

## Ciclicidad estacional en perfiles de isótopos de C y O de *Megacardita jouanneti* del Tortonense superior de Cacela (Algarve, Portugal) y Arroyo Trujillo (Sevilla, España)

J. A. González Delgado & J. Civis

Departamento de Geología (Paleontología), Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca (España); tel 34-923294497, fax 34-923294514. E-mails: angel@gugu.usal.es; civis@gugu.usal.es

### ABSTRACT

**Keywords:** C and O isotopes; *Megacardita jouanneti* profiles; Tortonian; Guadalquivir Basin.

Two C and O isotopic profiles of the bivalve *Megacardita jouanneti* from the Upper Tortonian of Cacela (Portugal) and Arroyo Trujillo (Spain) (Guadalquivir Basin) are studied. They include 57 samples drilled from the umbonal to ventral margin. The cyclic organisation is best in the O profile of the Arroyo Trujillo shell. Isotopic values are similar in both profiles, with the same mean values (0,6-0,5), although oxygen values range is higher (2,15δ) in the Cacela bivalve than in that of the Arroyo Trujillo one (1,17δ). This could be related with a higher annual range of temperatures in Cacela than in Arroyo Trujillo.

### RESUMEN

**Palabras-chave:** Isótopos de C y O; *Megacardita jouanneti* profiles; Tortonense; Cuenca del Guadalquivir.

Se estudian dos perfiles isotópicos de C y O realizados en el bivalvo *Megacardita jouanneti* del Tortonense superior de Cacela (Portugal) y Arroyo Trujillo (Sevilla), ambos de la Cuenca del Guadalquivir. Se han tomado 57 muestras en sentido umbo-paleal. La ciclicidad observada es mejor en el perfil del Oxígeno de Arroyo Trujillo. Los resultados isotópicos del O son similares en ambos bivalvos, con la misma media (0,6-0,5), aunque el rango es mayor en Cacela (2,15δ) que en Arroyo Trujillo (1,17δ), lo que puede relacionarse con un rango de temperaturas anual mayor en Cacela.

### INTRODUCCIÓN

Los estudios de perfiles de isótopos estables de C y O realizados en conchas moluscos marinos del Terciario y Cuaternario han sido ampliamente utilizados en paleontología para interpretación de paleoambientes (Rye & Sommer, 1980; Krantz *et al.*, 1987; Andreasson & Schmitz, 1996), ya que permiten interpretar cambios intra-anales producidos durante la vida del molusco y registrados en su concha. En España estos estudios han sido realizados en niveles cuaternarios de Baleares y Canarias (Cornu *et al.*, 1993; González Delgado *et al.*, 1998), y en gasterópodos prehistóricos de Cantabria (Bailey *et al.*, 1983). Los resultados que aquí se presentan son los primeros realizados en el Neógeno de la Península Ibérica, y se han obtenido a partir de dos ejemplares del

bivalvo *Megacardita jouanneti* procedentes de dos yacimientos de la misma edad (Tortonense superior), clásicos en la bibliografía malacológica por su abundancia en Moluscos: Cacela (Algarve, Portugal), coordenadas N 37° 9' 48" / W 7° 32' 50", y Arroyo Trujillo (Sevilla, España), coordenadas N 37° 37' 54" / W 5° 47' 34" (Fig. 1).

Los yacimientos de los que procede el material estudiado son muy ricos en malacofauna [González Delgado *et al.*, (1995) citan 154 especies de moluscos en Cacela, y 92 en Arroyo Trujillo]. Se encuentran encuadrados en el borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir, y corresponden a facies detríticas del cortejo sedimentario transgresivo (Transgressive systems tract) basal de la secuencia deposicional "B" definida por Sierro *et al.* (1996) para la Cuenca del Guadalquivir,

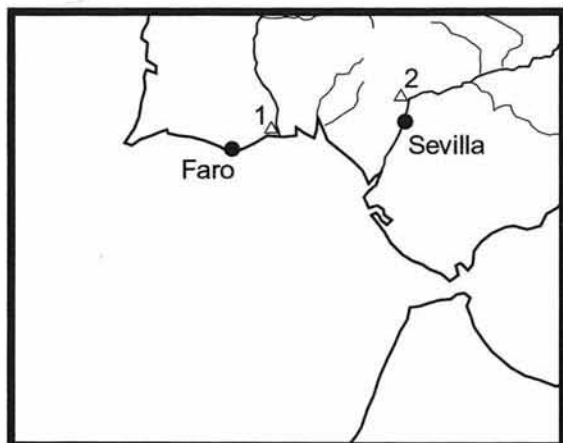
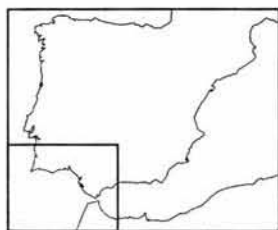


Fig. 1 - Situación de los yacimientos de procedencia de *Megacardita jouanetti*. 1: Cacela, 2: Arroyo Trujillo.

Las muestras fueron tomadas realizando una incisión en el ectostraco paralela a las líneas de crecimiento, siguiendo el diámetro umbo-paleal (Fig. 2). Se ha utilizado un microtomo dental, con una broca de 1 mm. El carbonato así obtenido se calentó a 400° C en vacío durante 2 horas, para eliminar la posible materia orgánica, y después fue analizado en un espectrómetro modelo Sira II (VG), del

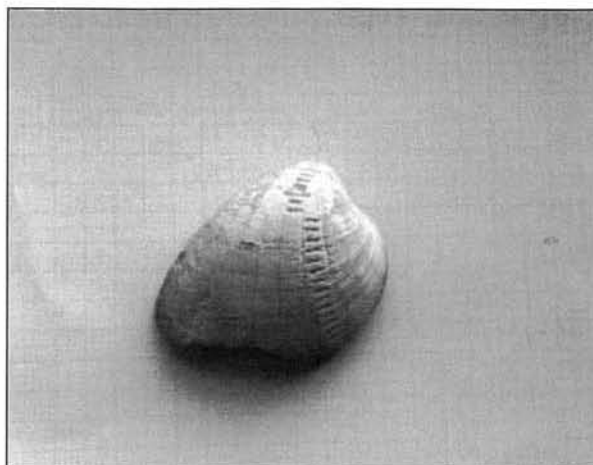


Fig. 2 - Muestreo a lo largo del diámetro umbo-paleal en la concha de *Megacardita jouanetti* de Arroyo Trujillo.

correlacionada con el ciclo eustático 3.2 de Haq *et al.*, (1987) (González Delgado *et al.*, 1995).

Las características tafonómicas y paleoecológicas de los Moluscos reflejan un ambiente sedimentario correspondiente a un medio marino de plataforma siliciclástica interna, somera, sometido a la acción del oleaje de tormentas (González Delgado *et al.*, 1995).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se han escogido para los análisis isotópicos dos ejemplares del bivalvo *Megacardita jouanetti* (Fig. 2), cuya concha es de composición aragonítica. La preservación es excelente, ya que la observación de las valvas al binocular permite apreciar que conservan en el ectostraco la microestructura original: lamelar cruzada simple, con disposición radial de láminas primarias (Taylor *et al.*, 1973). Las especies de este género no tienen representantes actuales en los que se hayan podido realizar estudios isotópicos. No obstante, una especie viviente de un género muy próximo, *Venericardia purpurata*, perteneciente a la misma subfamilia Venericardiinae, infaunal somera, ha sido ya objeto de estudios isotópicos, si bien limitados al conjunto de la concha (Stevens & Vella, 1981). Andreasson & Schmitz (1996) utilizan perfiles isotópicos de *Venericardia imbricata* en su estudio paleoclimático del Eoceno de la Cuenca de París. De todas formas, los perfiles isotópicos obtenidos (Figs. 3, 4) son la mejor evidencia de conchas inalteradas por fosildiagénesis.

Servicio de Isótopos estables de la Universidad de Salamanca. Todos los datos se refieren a la desviación por mil con respecto al standard PDB. El error cometido es de  $\pm 0,056\delta$  para el  $\delta^{13}C$ , y  $\pm 0,101\delta$  para el  $\delta^{18}O$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han analizado 27 muestras en el ejemplar procedente de Cacela, y 30 en el de Arroyo Trujillo. Los resultados isotópicos están indicados en la Tabla 1, y su distribución gráfica se aprecia en las figs. 3 y 4.

Se observa una ciclicidad bien marcada en la curva isotópica del Oxígeno del ejemplar de Arroyo Trujillo (Fig. 4), y menos clara en el de Cacela (Fig. 3). En ambos casos se aprecian variaciones en la señal isotópica, que interpretamos como variaciones estacionales. Las dos curvas isotópicas presentan pequeñas variaciones, reflejadas más en el rango que en los valores medios. La media aritmética de  $\delta^{18}O$  para el bivalvo de Cacela es de 0,68, y la del de Arroyo Trujillo de 0,58. El rango es mayor en Cacela, donde la señal oscila entre 1,31 y -0,848 (rango 2,158), que con respecto a Arroyo Trujillo, en el que la señal varía entre 0,99 y -0,178 (rango de 1,178).

La señal isotópica del Oxígeno, al considerar dos individuos de la misma especie, edad y ambiente sedimentario cabe esperar que esté influenciada fundamentalmente por la temperatura. La salinidad, que en ambientes marinos de transición influye también sobre el resultado isotópico, parece que fue en ambos

Tabla I - Valores isotópicos de C y O en los bivalvos de Cacela (CA) y Arroyo Trujillo (AT).

Muestra	$\delta^{13}\text{C(PDB)}$	$\delta^{18}\text{O(PDB)}$	distancia (mm) al borde paleal
AT-1-MJ	1,269	0,36	1
AT-2-MJ	1,048	0,785	3
AT-3-MJ	1,476	0,854	5
AT-4-MJ	1,786	0,726	7
AT-5-MJ	1,624	0,776	10
AT-6-MJ	2,16	0,734	13
AT-7-MJ	1,771	0,719	16
AT-8-MJ	1,911	0,084	18
AT-9-MJ	1,939	0,947	20
AT-10-MJ	1,664	0,63	22
AT-11-MJ	2,22	0,751	24
AT-12-MJ	1,671	0,335	27
AT-13-MJ	1,47	0,469	30
AT-14-MJ	1,82	0,637	33
AT-15-MJ	1,843	0,094	36
AT-16-MJ	1,6	0,746	39
AT-17-MJ	1,586	0,997	42
AT-18-MJ	1,706	0,504	45
AT-19-MJ	1,741	0,145	48
AT-20-MJ	1,473	-0,018	50
AT-21-MJ	1,372	0,492	52
AT-22-MJ	1,409	0,69	55
AT-23-MJ	1,699	0,774	58
AT-24-MJ	1,798	0,098	60
AT-25-MJ	1,58	0,288	62
AT-26-MJ	1,405	0,664	65
AT-27-MJ	1,357	0,379	68
AT-28-MJ	1,49	0,24	71
AT-29-MJ	1,49	-0,17	76
AT-30-MJ	1,331	0,147	82

CA-1-MJ	1,535	1,240	1
CA-2-MJ	1,913	1,312	3
CA-3-MJ	1,559	1,147	6
CA-4-MJ	1,681	1,247	8
CA-5-MJ	1,439	0,935	10
CA-6-MJ	1,602	0,94	12
CA-7-MJ	1,625	0,829	15
CA-8-MJ	1,432	0,811	17
CA-9-MJ	1,324	0,675	20
CA-10-MJ	1,104	1,001	22
CA-11-MJ	1,24	0,658	26
CA-12-MJ	1,128	-0,836	29
CA-13-MJ	1,306	0,558	32
CA-14-MJ	1,264	0,516	34
CA-15-MJ	1,242	0,23	48
CA-16-MJ	1,297	0,787	51
CA-17-MJ	1,327	0,973	54
CA-18-MJ	1,21	0,629	57
CA-19-MJ	0,97	0,319	60
CA-20-MJ	0,668	0,718	63
CA-21-MJ	1,119	0,653	66
CA-22-MJ	1,384	0,46	69
CA-23-MJ	0,982	0,279	72
CA-24-MJ	0,839	0,095	76
CA-25-MJ	0,888	0,812	80
CA-26-MJ	0,737	-0,31	83
CA-27-MJ	0,566	-0,546	88

yacimientos muy similar, y muy cercana a la de un ambiente marino normal, ya que la alta diversidad de Moluscos sugiere una salinidad normal, y además están presentes en ambos yacimientos bivalvos y gasterópodos estenohalinos (como *Nuculana fragilis*, *Acanthocardia paucicostata*, *Plagiocardium papillosum*, Terébridos, Olividos) que no toleran bajas salinidades ni ambientes hipersalinos. De todas formas, no puede descartarse alguna influencia de la salinidad en la señal isotópica, como se discute más adelante. En ambos bivalvos, la media aritmética de  $\delta^{18}\text{O}$  es muy semejante, lo que sugiere que la temperatura media anual del agua sería en ambos yacimientos muy parecida.

Sí han quedado registradas variaciones intra-anales de la temperatura (diferencias entre verano-invierno) del agua marina en la que vivieron los ejemplares estudiados. Estas diferencias serían mayores (del orden de 9° C) en Cacela, que en Arroyo Trujillo (del orden de 5°C), y podrían interpretarse como debidas a que el yacimiento de Arroyo Trujillo estaba situado en una zona más

protegida que el de Cacela, con lo que se explicaría su menor rango en el ciclo anual de temperatura. Sin embargo, las diferencias de la señal isotópica del Oxígeno se refieren sobre todo a que el bivalvo de Cacela alcanza valores isotópicos más ligeros (hasta -0,84  $\delta^{18}\text{O}$ ) que el de Arroyo Trujillo (el valor más ligero es -0,17  $\delta^{18}\text{O}$ ), es decir, veranos más cálidos en Cacela (mar abierto) que en Arroyo Trujillo (ambiente más protegido). Una explicación alternativa puede referirse a una leve (ya que la asociación malacológica no detecta salinidades anormales) influencia de la salinidad. En el bivalvo de Arroyo Trujillo, situado en ambiente más protegido, durante los meses más cálidos, la evaporación sería mayor, y esto haría incrementar el isótopo pesado en el agua, que compensaría en parte la señal más ligera debido a una temperatura mayor. Otra explicación puede deberse a una mayor influencia de aportes continentales en Cacela, que bajaría algo la salinidad y proporcionaría una señal isotópica del Oxígeno más ligera.

Los dos yacimientos se originaron en el Tortoniense superior, formando parte del cortejo transgresivo de una

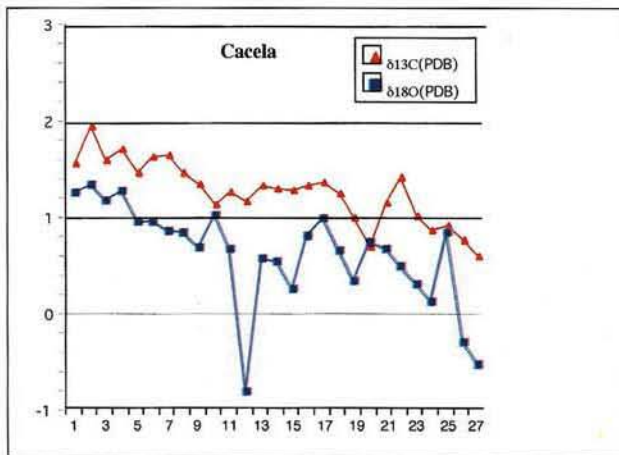


Fig. 3 - Perfiles isotópicos de *Megacardita jouanetti* del yacimiento de Cacela.

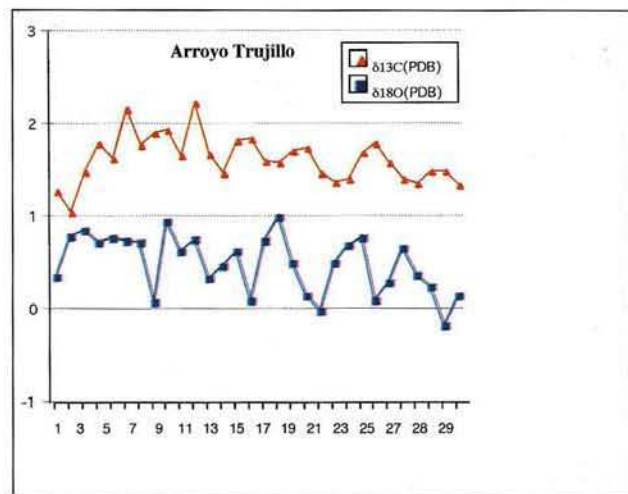


Fig. 4 - Perfiles isotópicos de *Megacardita jouanetti* del yacimiento de Arroyo Trujillo.

subida relativa del nivel del mar (ciclo 3.2) registrada en el Neógeno de la Cuenca del Guadalquivir, con lo que cabe suponer que el clima era cálido. Además ambos yacimientos contienen numerosos moluscos estenotermos cálidos (*Callista italica*, Terébridos, Olívidos). En un contexto de clima cálido, el rango anual de temperatura suele ser pequeño, lo cual corroboraría nuestros datos (aunque para el Luteciense cálido de la Cuenca de París, Andreasson & Schmitz (1996) registran con perfiles isotópicos de *Turritella* y *Venericardia* rangos anuales de 13-14°C).

En relación a los isótopos del Carbono, los dos perfiles obtenidos (Figs. 3, 4) reflejan poca ciclicidad intra-anual. Los valores isotópicos son en general algo más pesados en el ejemplar de Arroyo Trujillo que en el de Cacela: la media aritmética es de 1,62 y 1,24 respectivamente. El rango de valores del Carbono es similar en ambos bivalvos, si bien algo mayor en Cacela (1,35) que en Arroyo Trujillo (1,17).

Existe una moderada correlación entre la señal isotópica del Carbono y Oxígeno en el bivalvo de Cacela (coeficiente de correlación lineal  $r$  de Pearson de 0,68), y muy baja en el de Arroyo Trujillo:  $r = 0,13$

La interpretación de los resultados isotópicos del Carbono es problemática dado que existen muchos factores que influyen en la señal isotópica, unos compensando las diferencias de otros (Wefer & Berger, 1991; Andreasson & Schmitz, 1996). Los valores algo más ligeros registrados en el ejemplar de Cacela quizás pueden estar relacionados con una mayor influencia de aportes continentales que en Arroyo Trujillo. El yacimiento de Cacela comienza litológicamente con conglomerados basales discordantes

sobre el Triás, ricos en Moluscos, lo que sugiere también una cierta proximalidad al continente, mientras que el del Arroyo Trujillo está situado en una posición algo más offshore.

## CONCLUSION

Los 57 análisis de isótopos estables de C y O realizados sobre 2 ejemplares del bivalvo *Megacardita jouanetti* del Tortoniense superior de los yacimientos de Arroyo Trujillo y Cacela reflejan variaciones estacionales de la señal isotópica, sobre todo la correspondiente al Oxígeno del ejemplar de Arroyo Trujillo. En un paleoambiente de temperatura cálida, se concluye que la media anual de la temperatura de las aguas en las que vivieron ambos bivalvos era similar en ambos yacimientos, y las variaciones de temperatura estacionales fueron pequeñas. Estas variaciones estacionales de temperatura probablemente fueron mayores en Cacela (2,158, equivalente a unos 9°C), que en Arroyo Trujillo (1,178, equivalentes a unos 5°C), o existieron pequeñas diferencias en la salinidad de ambos yacimientos (salinidad algo inferior en Cacela) que produjeron las diferencias en la señal isotópica.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Proyecto PB96-1319 de la DGES (Ministerio de Educación y Cultura).

**BIBLIOGRAFÍA**

- Andreasson, F.P. & Schmitz, B. (1996) - Winter and summer temperatures of the early middle Eocene of France from *Turritella*  $\delta^{18}\text{O}$  profiles. *Geology*, 24: 1067-1070.
- Bailey, G.N.; Deith, M.R. & Shackleton, N.J. (1983) - Oxygen isotope analysis and seasonality determinations: limits and potential of a new technique. *Amer. Antiquity*, 48: 390-398.
- Cornu, S.; Pätzold, J.; Bard, E.; Meco, J. & Cuerda, J. (1993) - Paleotemperature of the last interglacial period based on  $\delta^{18}\text{O}$  of *Strombus bubonius* from the western Mediterranean Sea. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 103: 1-20.
- González Delgado, J.A.; Andrés, I. & Sierro, F.J. (1995) - Late Neogene Molluscan faunas from the NE Atlantic (Portugal, Spain, Morocco). *Geobios* 28: 459-471.
- González Delgado, J.A.; Zazo, C.; Goñ, J.L.; Hoyos, M.; Civis, J. & Dabrio, C.J. (1998) - Variaciones estacionales en *Strombus bubonius* cuaternarios de Fuerteventura (Islas Canarias) a partir de perfiles de isótopos estables de C y O. *Res. Com. XIV Jorn. Paleontología*, La Laguna: 89-92.
- Haq, B.U.; Hardenbol, J. & Vail, P.R. (1987) - Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: 1156-1167.
- Krantz, D.E.; Williams, D.F. & Jones, D.S. (1987) - Ecological and paleoenvironmental information using stable isotope profiles from living and fossil molluscs. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* 58: 249-266.
- Rye, D.M. & Sommer, M.A. (1980) - Reconstructing paleotemperature and paleosalinity regimes with oxygen isotopes. In Rhoads & Lutz (eds.) - *Skel. growth aquat. org.* Plenum Press: 295-322.
- Sierro, F.J.; González Delgado, J.A.; Dabrio, C.J.; Flores, J.A. & Civis, J. (1996) - Late Neogene depositional sequences in the foreland basin of Guadalquivir (SW Spain). In P.F.Friend & C.J.Dabrio (eds.) - *Tertiary basins of Spain*. Cambridge Univ. Press: 339-345.
- Stevens, K.F. & Vella, P. (1981) - Palaeoclimatic interpretation of stable isotope ratios in Molluscan fossils from Middle Pleistocene marine strata, Wanganui, New Zealand. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 34: 257-265.
- Taylor, J.D., Kennedy, W.J. & Hall, A. (1973) - The shell structure and mineralogy of the Bivalvia II. *Bull. British Mus.Nat.Hist* 22: 255-294.
- Wefer, G., & Berger, W.H. (1991) - Isotope paleontology: growth and composition of extant calcareous species. *Mar. Geology*, 100: 207-248.