

# Reconstrucción de la posición del frente ártico a partir de las asociaciones de foraminíferos planctónicos durante los estadios isotópicos marinos 14, 15 y 16

*Arctic front reconstruction based on planktic foraminifer assemblages analyses for the marine isotope stages 14, 15 and 16*

Montserrat Alonso-García, Francisco Javier Sierra y José Abel Flores

Departamento de Geología (Área de Paleontología), Universidad de Salamanca, Pza. de la Merced s/n, 37008 Salamanca. montseag@usal.es, sierra@usal.es, flores@usal.es

## ABSTRACT

*Planktic foraminifer assemblages and lithic components from IODP core U1314 (northern North Atlantic) were studied with high resolution from marine isotope stage (MIS) 14 to 16 (~ 530-700 ka). This study aims to contribute to a better understanding of the mid-Pleistocene climate shifts. The record shows the evolution of the Arctic front and allows us to infer the relative position of the sea-ice edge. During MIS 16 Arctic front was south of the core location, while during MIS 14 the front was placed northward but near the core location, therefore stage 16 was colder than 14. Besides, during the interglacial stage 15, two brief cold substages were recorded showing that the Arctic front crossed again the core location area.*

**Key words:** *Planktic foraminifers, North Atlantic, Arctic front.*

*Geogaceta, 45 (2008), 79-82  
ISSN: 0213683X*

## Introducción

El Atlántico Norte y su interacción con el océano Ártico es una pieza clave a la hora de realizar reconstrucciones climáticas y oceanográficas de épocas pasadas. Su importancia radica en que en esta región se encuentra la mayor producción de aguas profundas y, por tanto, uno de los principales motores de la circulación termohalina. Ésta, no sólo transporta las masas de agua de un océano a otro, sino que transfiere calor, nutrientes, sales, oxígeno, etc. La mayor o menor extensión del hielo en el Hemisferio Norte hace que las condiciones oceanográficas en la zona más septentrional del Atlántico Norte sean muy diferentes durante periodos glaciales e interglaciales, produciendo cambios, también, en la circulación termohalina.

Para reconstruir la extensión de la banquisa de hielo pueden utilizarse diversas técnicas. En este trabajo hemos aplicado la técnica desarrollada por Johannessen *et al.* (1994), basada en el análisis de las abundancias de foraminíferos planctónicos, para inferir la posición del frente ártico durante los estadios 14, 15 y 16.

## Materiales y métodos

El testigo U1314 fue recuperado durante la campaña 306 de *Integrated Ocean Drilling Program* (IODP). Está situado en el Atlántico Norte, concretamente en la parte sur del Gardar Drift, a una latitud de 56° 21' N y una longitud de 27° 53' W (fig. 1). El testigo fue recogido a una profundidad de 2.820 m. El tramo estudiado comprende aproximadamente desde el metro 43 al 54.

El marco cronológico se realizó comparando la curva isotópica global definida por Lisiecki y Raymo (2005) con varios de los resultados obtenidos en nuestros estudios, como las abundancias de *Neogloboquadrina pachyderma* sinistrorsa (s) y de detritos transportados por hielo o *ice rafted debris* (IRD), así como con los registros existentes de paleomagnetismo y radiación gamma. La edad de las muestras analizadas en este trabajo corresponde a los estadios isotópicos marinos (MIS) 14, 15 y 16, aproximadamente un intervalo temporal desde 530 ka hasta 700 ka.

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos se estudiaron en la fracción mayor de 150 µm. La resolución

de los recuentos es alta, habiendo entre muestras un intervalo temporal de aproximadamente 1000 años. El cálculo de la resolución se realizó a partir de las tasas de sedimentación estimadas durante la campaña oceanográfica (Channell *et al.*, 2006). Para realizar los recuentos de las especies se dividió cada muestra en partes alícuotas hasta obtener una fracción de entre 300 y 500 individuos.

Además, se realizó un estudio de los componentes líticos que aparecen en las muestras, y también se hicieron recuentos del número total de radiolarios, ostrácodos y otros organismos que pudieran aparecer.

La fragmentación es baja durante todo el intervalo, lo cual implica que la disolución fue muy escasa. Por tanto, podemos decir que las asociaciones no están alteradas y pueden ser utilizadas para realizar reconstrucciones.

## Resultados

El análisis de las asociaciones de foraminíferos planctónicos y la cantidad de IRD (fig. 2) nos permite diferenciar los periodos interglaciales (MIS 15) de los glaciales (MIS 16 y 14). A

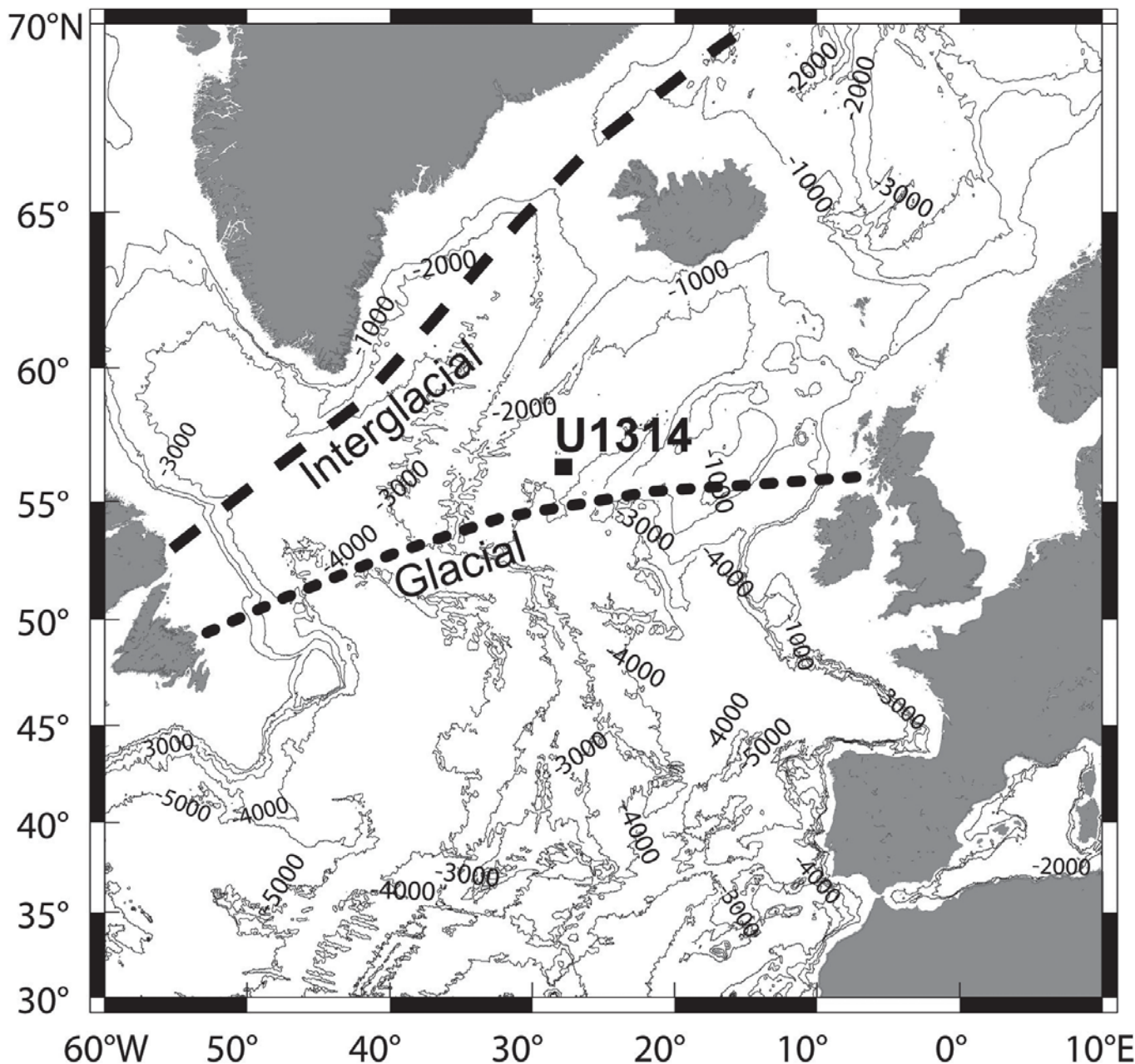


Fig. 1.- Situación geográfica del testigo estudiado, U1314. La línea de puntos indica la situación aproximada para el frente ártico durante los periodos glaciales y la línea discontinua indica la situación del mismo durante los interglaciales, según Wright y Flower (2002).

Fig. 1.- Geographic location of the studied site, U1314. Dotted line indicates, approximately, the location of the Arctic front during glacial times and the broken line shows the location of the front during the interglacials, based on Wright y Flower (2002).

continuación se describe brevemente la evolución a lo largo del tiempo que sufrieron las asociaciones, comenzando desde las muestras más antiguas.

Desde el metro 54 hasta el 50,2 se observa un claro dominio de la especie polar *N. pachyderma* (s), que acompañada de las altas cantidades de IRD registradas, definen el estadio glacial 16 (fig. 2). Éste presenta breves incursiones cálidas durante las cuales *Neogloboquadrina pachyderma* dextrorsa (d), *Globorotalia inflata*, y *Turborotalita quinqueloba* (fig. 3) proliferaron, pero sin llegar a alcanzar porcentajes muy altos.

El estadio 15, se extiende desde el metro 50,2 hasta el 45,5 aproximadamente. Se caracteriza por una escasa presencia de la especie polar, que cede el dominio a tres especies propias de aguas más cálidas, *N. pachyderma* (d), *G. inflata* y *Globigerina bulloides*. Estas tres especies sumadas pueden alcanzar hasta el 90 % de la asociación. Sin embargo, durante este periodo cálido se registran dos subestadios fríos (alrededor del metro 48,2 y del metro 47) en los que aumentó notablemente la abundancia de *N. pachyderma* (s) y también se observa un tímido aumento

en la cantidad de IRD. Inmediatamente después de estas incursiones frías aparecen altas cantidades de *T. quinqueloba*, especialmente en el intervalo 47,5-48 m.

Durante el estadio 14 (45,5-42,9 m) se registran de nuevo altas cantidades de IRD acompañadas de altos porcentajes de *N. pachyderma* (s) que indican un nuevo estadio glacial. Al inicio de la glaciación, alrededor del metro 45, presenta un subestadio más cálido en el que proliferan las especies cálidas, y también *T. quinqueloba*, por un corto espacio de tiempo.

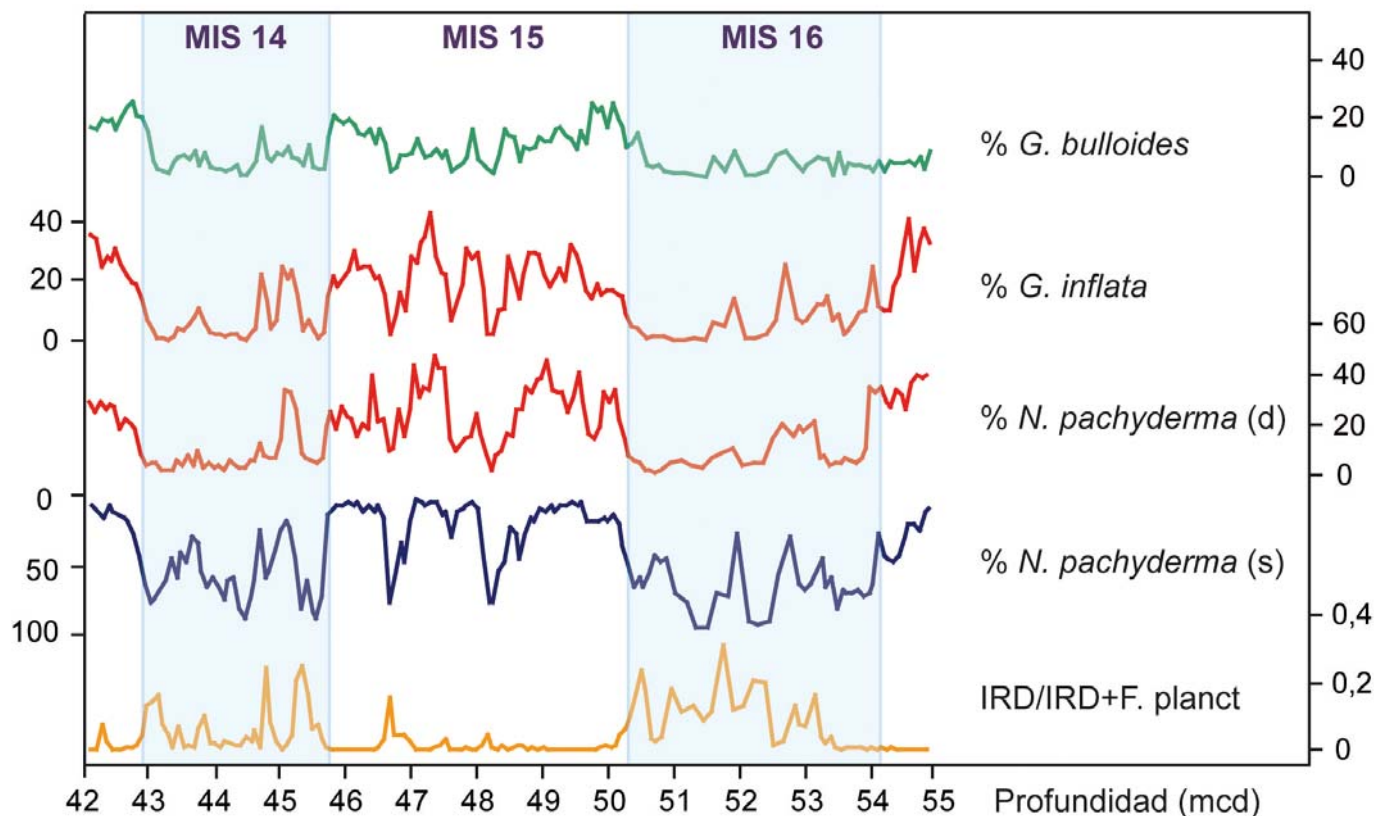


Fig. 2.- Abundancias de las principales especies a lo largo de los estadios 14, 15 y 16. De abajo a arriba, índice de acumulación de IRD, abundancia de *N. pachyderma* (s), abundancia de *N. pachyderma* (d), abundancia de *G. inflata*, abundancia de *G. bulloides*.

Fig. 2.- Abundance of the main species along stages 14, 15 and 16. From down to up, IRD accumulation index, *N. pachyderma* (s) percentage, *N. pachyderma* (d) percentage, *G. inflata* percentage, *G. bulloides* percentage.

**Reconstrucción del frente ártico**

El frente ártico es el límite entre las frías aguas del océano Ártico y las aguas templadas del Atlántico. Johannessen *et al.* (1994) caracterizaron el frente ártico por el cambio en el dominio entre la especie polar *N. pachyderma* (s) y la especie *T. quinqueloba* que habita en las aguas atlánticas cerca del límite de la banquisa de hielo. Altos porcentajes de *T. quinqueloba* indican que el frente estaba situado cerca de la posición del testigo, pero hacia el norte, de modo que el hielo no cubría la zona. Por el contrario, cuando la abundancia de *T. quinqueloba* disminuye, a la vez que aumenta *N. pachyderma* (s), nos indica que el frente ártico se situaba al sur del testigo y el hielo marino cubría la zona, al menos estacionalmente. Según Wright y Flower (2002) la posición del frente cambió a partir del estadio 16, situándose más al norte entre New Foundland e Irlanda durante los periodos glaciales, y desde la península del Labrador hasta el Mar de Groenlandia, pasando por el estrecho de Dinamarca, durante los interglaciales (fig. 1). En la

figura 3 se observa como el comportamiento de las especies *N. pachyderma* (s) y *T. quinqueloba* durante los periodos glaciales y los subestadios fríos es opuesto, indicando la posición del frente ártico.

Durante el estadio 16 el porcentaje de *T. quinqueloba* es relativamente bajo, indicando que el hielo marino cubría la zona, excepto en momentos puntuales (alrededor del metro 52 y del 53) donde se observa que el porcentaje de *N. pachyderma* (s) disminuye en detrimento de *T. quinqueloba* que aumenta ligeramente junto a otras especies cálidas. En estos pequeños lapsos de tiempo el frente ártico sufrió un retroceso aprovechado por las especies cálidas para proliferar. Sin embargo, en el intervalo 50,5-51 m se produce un aumento muy significativo de *T. quinqueloba*, superando el 50 %, y un ligero descenso de *N. pachyderma* (s). Durante este tiempo parece como si el frente ártico estuviera muy cerca del testigo, pero al tratarse del final de una glaciación, es más probable que ese aumento tan brusco de *T. quinqueloba* se deba a una continuada avenida de aguas frías de fusión procedentes del deshielo de la banquisa.

La misma situación se observa durante el primer subestadio frío del MIS 15, entre el metro 47,5 y 48. Después de un brusco enfriamiento, reflejado por las altas cantidades de la especie polar, y durante el cual la banquisa de hielo avanzó rápidamente, *N. pachyderma* (s) disminuye vertiginosamente dando paso a *T. quinqueloba* que de nuevo nos refleja la presencia de aguas de deshielo. Durante la mayor parte del estadio interglacial 15 la asociación muestra que las aguas cálidas de la corriente Noratlántica influyeron en la zona. Las abundancias de *N. pachyderma* (s) y *T. quinqueloba* son muy bajas, y el frente ártico debió situarse mucho más al norte, predominando en la zona las especies *N. pachyderma* (d), *G. inflata* y *G. bulloides*. Al final del estadio 15, se observa un aumento en la abundancia de *T. quinqueloba*, superando el 20 %, que, en este caso, posiblemente si se debe a la cercanía del frente ártico, ya que al aproximarnos a un periodo glacial el frente comienza a desplazarse hacia el sur.

El estadio 14 se caracteriza por una presencia notable y continua de *T.*

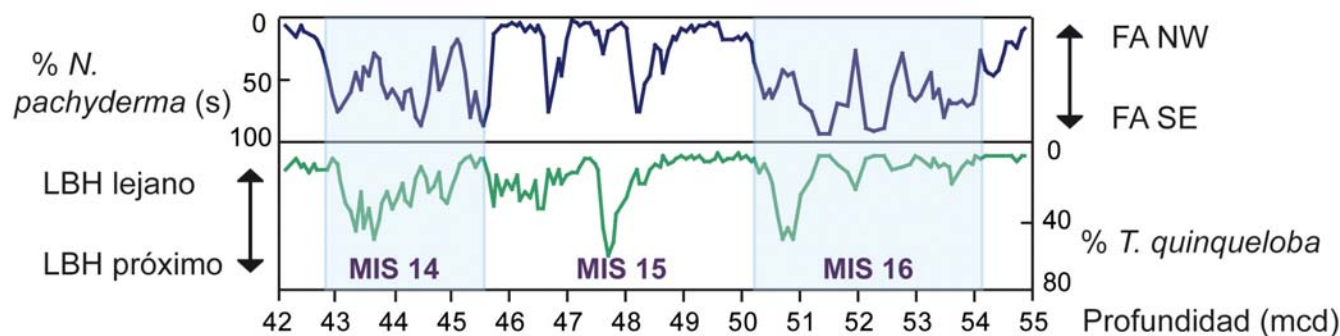


Fig. 3.- Comparación de las abundancias de *N. pachyderma* (s) y *T. quinqueloba* para situar el frente ártico (FA) y la proximidad del límite de la banquisa de hielo (LBH) respecto al testigo.

Fig. 3.- Comparison between *N. pachyderma* (s) and *T. quinqueloba* abundances in order to locate the Arctic front and to show the proximity of the sea ice edge to the core.

*quinqueloba* que va en aumento hacia el final del glacial. Esta presencia de *T. quinqueloba* indica que el frente ártico se mantuvo relativamente cerca de la zona donde se sitúa el testigo, fluctuando, pero casi siempre hacia el norte. Esto hace suponer que la banquisa de hielo no avanzó tanto como en el MIS 16 y, por tanto, el estadio 14 fue menos frío. Hacia el final de este estadio *T. quinqueloba* aumenta, alcanzando el 40 %, debido al aporte, de nuevo, de las aguas de deshielo, por el inicio del periodo interglacial.

Estos resultados son coherentes con la posición que proponen Wright y Flower (2002) para el frente ártico a partir del estadio 16.

### Conclusiones

El dominio de las especies cálidas frente a la especie polar y viceversa, además de la presencia de detritos transportados por hielo nos ha permitido definir la existencia de dos estadios fríos (16 y 14) y uno cálido (15), y de los distintos subestadios dentro de estos, en el intervalo de estudio.

Las abundancias opuestas de las especies *T. quinqueloba* y *N. pachyderma* (s) permiten la posibilidad de establecer la posición del frente ártico a lo largo del intervalo temporal estudiado. También podemos inferir la mayor o menor extensión de la banquisa de hielo y, asociado a ello, la intensidad de las glaciaciones. Así, concluimos que durante el MIS 16 el frente polar estaba situado al sur del área donde se localiza el testigo y el hielo marino cubría la zona. Sin embargo, el MIS 14 fue un periodo glacial menos intenso y el frente se situó al norte del testigo la mayoría del tiempo. Durante el MIS 15 el frente se situó mucho más al norte dejando paso a las aguas más cálidas del Atlántico, lo cual se refleja en una asociación de foraminíferos de aguas templadas.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a los proyectos de investigación CGL2005-00642/BTE, CGL2006-10593, CGL2008-05560, así como el Proyecto GRACCIE (CONSOLIDER-INGENIO CSD 2007-00067) del Ministerio

de Educación y Ciencia, la financiación de la Junta de Castilla y León (Grupo de excelencia GR34), y a la beca FPU del MEC (AP2005-2805) concedida a Montserrat Alonso García. Agradecemos también a IODP por suministrarnos las muestras.

### Referencias

- Channell, J.E.T., Kanamatsu, T., Sato, T., Stein, R., Alvarez Zarkian, C.A., Malone, M.J., and the Expedition 303/306 Scientists (2006). *Proc. IODP, 303/306: College Station TX (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.)*. doi:10.2204/iodp.proc.303306.2006
- Johannessen, T., Jansen, E., Flatoy, A. y Ravelo, A. C. (1994). En: *NATO ASI Series* (R. Zahn, Pedersen, T. F., Kaminski, M. A., Labeyrie, L, Eds.). Springer-Verlag, 61-85.
- Lisiecki, L. E. y Raymo, M. E. (2005). *Paleoceanography*, 20, 10.1029/2004PA001071.
- Wright, A. K. y Flower, B. P. (2002). *Paleoceanography*, 17, 4, 1068, 10.1029/2002PA000782.