridge University Press, 329-334.
- Smith, A.M. y Nelson, C.S. (2003). *Earth-Science Reviews*, 63, 1-31.
- Studencka, B., Boski, T. y Santos, A. (2003). En: *Third Regional Committee on Atlantic Neogene Stratigraphy Congress*, Tetouan, 142-143.
- Veiga Ferreira, O. (1951). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 32, 153-180.
- Yesares-García, J. y Aguirre, J. (2004). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 207, 83-103.
- Zuschin, M., Stachowitsch, M. y Stanton-Jr., R.J. (2003). *Earth-Science Reviews*, 63, 33-82.