

# Dinámica superficial en la Ría de Vigo durante los últimos 3000 años puesta de manifiesto a través de los coccolitofóridos y biomarcadores

M. C. Álvarez <sup>(1)</sup>, J.A. Flores <sup>(1)</sup>, F.J. Sierro <sup>(1)</sup>, P. Diz <sup>(2)</sup>, G. Francés <sup>(2)</sup>, C. Pelejero <sup>(3)</sup> y J. Grimalt <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca.

<sup>(2)</sup> Departamento de Geociencias Maríñas e Ordenación do Territorio, Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo, 36200 Vigo.

<sup>(3)</sup> Departamento de Química Ambiental (ICER-CSIC), Jordi Girona 18, 08034 Barcelona.

## ABSTRACT

We identified three coccolithophores assemblages in core VIR-18, in the Ría de Vigo. We will use these assemblages together with other biogeochemical data to make paleoenvironmental interpretations about this area and thus determine fluctuations between marine and continental influences over the last 3000 years.

**Key words:** Ría de Vigo, coccolitofóridos, biomarcadores moleculares, surgencia, NAO (North Atlantic Oscillation).

Geogaceta, 32 (2002), 207-210

ISSN:0213683X

## Introducción y Marco Oceanográfico

Una definición "clásica" de ría es: "valle fluvial que ha sido invadido por el mar" (Derruau, 1983). La inundación de ese sector puede deberse a la actuación conjunta de factores tectónicos, cambios del nivel del mar y subsidencia. El resultado de todo esto es un sistema complejo en el que están implicados e interaccionan, tanto el océano como el río así como áreas adyacentes.

La Ría de Vigo, situada en el extremo septentrional atlántico de la Península Ibérica, se encuentra afectada por el modelo de circulación del Agua Noratlántica del Este (ENAW) (Fig. 1). En su interior se desarrolla una circulación de tipo estuarino controlada fundamentalmente por las corrientes mareales de flujo y reflujo (García-Gil *et al.*, 1995). La dirección de los vientos dominantes en esta zona viene determinada por la posición del anticiclón de las Azores. Cuando los vientos predominantes soplan del norte el efecto de Ekman da lugar a un fenómeno de surgencia. Cuando la dirección de los vientos dominantes cambia y pasan a soplar desde el sur, la circulación estuarina queda interrumpida y su conexión con el océano es nula o muy restringida. El verdadero control de la circulación estuarina lo ejerce la surgencia y en menor medida

el escaso caudal fluvial. De este modo, es el agua subsuperficial, aportada por la surgencia, la que fertiliza la Ría. Así mismo, la mezcla de las aguas también se ve favorecida por la surgencia, y cuando esta se debilita, la estratificación se ve incrementada (García-Gil *et al.*, 1995).

La ría de Vigo es una zona de alta productividad donde, entre otros elementos del fitoplancton, abundan los coccolitofóridos en la parte superior de la columna de agua. El estudio micropaleontológico de estos organismos y la respuesta de sus asociaciones a los cambios ambientales, nos permitirá analizar la dinámica superficial de la columna de agua así como reconstruir las variaciones que se han dado en la circulación entre la Ría y el océano durante los últimos 3000 años.

## Material y métodos

El estudio se realiza sobre el material obtenido del testigo Vir-18, recuperado de la parte central de la ría de Vigo (42°14.07N, 8°47.37W). Fue recogido a 45 m de profundidad y tiene una longitud de 380 cm (Fig. 1).

### a) Modelo de edad

En este trabajo se utiliza el modelo de edad determinado por Diz *et al.*, (2002) mediante análisis de radiocarbono en dos

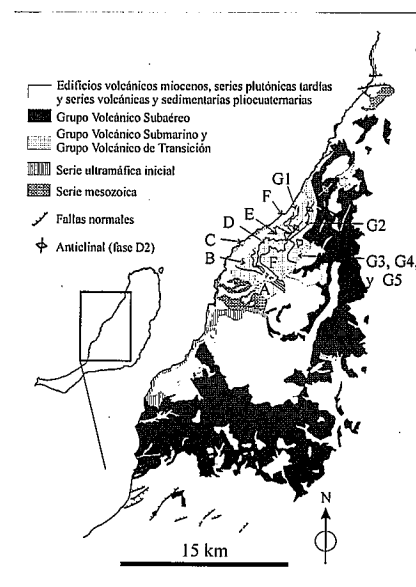


Fig. 1.- Localización del testigo VIR-18 y esquema de circulación del Agua Noratlántica del Este (ENAW). Modificado de Diz (1998).

Fig. 1.- Situation of core VIR-18 and general pattern of Eastern North Atlantic Water (ENAW). Modify from Diz (1998).

muestras a 227 y 380 cm de profundidad (Tabla 1). La tasa de sedimentación estimada es de 2.18 mm/año para la parte más superficial y 0.81 mm/año para la más profunda.

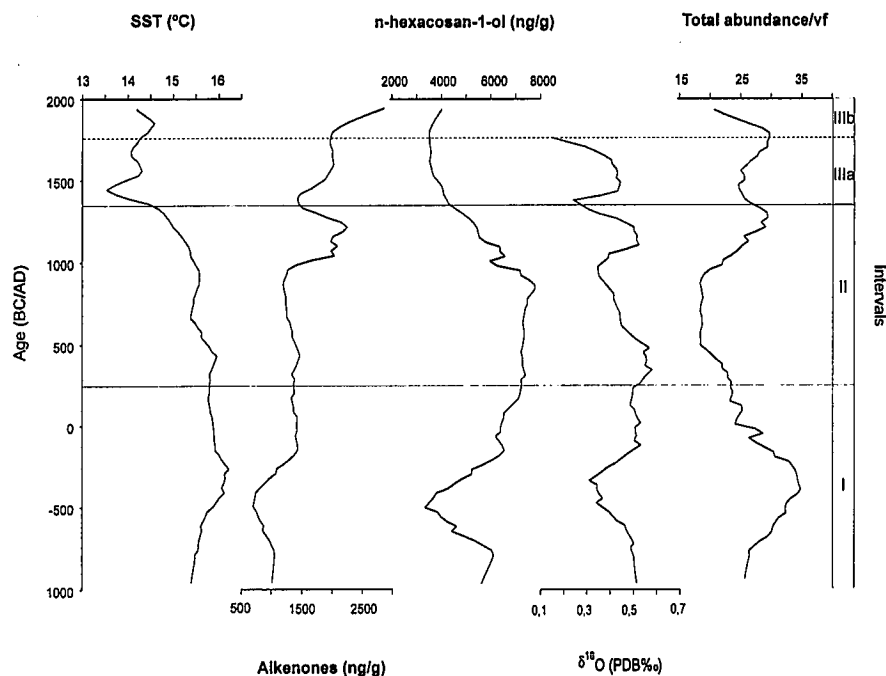


Fig. 2.- Datos de paleotemperatura, concentración de biomarcadores moleculares, isótopos de oxígeno y abundancia total de cocolitofóridos (cocolitos por campo visual, x1250) respecto a la edad (años BC/AD).

Fig. 2.- Paleotemperatre, molecular biomarkers concentration, oxygen isotopes and coccolittophores (coccoliths per visual field, x1250) total abundance vs. age (years BC/AD).

Lab. Number	Sample number	Radiocarbon date (years BP)	Calibrated date (years BC/AD)	Calibrated age (años BP)
UIC-5956	VIR-18 226-228 cm	1502±27	881 (902) 946 years AD	1069 (1048) 1004 years BP
UIC-5957	VIR-18 380 cm	3151±32	1010 (976) 9235 years BC	2959 (2925) 1872 years BP

Tabla I.- Modelo de edad obtenido mediante radiocarbono. Modificado de Diz (2000)

Table I.- Age model based on <sup>14</sup>C. Modify from Diz (2000).

b) Técnicas

La preparación de láminas para el análisis de microscopio se realizó siguiendo el método propuesto por Flores y Siero (1997). Para el análisis cuantitativo se utilizó un microscopio petrográfico con 1250 aumentos y se observaron 500 individuos por placa. Se estudian un total de 72 muestras recogidas de forma sistemática cada 5 cm (33.7 años). Los resultados se exponen en términos porcentuales y de abundancia absoluta (Figs. 3 y 4)

Resultados

El testigo VIR-18 se caracteriza por una asociación micropaleontológica de ocho

taxones (Figs.6 y 6b). El grupo de *Gephyrocapsa* de pequeño tamaño o "Small *Gephyrocapsa*" (<3µm) con más de un 50% de abundancia junto con *Emiliania huxleyi* con un 27%, constituyen el conjunto dominante. El resto de taxones se encuentran entre un 1 y un 2% y solamente *Gephyrocapsa oceanica* llega a alcanzar entorno al 7% de abundancia (Fig. 3). *Calcidiscus leptoporus* y *Gephyrocapsa muelleriae* presentan su máximo de abundancia en la parte inferior del testigo (c.a. 975 años BC-252 años AD) (Fig. 4). Desde aquí hasta el techo la abundancia de ambas especies tiende a disminuir. *E. huxleyi* presenta una pauta similar a estas

dos, aunque con una abundancia notablemente mayor. "Small *Gephyrocapsa*" presenta dos máximos, uno en la parte basal y otro en la parte superficial y un gran mínimo en la parte central del testigo. En la parte central del testigo (c.a. 252-1368 años AD) *Coccolithus pelagicus*, *Helicosphaera carteri* y *Syracosphaera* spp., presentan sus máximos de abundancia. Primero domina el máximo de *C. pelagicus* que es sustituido por el de *H. carteri* y por último por el de *Syracosphaera* spp.. *G. oceanica* muestra un cambio en su tendencia y presenta los máximos valores de todo el testigo (c.a. 1368-1950 años AD) (Fig. 4).

El análisis de abundancia de cocolitos nos permite establecer una división del testigo en tres tramos. La abundancia de las especies *C. leptoporus* y *G. muelleriae* establece el primer tramo desde la base del testigo hasta los 280 cm (ca. 975 BC-252 AD), el dominio de *C. pelagicus*, *H. carteri* y *Syracosphaera* spp. define el segundo tramo entre los 280 cm y los 125 cm (ca. 252-1368 AD) y la abundancia de *G. oceanica* el tercer tramo, 125 cm hasta el techo (ca. 1368 AD-actualidad).

Discusión y conclusiones

a) Tramo I: base-280 cm (ca. 975 años BC-252 años AD)

Definido por la abundancia de *C. leptoporus* y *G. muelleriae* (Fig. 4). *C. leptoporus* es una especie tropical que se desarrolla entre los 20 y 30°C y en condiciones oligotróficas (Giraudeau y Rogers, 1994). *G. muelleriae* es una especie característica de aguas frías atlánticas (Flores et al., 1997), identificada como el morfotipo GC (*Gephyrocapsa* Cold) (Bollman, 1997), asociada a aguas subárticas de temperaturas medias inferiores a 20°C y moderadamente productivas. Por lo tanto el ambiente que definen estas especies es bien diferente.

Diz et al. (2002) observan, para este mismo testigo, una presencia importante del foraminífero bentónico *Ammonia beccarii* desde ca. 975 BC hasta 1000 AD que puede tomarse como una evidencia de que el ambiente marino estaba cambiando principalmente debido a los frecuentes cambios de salinidad puestos de manifiesto por la variabilidad en δ<sup>18</sup>O (Fig. 2). Desprat (2001), mediante flujos polínicos, define también en este mismo testigo un periodo frío (ca. 1000-250 años BC). Este periodo frío detectado en Galicia es contemporáneo con el episodio frío del comienzo del periodo Subatlántico (ca. 850 BC-450 AD) registrado en el norte de Europa (van Geel et al., 1996).

Interpretamos este tramo como un periodo de transición entre el final de un periodo más cálido "Hipsitérmico" (Esposito, 1999), y el comienzo de otro posterior más frío y húmedo respecto al anterior (van Geel et al., 1996). Tal consideración como periodo de tránsito también ha sido tenida en cuenta por Martínez-Cortizas *et al.* (1999).

b) Tramo II: 280-125 cm (ca. 252-1368 años AD).

El dominio de *C. pelagicus*, *H. carteri* y *Syracosphaera* spp. define el segundo intervalo, aunque son los datos de *C. pelagicus* los que muestran una información más significativa.

*C. pelagicus* es una especie de aguas frías (McIntyre y Bé, 1967; Okada y McIntyre, 1979), aunque otros factores como la disponibilidad regular de nutrientes y una moderada turbulencia influyen en su completo desarrollo (Cachão, 1995).

Durante este intervalo se observa una importante contribución de carbono orgánico de procedencia terrestre (hexacosanol) a los sedimentos (Diz *et al.*, 2002). Comparando las curvas de la especie *C. pelagicus* y la del hexacosanol, se encuentra una relación directa entre ambas (Fig. 5) y por lo tanto el aporte de origen terrestre es máximo durante el intervalo 252-1059 años AD. Este aporte, que tendría un origen fluvial a través de los ríos que descargan en la ría de Vigo, serviría de explicación, como dilución indirecta, a la bajada que muestra la curva de abundancia total de coccolitos durante este tiempo (Fig. 2). La curva de precipitaciones de Desprat (2001) muestra durante este periodo (cal 450-950 AD) un ligero aumento alcanzando un máximo coincidente con los máximos valores de hexacosanol, compuesto procedente de plantas superiores. Martínez-Cortizas (1999) alude igualmente a un periodo lluvioso para el NO de España en el intervalo 0-500 años AD.

c) Tramo III: 125 cm-techo (ca.1368-1950 años AD)

En este intervalo *G. oceanica* muestra un incremento muy notable en su abundancia (Fig. 4).

*G. oceanica* es abundante en áreas de surgencia y se ve favorecida en su desarrollo por la abundancia de nutrientes, mientras que las aguas estratificadas lo inhiben (Winter *et al.*, 1982).

Las alquenonas alcanzan una alta concentración durante los últimos 1000 años indicando un fuerte aporte de origen marino (Diz *et al.*, 2002). En este periodo los vientos predominantes soplan desde el norte (Goy *et al.*, 1996) lo que favorece el desarrollo de la surgencia existente en la

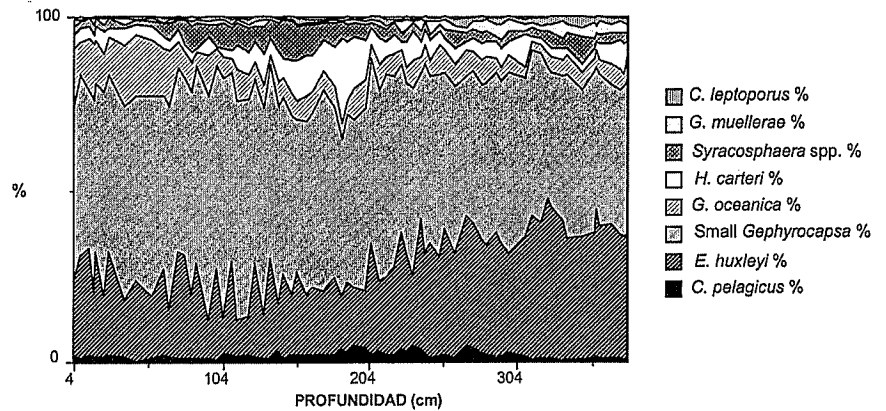


Fig. 3.- Porcentaje de los taxones de coccolitofóridos más característicos en el testigo VIR-18

Fig. 3.- Percentage of significant coccolithophores taxa in core VIR-18.

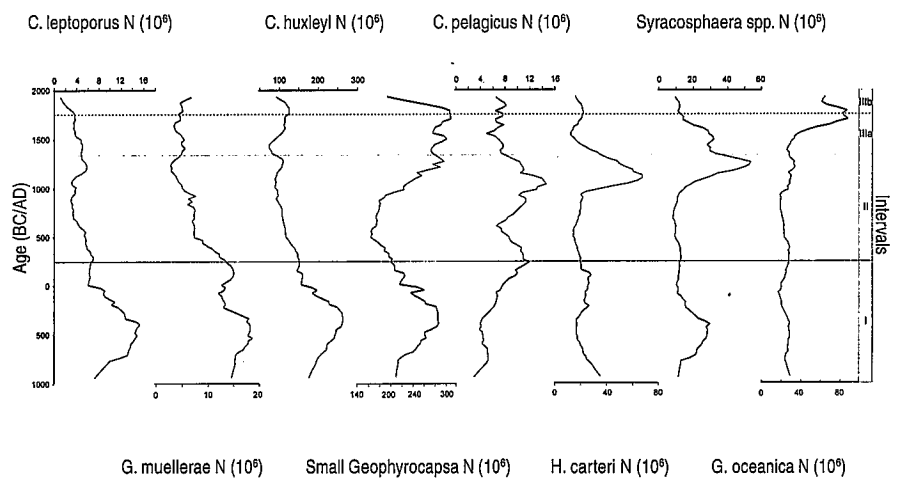


Fig. 4.- Número de coccolitos por cm² y Ka (N) de los taxones más significativos registrados en el testigo VIR-18.

Fig. 4.- Number of coccoliths per cm² and Kyr (N) of the most significant taxa identified in VIR-18.

boca de la Ría y la bajada de temperaturas entre los 1450-1500 años AD (Fig.2).

Por lo tanto se define este tramo como dominado por la influencia oceánica incrementándose el intercambio de aguas entre la Ría y el mar abierto como también indicaron Diz *et al.* (2002).

Teniendo en cuenta la dinámica oceánico-atmosférica que en el Atlántico Norte está controlada por la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) (Hurrell, 1995) consideramos que el Tramo II se correspondería con una situación de NAO (negativa) en la que existen aportes continentales, un incremento de la pluviosidad y comunicación restringida con el océano. El Tramo III se caracterizaría por un do-

minio de NAO (positiva) produciéndose un restablecimiento de la comunicación y una reactivación de la surgencia.

Referencias

Bollmann, J., (1997): *Marine Micropaleontology*, 29, 319-350.  
 Cachão, M., (1995): Problemática de *Coccolithus pelagicus*. En Utilização de Nanofósseis Calcários em Bioestratigrafia, Paleoceanografia e Paleocologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 291-332.  
 Derruau, M., (1983): Geomorfología. Ariel Geografía. 542 p.  
 Desprat S., (2001): Réponse continentale

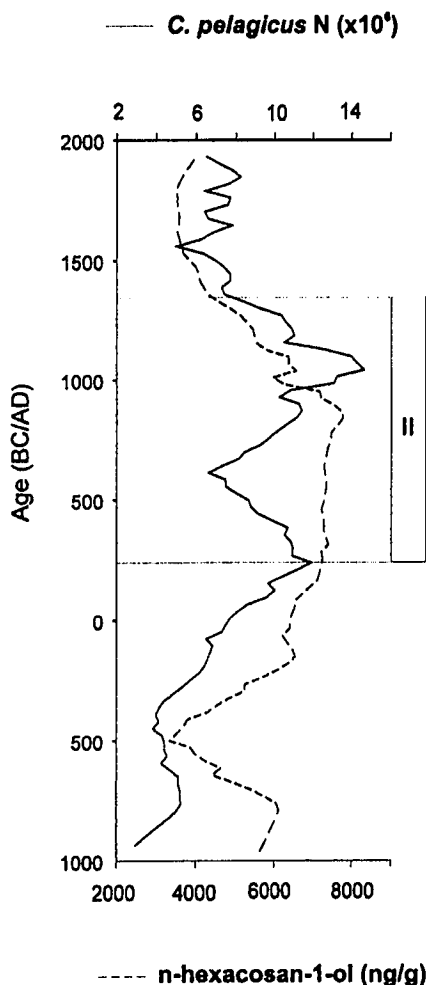


Fig. 5.- Número de coccolitos po cm<sup>2</sup> y Ka (N) de la especie *Coccolithus pelagicus* frente al biomarcador molecular hexacosanol.

Fig. 5.- Number of coccoliths per cm<sup>2</sup> and Kyr (N) of *Coccolithus pelagicus* vs. hexacosanol (ng/g).

aux changements climatiques des derniers 3000 ans dans les latitudes moyennes de l'Atlantique Nord: Analyse pollinique des sédiments marins de la Ría de Vigo (Nord Ouest de la Péninsule Ibérique). Rapport de DEA. Université Bordeaux I. 29 p.  
 Diz, P., Francés, G., Pelejero, C., Grimalt, J.O., Vilas, F., (2002): *The Holocen*, 12, 383-392.  
 Esposito, P., (1999): Le associazioni a Nanofossili Calcarei del Pleistocene Supe-

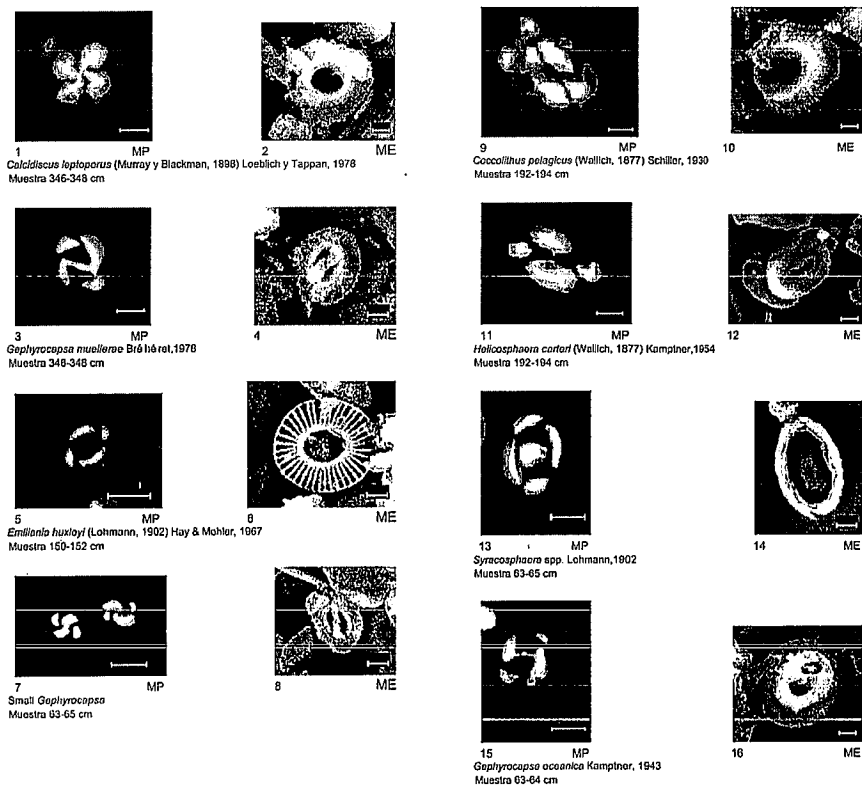


Fig. 6a.- Fotografías de taxones más característicos que constituyen la asociación de coccolitoforales, al microscopio petrográfico (MP, nicoles cruzados, escala gráfica = 2µm) y al microscopio electrónico (ME, escala gráfica = 1µm).

Fig. 6a.- Ligth microscope (LM, crossed nichols, graphic scale = 2µm) and scanning electron microscope (SEM, graphic scale = 1 µm).

riore-Olocene dei Golfi di Gaeta, Pozzuoli e Salerno (Mar Tirreno). Biocronologia e ricostruzione Paleoclimatica. Tesi di Dottorato. Università Degli Studi di Napoli "Federico II". 153 p.  
 Flores, J.A., Sierro, F.J., (1997): *Micro-paleontology*, 43 (3), 321-324.  
 Flores, J.A., Sierro, F.J., Francés, G., Vázquez, A., Zamarréño, I., (1997): *Marine Micropaleontology*, 29, 351-366.  
 García-Gil, S., Francés, G., García-García, A., Diz, P., Vilas, F., (1997): *Simpósio sobre el margen continental Ibérico Atlántico*, Cádiz, Sept. Volumen de resúmenes, 141-142.  
 Giraudeau, J., Rogers, J., (1994): *Micropaleontology*, 40 (3), 275-285.

Goy, J.L., Zazo, C., Dabrio, C.J., Lario, J., Borja, F., Sierro, F.J., Flores, J.A., (1996): *Quaternary Science Reviews* 15, 773-780.  
 Hurrell, J.W., (1995): *Science*, 269, 676-679.  
 McIntyre, A., Bé, A.W.H., (1967): *Deep-Sea Research*, 14, 561-597.  
 Martínez-Cortizas, A., Valcarcel, M., Pérez-Alberti, A., Castillo, F., Blanco, R., (1999a): *Science*, 284, 939-942.  
 Okada, H., McIntyre, A., (1979): *Marine Biology*, 54, 319-328.  
 Van Geel, B., Buurman, J., Waterbolk, H.T., (1996): *Journal Quaternary Sciences*, 11(6), 451-460  
 Winter, A., (1982): *Revista Española de Micropaleontología*, 14, 291-314.