

# Variaciones en las faunas de foraminíferos bentónicos del Mar de Alborán durante el evento Heinrich 6

## *Variability in Alboran Sea benthic foraminifera faunas during Heinrich 6 event*

R. Pérez-Martín, F.J. Sierro y J.A. Flores

Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. Plaza La Merced, S/N - 37008 Salamanca, España. rubenpm@gmail.com, sierro@usal.es, flores@usal.es

### ABSTRACT

*Heinrich events are cold periods during which icebergs discharge took place in the North Atlantic Ocean. Those cold events modified both the surface water temperature and the North Atlantic deep water formation, thus influencing bottom water ventilation. The present study has been carried out in core ODP 977 from the Alboran Sea in order to analyze the variations in the deep sea water formation in the Western Mediterranean Sea during Heinrich Event 6. During non-Heinrich events benthic foraminifera Cibicides pachyderma and Globobulimina spp. dominated the foraminifer association, but during Heinrich Events modification in the amount of the oxygen and organic matter in the environment occurred, with the consequence of an uprise in the Cassidulina laevigata presence. Those observed changes during Heinrich Event 6 in Western Mediterranean Sea are similar to those previously described by other authors in North Atlantic sediments*

**Key words:** benthic foraminifera, climatic change, Western Mediterranean, deep circulation, Heinrich events

*Geogaceta, 40 (2006), 223-226  
ISSN: 0213683X*

### Introducción

Los estudios realizados durante los últimos años sobre sedimentos cuaternarios han permitido descubrir la existencia de variaciones cíclicas climáticas que pueden causar cambios bruscos en la temperatura marina a escala de escala milenaria o incluso inferior. Heinrich (1988) descubrió mediante el estudio de testigos del Atlántico Norte la presencia de 6 capas de detritos que denominó *IRD's* (Detritos transportados por hielo, *Ice-Rafted Detritus*). Estas capas se depositaron como consecuencia de una descarga masiva de icebergs sobre el Atlántico, que al derretirse liberaron el contenido terrígeno que transportaban, cayendo estos sedimentos al fondo. Estas capas se asocian frecuentemente a una disminución de la cantidad de foraminíferos plantónicos y un aumento relativo de la especie polar *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin*).

Los estudios realizados en el Mediterráneo revelan que no hay registro de las capas de *IRD's*, aunque sí se produce un aumento considerable de *Neogloboquadrina pachyderma* (*sin*) como consecuencia del enfriamiento de la capa de agua superficial. Este aumento sirve para identificar las 6 capas halladas inicialmente por Heinrich (Cacho *et al.*,

1999; Pérez-Folgado *et al.*, 2004; Pérez-Folgado *et al.*, 2003; Reguera, 2004).

La información sobre cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos durante los eventos Heinrich no es muy abundante, aunque recientes estudios de Rasmussen (2002, 2003b) y Reguera (2004) muestran variaciones en las asociaciones durante los dichos eventos.

El objetivo del presente trabajo es analizar los cambios en la asociación de foraminíferos bentónicos y las causas de estos cambios durante el evento Heinrich 6 (HE6), así como comparar estos cambios con otros trabajos previos para encontrar un patrón común que pueda usarse como marcador de dichos eventos.

### Contexto oceanográfico

El Mar de Alborán es la cuenca más occidental del Mar Mediterráneo. Constituye tanto la puerta de entrada de aguas atlánticas como la puerta de salida de aguas profundas mediterráneas.

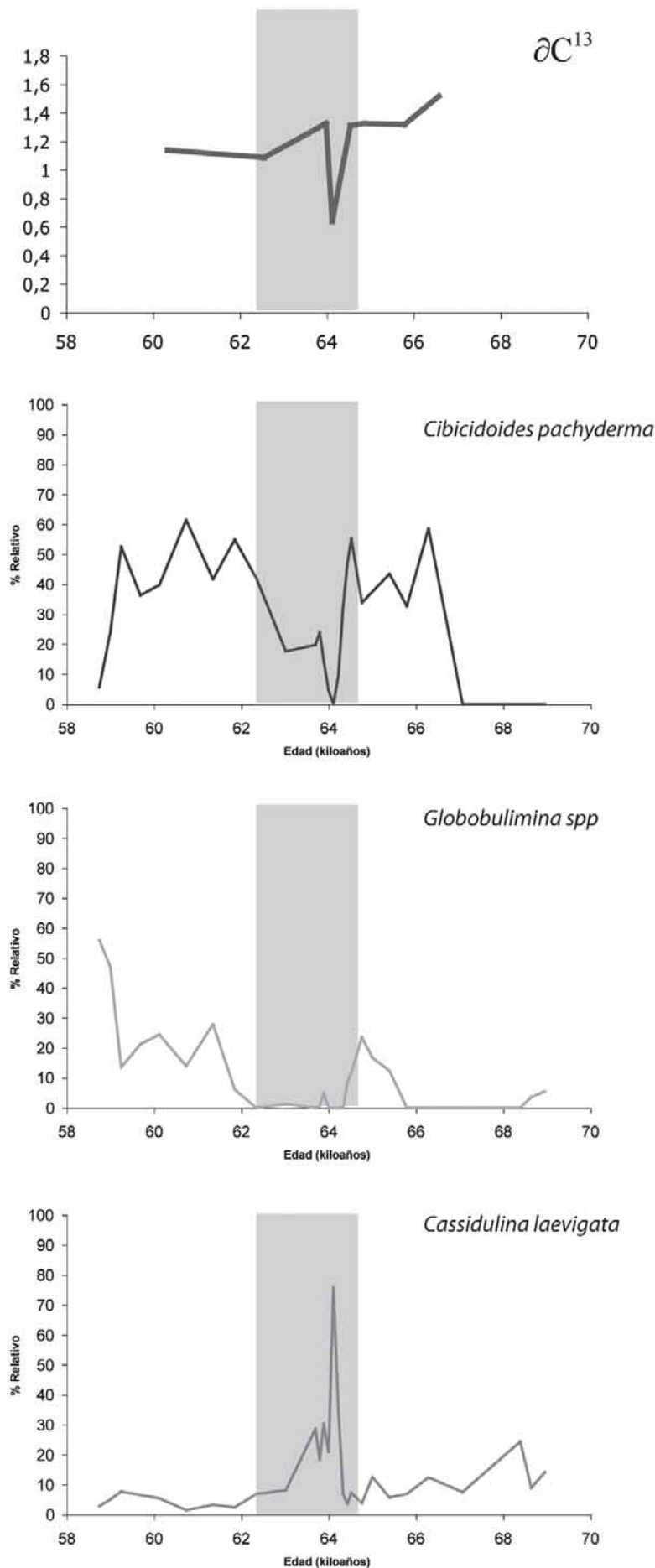
A través del Estrecho de Gibraltar el agua circula en una corriente superficial, con aguas frías y de baja salinidad, formada por el agua atlántica que entra en la cuenca. A medida que el agua atlántica avanza hacia el norte y el este va aumentando su temperatura y salinidad (Agua

Atlántica Modificada, *Modified Atlantic Water, MAW*) (Millot, 1999).

En el Golfo de León se produce un enfriamiento de la *MAW* por acción de los vientos fríos del norte, que provoca su aumento de densidad y posterior hundimiento. Durante períodos cálidos las aguas superficiales se estratifican. Los vientos mistrales que afectan la zona son débiles y apenas se produce mezcla de aguas por lo que el hundimiento genera únicamente aguas intermedias (*Winter Intermediate Waters, WIW*). En períodos fríos, desaparece la estratificación superficial, favoreciendo la mezcla de agua. Los vientos mistrales se fortalecen e intensifican y el enfriamiento y hundimiento de las aguas superficiales aumenta, generando aguas profundas mediterráneas (*Western Mediterranean Deep Waters, WMDW*). Tanto las aguas intermedias como las profundas generan una corriente que se dirige siguiendo el talud continental hacia el Mar de Alborán, por donde desembocan al océano Atlántico (Cacho *et al.*, 2000).

### Materiales y métodos

Durante la campaña 161 de ODP (*Ocean Drilling Program*) se extrajo el testigo ODP977 en la cuenca occidental del Mar de Alborán (36°1,9'N; 1°57,3'W),



a una profundidad de 1984 m. Se recuperaron 545,49 m, que se dividieron en 2 unidades (I y II) de acuerdo a cambios en la litología. La unidad I, en la cual se centra este estudio, está formada por facies de mar abierto, hemipelágicas, compuestas por arcillas ricas en nanofósiles, arcillas limosas calcáreas y arcillas. Asimismo se han identificado al menos 40 capas ricas en materia orgánica (*Organic Rich Layer, ORL*).

El tramo presentado en este trabajo comprende desde los 11,9 a los 12,8 metros del testigo, en el que se han estudiado 21 muestras (1 cada 5 cm aproximadamente). Para su preparación, cada muestra se ha secado al aire. Seguidamente se ha lavado y pasado por un tamiz de 63 $\mu$ m. Finalmente se ha tamizado en seco con una luz de malla de 150 $\mu$ m.

En este estudio se ha empleado la fracción mayor de 150 $\mu$ m, posibilitando así una comparación directa con estudios previos de la zona realizados con foraminíferos bentónicos (Reguera, 2004) y planctónicos (Pérez-Folgado *et al.*, 2004). Debido al bajo número de foraminíferos bentónicos presentes (167/muestra) se ha utilizado en cada muestra toda la cantidad disponible, en la cual se han identificado y contado todos los individuos presentes.

Siguiendo el modelo de edad de Martrat *et al.* (2004), la edad asignada a las muestras es de entre 59.000 y 66.000 años, representando cada muestra aproximadamente 333 años.

**Resultados**

En el estudio de las 25 muestras se han identificado 72 especies. Debido a que el objetivo principal del estudio es buscar las variaciones puntuales de determinadas especies, se han seleccionado las más representativas del testigo y en las que se ha observado mayor variación de sus porcentajes relativos, individuos/g y número total de individuos. En determinados casos se ha procedido a agrupar especies que indican similares características del medio.

**Fig. 1.- Variación de las principales especies encontradas en el tramo estudiado. Se presentan los porcentajes relativos de cada especie respecto al total de individuos. La franja oscura marca la situación del HE6. También se suministra la curva de  $\delta C^{13}$  de *Cibicoides pachyderma*. El descenso de  $\delta C^{13}$  se corresponde con el inicio de la fase de deglaciación del HE6.**

**Fig. 1.- Variation of the main species find in the study. Relative percentages are given. Dark stripe shows the HE6. Curve of  $\delta C^{13}$  of *Cibicoides pachyderma* is also given. The drop in  $\delta C^{13}$  corresponds to the beginning of deglaciación phase of HE6**

El intervalo está dominado por las especies *Cibicidoides pachyderma* y *Globobulimina* spp. y *Cassidulina laevigata* (Fig.1). En menor medida aparecen *Bulimina* spp., (formado por *Bulimina aculeata*, *Bulimina costata*, *Bulimina inflata*), el grupo de los miliólidos (compuesto de *Pyrgo murrhina*, *Pyrgo elongata*, *Pyrgo comata*, *Quinqueloculina* spp. y *Articulina tubulosa*) y *Nonion boueanum*. El resto de especies encontradas no están presentes en cantidades significativas

*Cibicidoides pachyderma* es la especie que domina la asociación durante prácticamente todo el tramo. Los descensos de *Cibicidoides pachyderma* se relacionan por lo general con aumentos de *Globobulimina* spp., aunque esta última nunca llega a estar presente en mayores porcentajes que *Cibicidoides pachyderma*.

Durante HE6 (metros 12,2 a 12,5), se producen una serie de cambios notables en relación al resto del tramo. Hay un descenso en el número de individuos por gramo y desaparece totalmente *Cibicidoides pachyderma*. Se da un aumento de *Cassidulina laevigata*, cuyo máximo coincide con el máximo registrado por Pérez-Folgado (2004) en *Neogloboquarina pachyderma* (sin) para el mismo tramo. Asimismo, se produce un descenso en las curvas de isótopos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  de *Cibicidoides pachyderma*.

*Bulimina* spp. y el grupo de los miliólidos no presentan una variación relacionada con el HE6 y su presencia es variable durante todo el tramo estudiado.

## Discusión

El análisis de los resultados nos permite comprobar que durante el HE6 se produce una variación en la asociación de foraminíferos bentónicos.

La presencia de *Cibicidoides pachyderma*, especie epifaunal relacionada con niveles de oxígeno medio-alto en el fondo y con bajo nivel de materia orgánica (Schmiedl *et al.*, 2000), en prácticamente todo el tramo nos indica una buena oxigenación de fondo y bajos niveles de materia orgánica. Cuando estas condiciones varían y hay mayor acumulación de materia orgánica, *Cibicidoides pachyderma* sigue dominando, pero se produce un desarrollo de las especies infaunales profundas como *Globobulimina* spp., que se desarrolla actualmente en medios estables con abundante materia orgánica y con escaso nivel de oxígeno, llegando incluso a vivir en medios próximos a la anoxia (Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Schmiedl *et al.*, 2000).

Esta situación de intercalación de períodos pobres y ricos en materia orgánica se ve alterada durante el HE6.

En el HE6 la desaparición total de *Cibicidoides pachyderma* nos indica que existe una disminución en la cantidad de oxígeno disponible en el fondo de la cuenca. Según el patrón observable en el resto del tramo estudiado, la disminución en el oxígeno debería de repercutir en un desarrollo de *Globobulimina* spp., sin embargo esta especie tampoco está presente. La especie que se desarrolla llegando a ocupar prácticamente toda la asociación es *Cassidulina laevigata*, especie epifaunal oportunista, cuyo desarrollo se relaciona con pulsos rápidos de materia orgánica y con variaciones de tipo estacional y que además se da en medios con bajo nivel de oxígeno (Rasmussen *et al.*, 2002). La presencia de esta materia orgánica en el fondo de la cuenca durante el HE6 podría deberse a dos causas: (1) un aumento en la productividad superficial y por tanto en el flujo de materia orgánica que llega al fondo; (2) una debilitación de la ventilación en el fondo de la cuenca, disminuyendo el oxígeno disponible para oxidar la materia orgánica presente en el fondo y por tanto aumentando la cantidad de materia orgánica disponible para los organismos. Pérez-Folgado *et al.* (2004) y Colmenero-Hidalgo (2004) probaron mediante el estudio de foraminíferos planctónicos y nanoplankton calcáreo que durante los Eventos Heinrich disminuye la productividad. Además los bajos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y la desaparición de *Cibicidoides pachyderma* nos indican que hubo una debilitación en la ventilación. Por tanto la situación más probable es la descrita en (2). Esta situación de baja ventilación, baja productividad superficial y pulsos estacionales de materia orgánica hacia el fondo de la cuenca durante los eventos Heinrich es similar a la descrita por Rasmussen *et al.* (2002) y Reguera (2004), con desarrollo de especies oportunistas como las del género *Cassidulina*. Asimismo el máximo desarrollo de *Cassidulina laevigata* correspondería con la fase intermedia del evento Heinrich. Según Sierro *et al.* (2005) los eventos Heinrich tendrían un desarrollo en tres fases. Durante la fase inicial el enfriamiento de las aguas produciría un aumento en la generación de aguas profundas, similar al de los períodos fríos como propone Cacho *et al.* (1999) para todo el evento. Durante la fase media del evento Heinrich es cuando se produce la oleada masiva de *icebergs*, siendo entonces cuando se paraliza la generación de aguas

profundas en el Golfo de León. La finalización del HE6 con la parada en las descargas masivas de *icebergs* devuelve a la cuenca las condiciones de oxigenación y escasa materia orgánica que había con anterioridad.

## Conclusiones

Se han estudiado los cambios en la asociación de foraminíferos bentónicos durante el HE6. Durante este evento se pasa de condiciones de buena oxigenación y estabilidad del medio a condiciones de inestabilidad y paralización de la circulación profunda. Estas condiciones posibilitan el desarrollo de *Cassidulina laevigata*, que ocupa prácticamente toda la asociación. El fin del HE6 devuelve al medio las condiciones iniciales de oxigenación y bajo flujo de materia orgánica.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado gracias a los proyectos REN 2003-08642-CO2/CLI, CGL 2005-00642/BTE y SA008C05. Los autores desean mostrar su agradecimiento al programa IODP por suministrar las muestras y a la Dra. Pérez-Folgado por la preparación de éstas.

## Referencias

- Cacho, I., Grimalt, J.O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J. Flores, J.A. y Shackleton, N.J. (1999a). *Paleoceanography*, 14 (6), 698–705.
- Cacho, I. (2000). *Respuesta del Mediterráneo occidental a los cambios climáticos rápidos de los últimos 50.000 años. Análisis de biomarcadores moleculares*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 147 p.
- Colmenero Hidalgo, E. (2004). *Respuesta de las asociaciones de coccolitofóridos a los cambios climáticos del Cuaternario final*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 281 p.
- Dansgaard, W., Jonsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdottir, A.E., Jouzel, J. y Bond, G. (1993). *Nature*, 364, 218–220
- Heinrich, H. (1998). *Quaternary Research*, 29, 142–152.
- Millot, C. (1999). *Journal of Marine Systems*, 20, 423–442
- Martrat, B., Grimalt, J. O., Lopez-Martinez, C., Cacho, I., Sierro, F. J., Flores, J. A., Zahn, R., Canals, M., Curtis, J. H. y Hodell, D. A. (2004). *Science*, 306, 1762–1765.

- Perez-Folgado, M., Sierro, F. J., Flores, J. A., Cacho, I., Grimalt, J. O. y Zahn, R. (2003). *Micropaleontology*, 212, 113-131.
- Perez-Folgado, M., Sierro, F. J., Flores, J. A., Grimalt, J. O. y Zahn, R. (2004). *Marine Geology*, 48, 49-70.
- Rasmussen, T.L., Bäckström D., Heine-meier J., Klitgaard-Kristensen D., Knutz P.C., Kuijpers A., Lassen S., Thomsen E., Troelstra S.R. y van Weering T.C.E. (2002). *Marine Geology*, 188, 165-192.
- Rasmussen, T.L., Thomsen, E., Kuijpers, A. y Wasteg, S. (2003b). *Quaternary Science Reviews*, 22, 809-821.
- Reguera García, M.I. (2004). *Respuesta del Mediterráneo Occidental a los cambios climáticos bruscos ocurridos durante el último ciclo glacial: estudio de las asociaciones de foraminíferos*. Tesis Doctoral. Univ. de Salamanca. 231p.
- Sen Gupta, B.K. y Machain-Castillo, M.L. (1993). *Marine Micropaleontology*, 20, 183-201.
- Schmiedl, G., de Bovée, F., Buscali, R., Charrière, B., Hemleben, C., Medernach, L. y Picon, P. (2000). *Marine Micropaleontology*, 40, 167-188.
- Sierro, F.J., Hodell, D. A., Curtis, J. H., Flores, J. A., Reguera, I., Colmenero-Hidalgo, E., Bárcena, M. A., Grimalt, J. O., Cacho, I., Frigola, J. y Canals, M. (2005), *Paleoceanography*, 20, PA2019.