

Análisis de un nuevo registro micropaleontológico en el margen meridional del archipiélago de las Svalbard (océano Ártico): resultados preliminares e implicaciones paleoceanográficas

Analysis of a new micropalaeontological record from the southern margin of the Svalbard Archipelago (Arctic Ocean): preliminary results and palaeoceanographic implications

Elena Colmenero Hidalgo ⁽¹⁾, Andrés S. Rigual Hernández ⁽¹⁾, Renata G. Lucchi ⁽²⁾, M^a Ángeles Bárcena ⁽¹⁾, Francisco J. Sierro ⁽¹⁾, José-Abel Flores ⁽¹⁾, Anne de Vernal ⁽⁴⁾ y Angelo Camerlenghi ^(3,2)

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, España. elecolme@usal.es; arigual@usal.es; mbarcelona@usal.es; sierro@usal.es; flores@usal.es.

⁽²⁾ GRC Geociències Marines, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, España. rglucchi@ub.edu; acamerlenghi@ub.edu

⁽³⁾ ICREA, Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats.

⁽⁴⁾ GEOTOP-UQAM, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canadá. devernal.anne@uqam.ca

ABSTRACT

Preliminary results of micropalaeontological analyses carried on samples from a sediment core recovered in summer 2007 in the Storfjorden area (SW Svalbard margin, Arctic Ocean) reveal changes in the concentrations of coccolithophores, diatoms and dinocysts. The larger shifts seem to be linked to the increase in the strength of the Atlantic-sourced, warm Western Spitsbergen Current and the retreat of the Barents Sea Ice Sheet at the onset of the Last Deglaciation and during the Holocene.

Key words: Coccolithophores, diatoms, dinocysts, S Svalbard, Western Spitsbergen Current, deglaciation, Holocene

Geogaceta, 46 (2009), 91-94
ISSN: 0213683X

Introducción

El proyecto SVAIS tiene como objetivo principal comprender la evolución de los márgenes continentales influidos por procesos de glaciación y su relación con los cambios en la dinámica de los casquetes de hielo inducida por variaciones climáticas. Para ello, en agosto de 2007 se realizó una campaña oceanográfica de geofísica y recuperación de testigos oceánicos en un sistema deposicional marino que, durante el último periodo glacial, estuvo dominado por la acción de una corriente de hielo. Los datos obtenidos servirán para definir su arquitectura sedimentaria y morfología, además de obtener un registro de la evolución de las condiciones glaciales en la zona (Camerlenghi *et al.*, 2007).

El área del Storfjorden, al sur del archipiélago de Svalbard (Noruega), fue seleccionada para este propósito por haber sido una de las principales vías de salida del hielo acumulado en el casquete desarrollado sobre lo que hoy es el mar de Barents. Los frentes de estas "corrientes

de hielo" sufrieron constantes avances y retrocesos durante la última deglaciación que parecen haber estado estrechamente relacionados con las variaciones en la intensidad de la Corriente del Oeste de Spitsbergen (WSC, relativamente cálida) (Martrat *et al.*, 2003; Rasmussen *et al.*, 2007) (Fig. 1). Por lo tanto, el registro sedimentario del margen continental en esta zona ha de contener evidencias que permitan reconstruir la evolución del casquete de hielo del mar de Barents y la influencia de las corrientes oceánicas.

Con este fin, se eligió estudiar los indicadores micropaleontológicos contenidos en los sedimentos de la zona. Los análisis de microfósiles proporcionan datos biostratigráficos y permiten la correlación entre testigos, además de proporcionar un registro paleoceanográfico de la zona e incrementar el conocimiento que se tiene de la distribución de los diversos grupos de microorganismos en altas latitudes, zonas de las que se dispone de muy pocos datos. Los grupos estudiados en este trabajo - coccolitóforos, diatomeas y quistes de dinoflagelados de

pared orgánica (dinoquistes)- forman parte del fitoplancton. En los tres casos, la concentración total y la distribución de los distintos taxones depende de factores ambientales tales como la temperatura, salinidad, cubierta de hielo, luz, contenido en nutrientes, etc de las masas de agua en las que viven, por lo que las variaciones en las asociaciones fósiles representan cambios en las características de las corrientes oceánicas ocurridos en el pasado.

Marco oceanográfico y geológico

El Storfjorden es un ancho fiordo localizado entre las islas de Spitsbergen (al W) y Barentsøya y Edgeøya (al E), que se abre y se hace más profundo hacia el SW, en donde conecta con el borde de la plataforma continental. En su boca se ha desarrollado un abanico submarino de dimensiones considerables, en cuya zona más profunda y distal se recuperó el testigo SVAIS04 (Fig. 1).

El área del Storfjorden está influida hoy en día por la circulación superficial

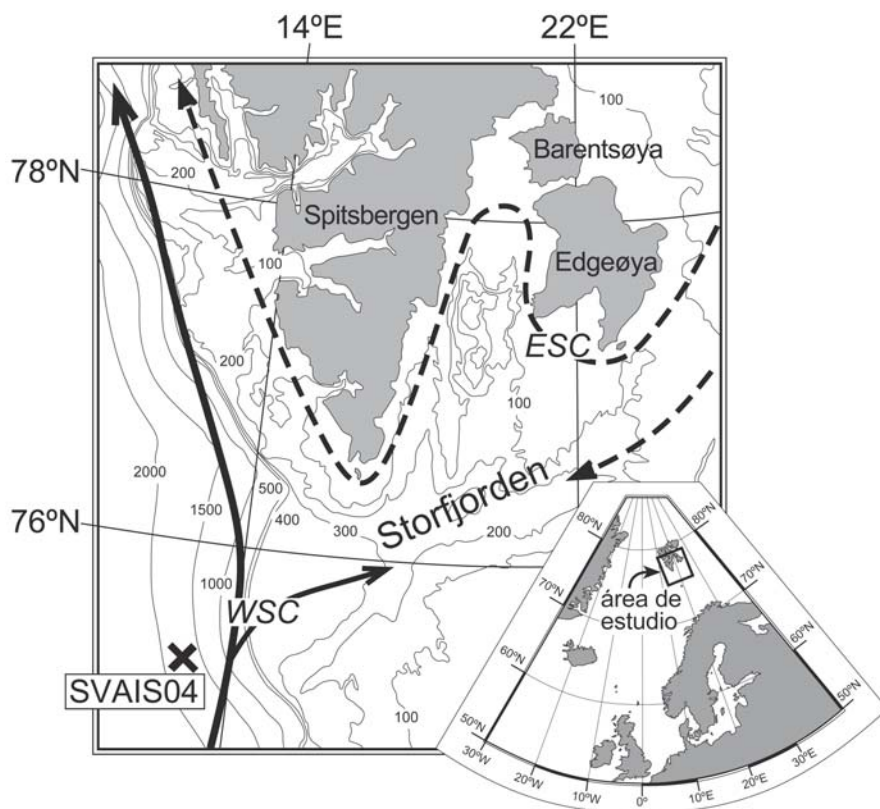


Fig.- 1.- Área de estudio y principales corrientes superficiales (WSC: Corriente del oeste de Spitsbergen; ESC: Corriente del este de Spitsbergen). La localización del testigo SVAIS04 está marcada con una X. Profundidades en metros.

Fig.- 1.- Studied area and main surface currents (WSC: West Spitsbergen Current; ESC: East Spitsbergen Current). The location of core SVAIS04 is marked with an X. Depths in metres.

de dos masas de agua bien diferenciadas. Por un lado, la WSC (aguas atlánticas), de temperaturas y salinidades moderadas, fluye de sur a norte hacia el océano Ártico a lo largo del talud continental. Por el otro, la Corriente del Este de Spitsbergen (ESC, aguas árticas), de bajas temperaturas y salinidades, recorre todo el margen oriental y meridional del archipiélago desde el océano Ártico hasta las costas occidentales de la isla de Spitsbergen. Las grandes diferencias entre ambas corrientes hacen que se defina un frente de mezcla (el frente Ártico). El área dominada por la WSC puede llegar a estar libre de hielos incluso durante el invierno, mientras que, simultáneamente, el dominio de la ESC es bloqueado por la banquisa.

Materiales y métodos

El testigo de pistón SVAIS04 (74° 57,425' N, 13° 53,972' E) fue recuperado por el buque español *BIO Hespérides* a una profundidad de columna de agua de 1839 m (Fig. 1). Con una longitud total de 303 cm, consta de una capa superior de fangos bioturbados, una segunda capa de fangos ligeramente laminados, un ter-

cer tramo sin estructuras y con fragmentos de rocas transportadas por icebergs, y una capa inferior de fangos y arenas laminados (Fig. 2).

El análisis micropaleontológico se llevó a cabo mediante la preparación de 31 muestras para coccolitóforos y diatomeas y 60 para dinoquistes. El espaciado entre muestra y muestra fue de 10 cm para los 2 primeros grupos, y una alternancia de 4 y 6 cm para el tercer grupo. Las láminas para el examen de las asociaciones de coccolitóforos se prepararon conforme a la técnica de decantación de Flores y Sierro (1997), que permite obtener una distribución homogénea del sedimento y, por lo tanto, posibilita estimar concentraciones y flujos de partículas. Para diatomeas, se siguió una técnica de decantación similar precedida de varios pasos de ataque del sedimento con ácido clorhídrico y peróxido de oxígeno, seguidos de lavados y decantaciones. La preparación de láminas para el estudio de dinoquistes consistió en un tamizado de sedimento seco seguido de ataques con ácidos fluorhídrico y clorhídrico, una fase de lavados, un nuevo tamizado del material restante, y finalmente una concentra-

ción del material restante para proceder al preparado de la lámina.

Las tres series de muestras fueron estudiadas de manera cuantitativa y cualitativa con microscopios ópticos (400x/luz natural para dinoquistes, 1000x/luz natural para diatomeas y 1250x/nícoles cruzados para coccolitóforos). En coccolitóforos, aunque se procuró observar más de 500 individuos por lámina, en algunas de ellas las bajísimas abundancias obligaron a realizar recuentos más pequeños y, en determinados casos, las muestras se declararon azoicas tras la observación, con resultados negativos, de más de 30 campos visuales. En el estudio de diatomeas, se tomó como límite para declarar la muestra como azoica la ausencia de valvas en por lo menos 2 transeptos. Para el recuento de dinoquistes se estableció un mínimo de 300 individuos aunque en alguna muestra no se pudo alcanzar esa cifra a pesar de contar más de 1000 esporas de *Lycopodium* spp.

Resultados y discusión

Preservación

En el grupo de los coccolitóforos, el grado de preservación de los individuos observados es bueno, ya que no se aprecia disolución a gran escala que impida la identificación en taxones. Se ha observado disolución en el área central de coccolitos de *Coccolithus pelagicus*, confirmada con observaciones de microscopio electrónico. Sin embargo, como parece afectar únicamente al área central y no influye en las dimensiones de los coccolitos, su identificación es posible.

Las diatomeas y los dinoquistes no presentan problemas de disolución apreciables.

Concentraciones

El recuento de individuos ha permitido calcular la concentración total (abundancia absoluta) de cada grupo y observar sus oscilaciones a lo largo del testigo (Fig. 2). Los coccolitóforos presentan abundancias máximas a techo ($\sim 2,3 \times 10^9$ coccolitos/g), aunque decrecen rápidamente hasta los 5×10^8 coccolitos/g a los 30 cm. Vuelven a aumentar hasta cerca de los 10^9 coccolitos/g a los 40 cm, y se mantienen en este valor hasta los 85 cm, cuando vuelven a decrecer hasta desaparecer hacia los 150 cm. Aparecen de nuevo en los intervalos 170-210 cm y 240 cm - muro, pero su número es muy bajo.

Por su parte, las diatomeas presentan una distribución caracterizada por dos máximos cercanos a las 2×10^6 valvas/g centrados en 10 y 100 cm, mientras que

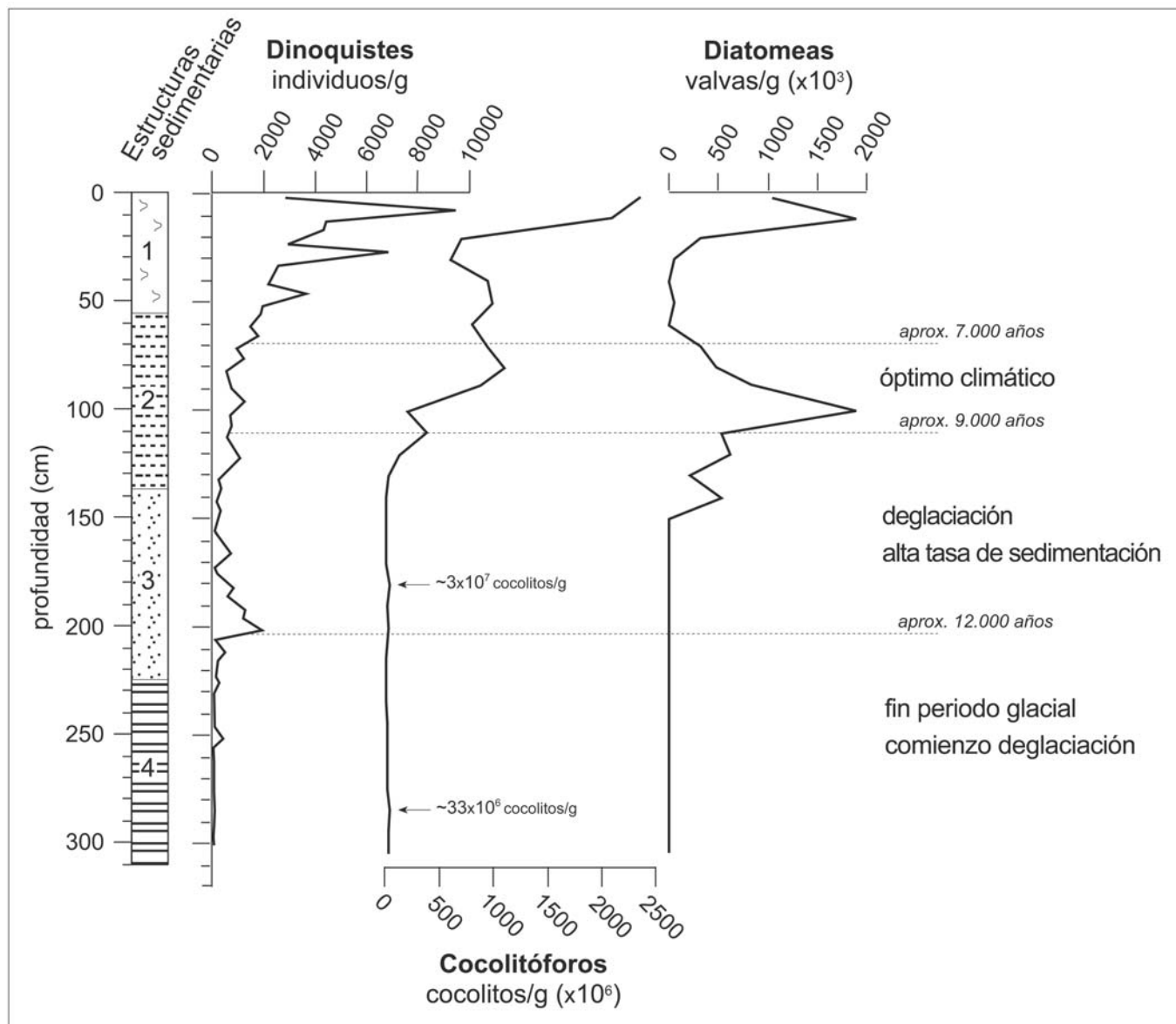


Fig. 2.- Tramos del testigo SVAIS04 en función de las facies sedimentarias, y concentraciones (abundancias absolutas) de dinocistas, coccolitóforos y diatomeas. Se indica la edad aproximada de los horizontes más significativos. Tramos: (1) fangos bioturbados; (2) fangos ligeramente laminados; (3) sedimentos sin estructuras y con fragmentos de roca dispersos; y (4) fangos y arenas laminados.

Fig. 2.- Lithologic units of core SVAIS04 according to the sedimentary facies, and concentrations (absolute abundances) of dinocysts, coccolithophores and diatoms. The approximate age of the most significant horizons is indicated. Units: (1) bioturbated fine sediments; (2) crudely laminated fine sediments; (3) structureless sediments with sparse rock fragments; and (4) laminated fine sediments with sandy layers.

en el resto de muestras las abundancias son mucho más bajas, siempre alrededor de las 5×10^5 valvas/g, e incluso son muy escasas en el intervalo entre 20 y 60 cm. Desaparecen por completo a partir de los 150 cm hasta el muro del testigo.

Por último, los dinocistas muestran un pico de concentración máxima a techo del testigo ($\sim 10^5$ quistes/g), seguido de otro pico de 7×10^4 quistes/g a los 30 cm, y de otro de $3,6 \times 10^4$ quistes/g a los 50 cm. La concentración no supera los 2×10^4 quistes/g entre los 50 y los 130 cm, y es muy baja entre los 130 y 160 cm. Vuelve a aumentar hasta $\sim 2 \times 10^4$ quistes/g a los 200 cm, tras lo cual dis-

minuyen de nuevo a valores casi nulos hasta el muro del testigo.

Aproximación a la edad de los materiales

La comparación de los registros de diatomeas y coccolitóforos-especialmente de sus máximos- con los de testigos recuperados en el mar de Noruega datados con ¹⁴C (Koç *et al.*, 1993; Andruseit y Baumann, 1998) permite proponer una edad deglaciación-Holoceno para los 200 cm superiores del testigo (Fig. 2). Los picos de diatomeas y coccolitóforos registrados entre los 70 y los 110 cm del SVAIS04 son similares a los observados en estos otros testigos entre los 9.000 y

7.000 años; este intervalo temporal coincide con la edad del óptimo climático en el área (Marchal *et al.*, 2002). Por otro lado, los pequeños picos de dinocistas y coccolitóforos entre los 180 y 200 cm pueden ser indicativos del comienzo de la deglaciación, ya que señales similares han sido datadas en 12.000 años (Baumann y Matthiessen, 1992). La escasa abundancia de dinoflagelados y la desaparición de los otros grupos de microfósiles en el tramo 180-140 cm podría ser indicativa de que, a pesar de estar en condiciones de mar abierto, se produjo una fuerte dilución de los materiales biogénicos por el aumento de la tasa de

sedimentación durante las primeras fases de la deglaciación, aunque no se puede descartar la existencia de un intervalo de disolución de sílice y de carbonato.

Interpretación paleoceanográfica preliminar

En base a este modelo de edad preliminar, las variaciones en las concentraciones de estos tres grupos de microfósiles parecen estar registrando los cambios oceanográficos y climáticos ocurridos durante los últimos 15.000 años aproximadamente. El final del periodo glacial y las fases más tempranas de la deglaciación estarían recogidas en el metro basal del testigo, caracterizándose por un alto aporte de terrígenos, y en donde los avances y retrocesos del frente del casquete de hielo estarían registrados mediante la alternancia de distintas litologías. La práctica ausencia de microfósiles en este intervalo podría estar causada por la combinación de dilución y de existencia de un ambiente muy severo, en el que la WSC apenas dejaría sentir su influencia (Rasmussen *et al.*, 2007).

A partir de los 12.000 años el aumento de las temperaturas (Marchal *et al.*, 2002; Martrat *et al.*, 2003), posiblemente causado por la mayor intensidad de la WSC (Rasmussen *et al.*, 2007), crea unas condiciones favorables para la vida de dinoflagelados y, en menor medida, de coccolitóforos. Sin embargo, el deshielo del casquete cercano durante este periodo pudo traer consigo el aumento de partículas terrígenas y rocas transportadas por icebergs, causando probablemente la dilución de la señal micropaleontológica. Por otro lado, la turbidez generada por este incremento de partículas en las aguas superficiales pudo perjudicar el desarrollo de los organismos fotosintéticos.

El final de la fase principal de la deglaciación a los 10.000 años trajo consigo el descenso de las partículas terrígenas. Por otro lado, la mayor fuerza y la somerización de la WSC (Rasmussen *et al.*, 2007) pudo activar el frente ártico y crear una zona de mezcla entre la WSC

y la ESC, incrementándose los nutrientes. Todos estos factores contribuyeron a crear las condiciones necesarias para el desarrollo de diatomeas y coccolitóforos. Estos grupos se reprodujeron en gran número a partir de los 9.000 años, cuando se registraron temperaturas más cálidas que en la actualidad (Koç *et al.*, 1993; Marchal *et al.*, 2002; Rasmussen *et al.*, 2007) durante un periodo de 2.000-3.000 años (óptimo climático).

El cambio de las condiciones ambientales tras el óptimo climático -reflejado en descensos de las concentraciones de diatomeas y coccolitóforos- es observado también en registros de paleotemperaturas de la zona (Marchal *et al.*, 2002; Rasmussen *et al.*, 2007).

Conclusiones

Los sedimentos recuperados contienen microfósiles en buen estado de preservación, que permiten la realización de estudios paleoecológicos y paleoceanográficos, y que parecen haber registrado aproximadamente los últimos 15.000 años.

La sedimentación de los tramos inferiores del testigo tuvo lugar durante las últimas etapas de la glaciación y las primeras fases de la deglaciación, y se caracterizó por un mayor aporte de material terrígeno. Tras la retirada del casquete del mar de Barents, la subida de las temperaturas propició el mayor desarrollo de los distintos grupos de organismos que, en el caso de coccolitóforos y diatomeas, se mantuvo en niveles altos durante el óptimo climático y descendió a mediados del Holoceno, mientras que el aumento de dinoflagelados fue gradual a lo largo de todo el Holoceno.

Agradecimientos

La consecución de esta investigación ha sido posible gracias a la financiación del proyecto SVAIS (POL2006-07390/CGL) en el marco de las actividades españolas del Año Polar Internacional, y a

la concesión de una beca predoctoral FPU a Andrés S. Rigual por el MEC. Los autores desean expresar su agradecimiento a los científicos de la Campaña SVAIS, así como a la tripulación técnica y militar del *BIO Hespérides*, y a J.I. Martín Cruz (USal) por su ayuda en la preparación de muestras. Los comentarios del Dr. F. Serrano (U. Málaga) han contribuido sustancialmente a la mejora de este manuscrito. Este estudio se enmarca dentro de las actividades de los proyectos Consolider-Ingenio GRACCIE (CSD2007-00067) y CGL2008-05560, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y del Grupo de Excelencia GR34 de la Junta de Castilla y León.

Referencias

- Andrulleit, H.A. y Baumann, K.-H. (1998). *Marine Micropaleontology*, 35, 179-201.
- Baumann, K.-H. y Matthiessen, J. (1992). *Marine Micropaleontology*, 20, 129-146.
- Camerlenghi, A. y tripulación científica de la Campaña SVAIS (2007). Cruise Report, 62 p.
- Flores, J.-A. y Sierro, F.J. (1997). *Micropaleontology*, 43, 321-324.
- Koç, N., Jansen, E. y Hafliðason, H. (1993). *Quaternary Science Reviews*, 12, 115-140.
- Marchal, O., Cacho, I., Stocker, T.F., Grimalt, J.O., Calvo, E., Martrat, B., Shackleton, N., Vautravers, M., Cortijo, E., van Kreveland, S., Andersson, C., Koç, N., Chapman, M., Saffi, L., Duplessy, J.-C., Sarnthein, M., Turon, J.-L., Duprat, J. y Jansen, E. (2002). *Quaternary Science Reviews*, 21, 455-483.
- Martrat, B., Grimalt, J.O., Villanueva, J., van Kreveland, S. y Sarnthein, M. (2003). *Organic Geochemistry*, 34, 1057-1070.
- Rasmussen, T.L., Thomsen, E., Slubowska, M.A., Jessen, S., Solheim, A. y Koç, N. (2007). *Quaternary Research*, 67, 100-114.