

Caracterización e interpretación de las capas ricas en detríticos en sedimentos del Site U1314 (Atlántico Norte) durante los estadios isotópicos marinos 21-19 (~ 830-779 ka)

Characterization and interpretation of the detrital-rich layers at Site U1314 (North Atlantic) during marine isotope stages (MIS) 21-19 (830-779 ka)

Iván Hernández-Almeida ⁽¹⁾, Francisco Javier Sierro ⁽¹⁾, Mercedes Suárez ⁽¹⁾, Gabriel Michael Filippelli ⁽²⁾ y José-Abel Flores ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. Plaza de los Caídos, s/n. 37008 Salamanca. ihalmeida@usal.es, sierro@usal.es, msuarez@usal.es, flores@usal.es

⁽²⁾ Department of Earth Sciences, Indiana University-Purdue University Indianapolis (IUPUI), Indianapolis, Indiana 46202 USA. gfilippe@iupui.edu

ABSTRACT

Samples from IODP Site U1314, drilled in the Gardar Drift formation (subpolar North Atlantic), were studied to determine which processes mainly rule terrigenous sedimentation from continents in this area and to fingerprint the source of such lithic material. For this purpose, we performed a geochemical and mineralogical study using total digestion on bulk sediment samples and X-ray diffraction, and a lithological and micropaleontological study in the coarse fraction component (>150 µm) between ~ 830-779 ka (Marine Isotope Stages 21-19). With this approach, we were able to determine that quartz, plagioclase, phyllosilicates, coarse lithic fragments (mainly quartz and volcanic material), and some trace dolomite, were released to the ocean during episodic ice-sheet advance/retreat sequences, while biogenic calcite and feldspar dominated sedimentation during warmer periods. Detrital dolomite-rich carbonate is rare in our samples, indicating a limited surging of Laurentide ice-sheet off Hudson Strait, or alternatively that icebergs from this region did not survive transport to Site U1314. This observation indicates that more proximal ice-sheets may have served as source for the ice-rafted debris (IRD) released during massive discharge of icebergs.

Key-words: IRD, North Atlantic, geochemical, mineralogical, detrital dolomite-rich carbonate.

RESUMEN

Muestras del IODP Site U1314, recuperadas en la formación Gardar Drift (Atlántico Norte subpolar), fueron estudiadas para determinar que procesos controlan la sedimentación terrígena desde los continentes en este área y determinar la fuente de dicho material lítico. Para este propósito, hemos realizado un estudio geoquímico y mineralógico mediante digestión total de sedimento y difracción de rayos X, y un estudio litológico y micropaleontológico en la fracción gruesa (> 150 µm) entre ~ 830-779 ka (estadio isotópico marino 21-19). De este modo, hemos podido determinar que cuarzo, plagioclasa, filosilicatos, fragmentos líticos de grano grueso (principalmente cuarzo y material volcánico), y algunas trazas de dolomita, fueron liberados al océano durante secuencias episódicas de avance/retroceso de los casquetes de hielo, mientras que la calcita biogénica y los feldespatos dominaron la sedimentación durante periodos más cálidos. El carbonato detrítico rico en dolomita es raro en nuestras muestras, indicando que las oleadas de icebergs del casquete de hielo de Laurentia desde el estrecho de Hudson fueron escasas, o alternatively que los icebergs procedentes de esta región no sobrevivieron al transporte hasta la zona del Site U1314. Esta observación indica que casquetes de hielo más próximos pudieron haber servido como fuente de ice-rafted debris (IRD), liberados durante descargas masivas de icebergs.

Palabras clave: IRD, Atlántico Norte, geoquímica, mineralogía, carbonato detrítico rico en dolomita

Geogaceta, 50-2 (2011), 157-160.
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 4 de Febrero de 2011
Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011
Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

Introducción

Diversos estudios de los sedimentos oceánicos profundos en el Atlántico Norte han puesto de manifiesto la existencia de capas con alto contenido en material detrítico de tamaño grueso (> 63 µm), presumiblemente transportado por *icebergs*, el cual se denomina *ice-rafted debris* (IRD) (p. ej., Heinrich, 1988; Broecker *et al.*, 1992). Este material detrítico se encuentra en mayor

proporción en el cinturón subpolar entre 40°-55° N (Ruddiman, 1977) (Fig. 1), asociado a episodios de máxima extensión de las masas de hielo continental hacia el sur y posterior fusión (Heinrich, 1988; Broecker *et al.*, 1992), acompañados de una fuerte disminución de temperaturas superficiales en el Atlántico Norte (Bond *et al.*, 1992). Estos eventos catastróficos son de vital importancia en reconstrucciones paleoceanográficas, ya que están asociados con drásticos cambios en los patrones de circulación

oceánica superficial y profunda (van Kreveld *et al.*, 2000).

Si bien muchos estudios paleoceanográficos se han centrado en la observación de capas detríticas en el Atlántico durante el Pleistoceno superior y especialmente en el último periodo glaciario (p. ej. Bond *et al.*, 1992; Grousset *et al.*, 1993), poco es conocido acerca de la naturaleza de los IRD para periodos glaciares más antiguos en el Pleistoceno, debido principalmente a la escasez de registros sedimentarios de alta resolu-

ción para este periodo cerca del cinturón de IRD en el Atlántico Norte. Por ello, para reconstruir los patrones de circulación e interacciones hielo-océano en el pasado es necesaria una mejor comprensión de la distribución espacio-temporal de estos eventos y del origen del material detrítico.

Materiales y métodos

Mineralógica tipo por difracción de rayos X, obtenida mediante el análisis semicuantitativo de 59 muestras del *Site* U1314, espaciadas cada 8 cm, aproximadamente. Las muestras seleccionadas se molieron manualmente en mortero de ágata y se analizaron por difracción de rayos X utilizando un difractómetro Siemens D8 Advance que emite radiación de cobre K_{α} . Las condiciones de trabajo fueron: velocidad de barrido de $1^{\circ}/\text{min}$, 30 mA y 40 kv y zona explorada de 2 a 65° de 2Θ . También se analizó la concentración elemental, a la misma resolución que el análisis semicuantitativo, mediante una digestión total del sedimento siguiendo el método 3051A establecido por Link *et al.* (1998). Con este análisis se obtuvieron concentraciones totales de Ca, Al, Sr, Mg, entre otros elementos. Estos análisis se realizaron en un espectrómetro Leeman Labs P950 con ICP y un nebulizador ultrasónico CETAC Corp. AT500+ acoplado en la IUPUI, en Indianápolis (EEUU). Finalmente, se realizó un estudio litológico y micropaleontológico de forma sistemática cada 4 cm, mediante el recuento e identificación de los fragmentos de roca, minerales y foraminíferos planctónicos en la fracción $>150 \mu\text{m}$ con lupa binocular. Por otro lado, la susceptibilidad magnética fue medida a bordo a intervalos de 5 cm (más detalles en Channell *et al.*, 2006).

Resultados

Durante el periodo MIS 21-19 la relación IRD/planctónicos aumenta coincidiendo con valores altos en la abundancia relativa del foraminífero planctónico *N. pachyderma* (sin.) y bajos en la relación Ca/Al. La composición mineralógica de los IRD es de cuarzo, plagioclasa, filosilicatos y dolomita, con contribuciones puntuales de feldespato potásico (feld K). En general, las cantidades de todos estos minerales detríticos incrementan durante periodos fríos y con el aumento de la relación IRD/planctónicos. Una clara excepción es el feld K, que

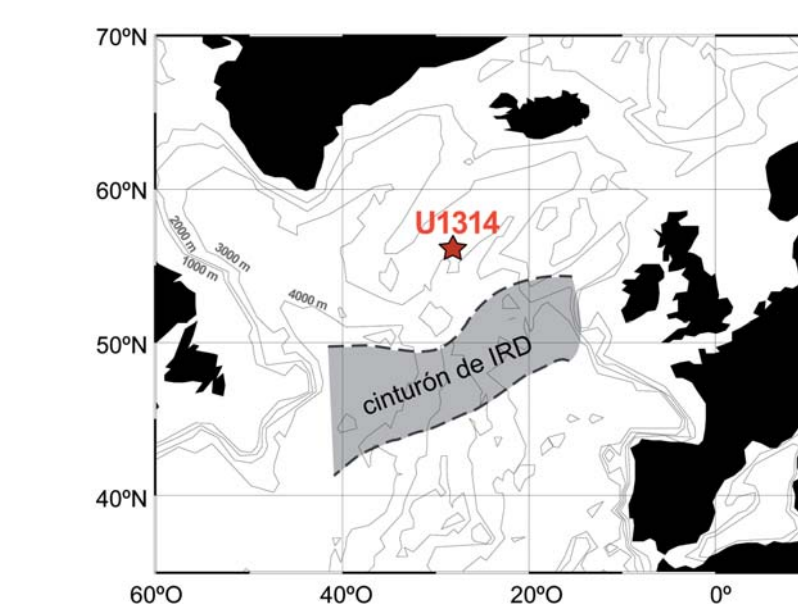


Fig. 1.- Localización del IODP *Site* U1314 (56.36° N, 27.88° W, 2820 m) en el Atlántico Norte subpolar. El área sombreada se corresponde con la máxima deposición de IRD durante el Último Máximo Glacial (Ruddiman, 1977).

Fig. 1.- Location of IODP *Site* U1314 (56.36° N, 27.88° W, 2820 m) in the subpolar North Atlantic. Shaded area corresponds with the maximum IRD deposition during the Last Glacial Maximum (Ruddiman, 1977).

aparece asociado a la abundancia de calcita, aumentando incluso durante periodos con baja relación IRD/planctónicos y alta susceptibilidad magnética. En los recuentos de componentes líticos de la fracción arena también hay altos valores de cuarzo, acompañados de abundante material volcánico (basalto y vidrio volcánico) (Fig. 2).

Interpretación

La figura 2A muestra una clara correlación entre los picos de IRD/planctónicos y valores altos en el porcentaje de *N. pachyderma* (sin.), un indicador de paleotemperatura relacionado con bajas temperaturas superficiales en el océano, proximidad del frente Ártico y de hielo marino estacional (Johannessen *et al.*, 1994). La coincidencia de máximos de la relación IRD/planctónicos con mínimos de temperatura superficial indicaría episodios de inestabilidad en los casquetes de hielo que rodean el Atlántico Norte, que causarían la descarga de gran cantidad de material terrígeno y aguas de fusión frías y poco salinas. Estas condiciones superficiales permitirían un avance hacia el sur del frente Ártico y del límite del hielo marino. El descenso en la relación Ca/Al indica una fuerte reducción en la producción biogénica carbonatada (foraminíferos planctónicos y co-

colitóforos) como consecuencia de estas condiciones adversas en la parte superior de la columna de agua (Fig. 2B). El *Site* U1314, pese a estar al norte de la zona de máxima acumulación de IRD (Ruddiman, 1977), registra valores altos de la relación IRD/planctónicos (Fig. 2A), principalmente debido a su proximidad a los casquetes de hielo de Groenlandia, Escandinavia, Europa e Islandia (Fig. 1).

Al contrario que en estudios previos, llevados a cabo en el cinturón de IRD (Ruddiman, 1977; Heinrich, 1988), la susceptibilidad magnética no aumenta en relación con el aporte de IRD (Fig. 2C). En este estudio, las variaciones de susceptibilidad están más correlacionadas con los aumentos de feld K que tienen lugar durante periodos con baja acumulación de IRD (Figs. 2C, D), y se relacionan con la presencia de basaltos de grano fino ricos en feld K y minerales titanomagnéticos procedentes de la zona de Islandia y dorsal de Reykjanes. De acuerdo con Ruddiman y Bowles (1976), estas partículas son transportadas por corrientes de fondo intensas y depositadas a lo largo de la dorsal de Reykjanes durante periodos más cálidos y con circulación profunda más intensa, en los que también aumenta la productividad biogénica carbonatada, como indica el aumento simultáneo de calcita y de la relación Ca/Al. Aunque relacionado

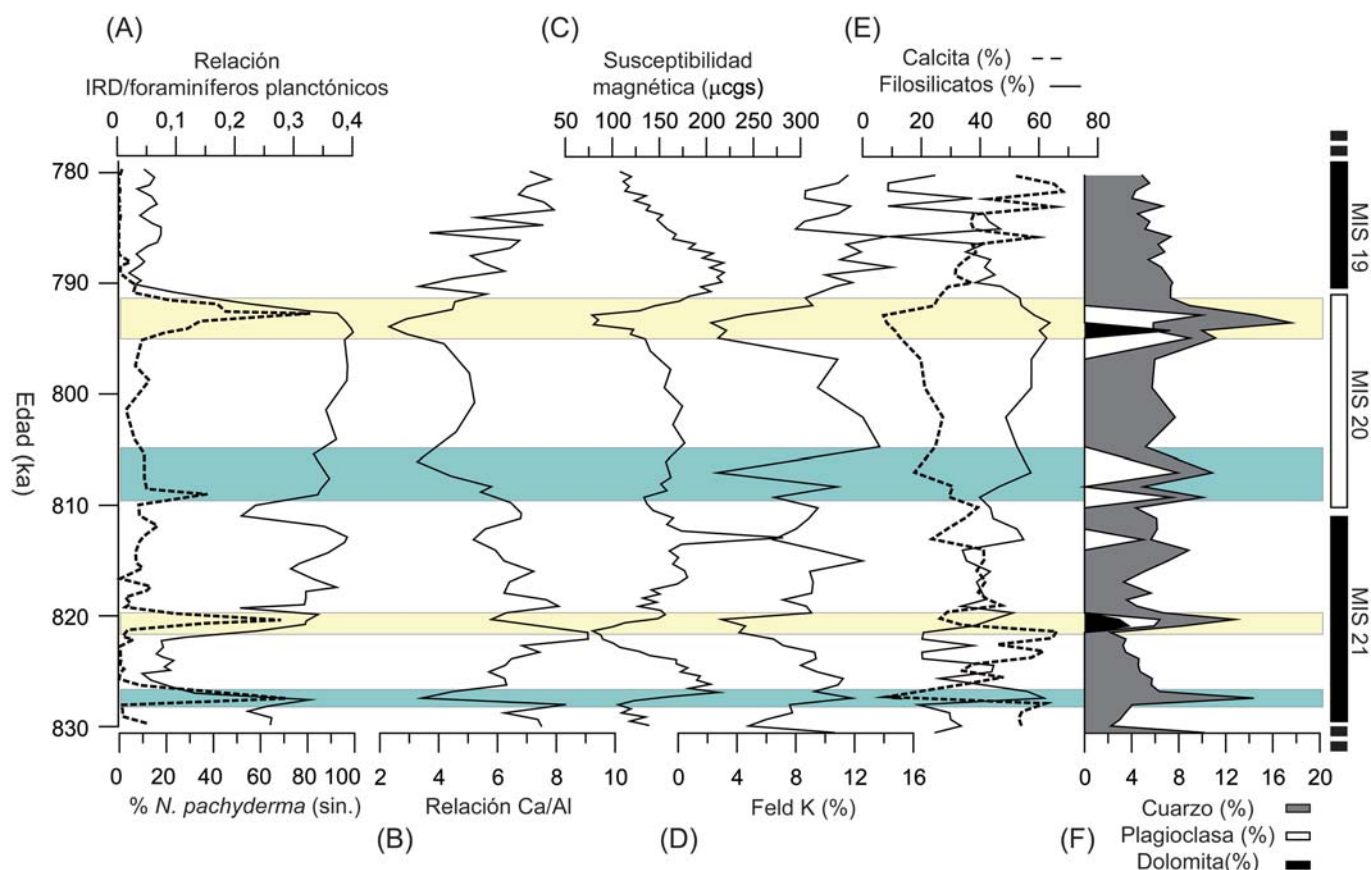


Fig. 2.- (A) Contribución relativa de *N. pachyderma* (sin.) (línea continua), relación IRD/foraminíferos planctónicos (línea discontinua). (B) Relación Ca/Al. (C) Susceptibilidad magnética. (D-F) Distribución mineralógica (en %): (D) feld K; (E) calcita (línea discontinua) y filosilicatos (línea continua); (F) dolomita (negro), plagioclasa (blanco), cuarzo (gris oscuro). Las áreas sombreadas horizontales se corresponden con los principales eventos de descarga de IRD, con dolomita (amarillo) y sin dolomita (azul). (Para la interpretación de los colores descritos en la leyenda de esta figura, el lector debe dirigirse a la versión web de este artículo).

Fig. 2.- (A) Relative contribution of *N. pachyderma* (sin.) (solid line), IRD/planktonic foraminifera ratio (dashed line). (B) Ca/Al ratio. (C) Magnetic susceptibility. (D-E) Mineralogy (relative contribution); (D) feld K; (E) calcite (dashed line) and phyllosilicates (solid line); (F) dolomite (black), plagioclase (white), quartz (dark grey). Shaded horizontal areas correspond with main IRD discharge events, with dolomite (yellow) and without dolomite (blue). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

principalmente con períodos cálidos, una parte del feld K tiene una procedencia continental ligada a las descargas de icebergs, como ocurre durante el evento de IRD en ~ 827 ka.

La presencia ocasional de dolomita coincidiendo con los incrementos en la relación IRD/planctónicos, en 794 y 820 ka, marca el depósito de carbonatos detríticos (Fig. 2F). En latitudes más meridionales la presencia de dolomita en sedimentos marinos se asocia a carbonatos Paleozoicos de Norteamérica (región de Canadá y Labrador) erosionados y transportados por el casquete de hielo de Laurentia (Broecker *et al.*, 1992; Grousset *et al.*, 1993). Estudios previos han mostrado que estas avenidas no comenzaron de hasta ~ 640 ka (Hodell *et al.*, 2008), coincidiendo con el aumento del volumen de hielo global, y en especial en Norteamérica, tras la reconfiguración del sistema climático durante la Transición

del Pleistoceno medio (Clark y Pollard, 1998). Nuestras investigaciones indican que o bien los icebergs procedentes de Norteamérica ya transportaban dolomita antes de ~ 640 ka, o bien que la dolomita observada en el Site U1314 tiene otra procedencia. La simultaneidad de picos de dolomita con otros componentes minerales como cuarzo, plagioclasa y filosilicatos, siendo probablemente illita y clorita los más abundantes (Grousset *et al.*, 1982), con los fragmentos líticos (principalmente cuarzo, basalto y vidrio volcánico) de la fracción >150 μm puede indicar una fuente común del material terrígeno (Figs. 2E, F). La similitud de la composición de estas capas ricas en terrígenos del Site U1314 con la de los sedimentos superficiales de Groenlandia, Islandia e Islas Feroe (Grousset *et al.*, 1982), hace suponer que estas son las áreas fuentes más probables, junto con pequeños afloramientos de do-

lomita existentes al noreste de Groenlandia y norte de Europa (Grousset *et al.*, 1993). Esto es corroborado además por el estudio de Andrews (2008), en el que asoció la composición mineralógica de varias capas ricas en detríticos con edades entre 10 y 40 ka, identificadas en testigos del estrecho de Dinamarca, con áreas fuente muy similares a las propuestas para nuestro testigo.

Conclusiones

La correlación de máximos en la relación IRD/planctónicos con altos porcentajes del foraminífero planctónico polar *N. pachyderma* (sin.) indica el avance hacia el sur del frente Ártico y la desestabilización de los casquetes de hielo que rodean el Atlántico Norte subpolar. Durante estos periodos hay una fuerte reducción en la producción biogénica carbonatada debido a las adversas

condiciones superficiales de frío y hielo. La baja susceptibilidad magnética durante los eventos IRD indica una composición mineralógica diferente respecto al mismo tipo de eventos en latitudes más meridionales. El aumento de feld K, calcita y de la relación Ca/Al coincidiendo con descensos en la fauna polar y aumentos de la susceptibilidad magnética indican una intensificación de las corrientes de fondo que transportan material volcánico de grano fino rico en titanomagnéticos y recuperación de la productividad biogénica carbonatada durante períodos cálidos.

Las áreas fuente más probables para el cuarzo, plagioclasa, filosilicatos y los fragmentos líticos observados en la fracción >150 µm son Groenlandia, Islandia e Islas Feroe. La presencia de dolomita en nuestras muestras indica que, o bien los icebergs procedentes de Norteamérica ya transportaban dolomita antes de ~ 640 ka, o bien que los niveles de dolomita en el *Site* U1314 proceden de pequeños afloramientos de dolomita del noreste de Groenlandia y norte de Europa, más cercanos a nuestro testigo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos del Ministerio de de Ciencia e Innovación GRACCIE (CONSOLIDER-INGENIO CSD 2007-00067) y CGL2008-05560/BTE, por la Junta de Castilla y León (Grupo de excelencia GR34), y con la beca FPI del MEC (BES-2006-12787) concedida a Iván Hernández Almeida. Agradecemos también al IODP por suministrarnos las muestras.

Referencias

- Andrews, J.T. (2008). *Journal of Quaternary Science*, 23, 3-20.
- Bond, G., Heinrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews, J., Huon, S., Jantschik, R., Clasen, S., Simet, C., Tedesco, K., Klas, M., Bonani, G., y Ivy, S. (1992). *Nature*, 360, 245-249.
- Broecker, W., Bond, G., Klas, M., Clark, E. y McManus, J. (1992). *Climate Dynamics*, 6, 265-273.
- Clark, P.U. y Pollard, D. (1998). *Paleoceanography*, 13, 1-9.
- Channell, J.E.T. Kanamatsu, T., Sato, T., Stein, R., Alvarez Zarikian, C.A., Malone, M.J., y los científicos de la Expedición 303/306 (2006). En: *Proceedings of the IODP*, 303/306. IODP.
- Grousset, F., Latouche, C. y Parra, M. (1982). *Marine Geology*, 47, 303-330.
- Grousset, F., Labeyrie, L., Sinko, J.A., Cremer, M., Bond, G., Duprat, J., Cortijo, E. y Huon, S. (1993). *Paleoceanography*, 8, 175-192.
- Heinrich, H. (1988). *Quaternary Research*, 29, 142-152.
- Hodell, D.A., Channell, J.E.T., Curtis, J.H., Romero, O.E. y Röhl, U. (2008). *Paleoceanography*, 23, 1-16.
- Johannessen, T., Jansen, E., Flatoy, A. y Ravelo, A.C. (1994). En: *Carbon cycling in the glacial ocean: constraints on the oceans's role in global change*. (R. Zahn, T.F. Pedersen, M.A. Kaminski y L. Labeyrie, Eds.), Springer-Verlag, 61-85.
- Link, D.D., Kingston, H.M. y Walter, P.J. (1998). *Environmental Science and Technology*, 32, 3628-3632.
- Lisiecki, L.E. y Raymo, M.E. (2005). *Paleoceanography*, 20, PA1003.
- Ruddiman, W.F. y Bowles, F.A. (1976). *Marine Geology*, 21, 191-210.
- Ruddiman, W.F. (1977). *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1813-1827.
- van Kreveld, S., Sarnthein, M., Erlenkeuser, H., Grootes, P., Jung, S., Nadeau, M.J., Pflaumann, U. y Voelker, A. (2000). *Paleoceanography*, 15, 425-442.