

# Variaciones de rango orbital en la dinámica de la Nutriclina/ Termoclina en el Pacífico Ecuatorial durante los últimos 500 Ka indicado por coccolitofóridos (Site 1240, Leg 202)

*Nutricline/Thermocline orbital variations in the Equatorial Pacific ODP Site 1240 as revealed by coccolithophores during the last 500 Ka*

G.E. López-Otálvaro, J.A. Flores y F.J. Sierra

Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n. 37008 Salamanca  
gatsbyemperatriz@usal.es, flores@usal.es, sierra@usal.es

## ABSTRACT

*The ODP Site 1240 is located in the equatorial cold tongue in the Eastern Equatorial Pacific. The analysis of the calcareous nannofossil assemblages allow us to monitor fluctuations in the Nutricline/Thermocline over the last 500 Ka, using the relationship between the upper photic zone taxa (small placoliths) and the lower photic zone taxa (Florispheera profunda), by means of the N ratio function. The variations in this N ratio pointed out two intervals with dominant higher relative abundances of small placoliths over Florispheera profunda, and other interval with an abrupt increasing in the relative abundance of Florispheera profunda over the small placoliths, controlled essentially by a precessional force, and during the last 177 Ka by a markedly excentricity component.*

**Key words:** Eastern Equatorial Pacific, ENSO, coccolithophores, calcareous nannofossils, paleoproductivity, Pleistocene

*Geogaceta, 38 (2005), 187-190  
ISSN: 0213683X*

## Introducción

El principal objetivo de la campaña del Ocean Drilling Program (ODP) Leg 202, fue el estudio y evolución de la dinámica de las masas de aguas superficiales del Océano Pacífico sur y tropical a escala orbital durante el Neógeno tardío. Para llevar a cabo este objetivo, la tripulación científica del ODP perforó once testigos a lo largo de la costa de Sur América, entre el margen chileno y la cuenca de Guatemala. Uno de estos testigos fue el testigo ODP 1240, elegido para reconstruir las variaciones de la surgencia ecuatorial en escala de alta resolución, en una región afectada por el fenómeno de El Niño y La Niña (Shipboard Scientific Party, 2003).

En este estudio, analizamos las asociaciones de los nanofósiles calcáreos, grupo de algas en el que se incluyen los coccolitofóridos, sensibles a los cambios ambientales y con una amplia distribución temporal y espacial (Brand, 1994).

## Escenario Oceanográfico

El testigo 1240 del ODP está localizado a 0°1.311'N, 86°27.758'W en la zona de divergencia ecuatorial, y fue recuperado a una profundidad de 2921 m (Fig. 1). Por su localización geográfica está dominada por las aguas frías y de baja salinidad que la corriente del Perú (PC) trae desde las altas latitudes hasta el Ecuador. La Corriente Sur

Ecuatorial fluye hacia el oeste, paralela al Ecuador, lo que produce una lengua fría ecuatorial a partir de aguas ricas en nutrientes traídas por la corriente de Perú. La corriente Ecuatorial Subsuperficial (EUC) fluye hacia el este bajo la corriente Sur Ecuatorial (Haslett y Funnell, 1996) (Fig. 1). La dinámica de las aguas oceánicas en el Pacífico Oriental tiene influencia en su productividad, la cual está controlada al

	Thierstein <i>et al.</i> , 1977	Flores y Wei, 2003 En: ODP Initial Reports, 2003	Este trabajo
FAD <i>Emiliana huxleyi</i>	268 Ka	18,72 mcd	20,37 mcd
LAD <i>Pseudoemiliana lacunosa</i>	458 Ka	44,07 mcd	43,66 mcd

Tabla I.- Bioestratigrafía de los nanofósiles calcáreos utilizados en este trabajo y su correlación con los Informes Iniciales del ODP 202.

*Table I.- Biostratigraphic datums of calcareous nannofossils used in this work and their correlation with the ODP 202 Initial Reports.*

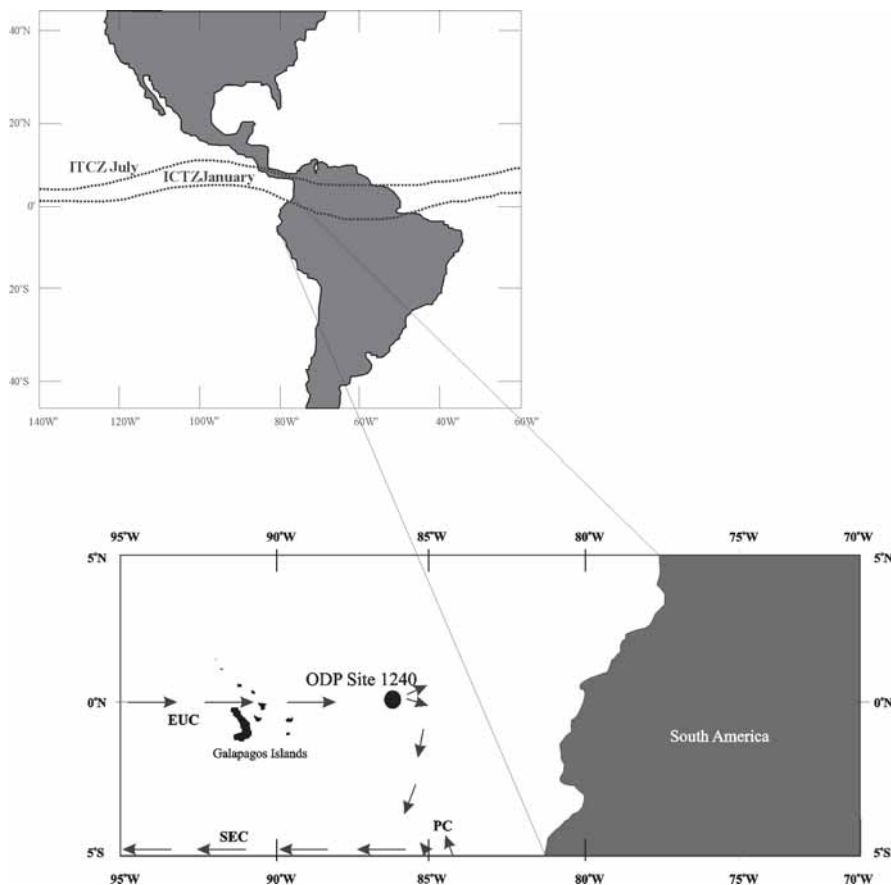


Fig. 1.- Localización del testigo ODP 1240, circulación superficial de las aguas del Océano Pacífico Oriental Ecuatorial y la posición de la ITCZ en Enero (vientos alisios del sureste débiles) y Julio (vientos alisios del sureste fuertes)

Fig. 1.- Location of ODP Site 1240, sea surface circulation waters in the Eastern Equatorial Pacific Ocean and the position of the ITCZ in January (strong southeast Trade winds) and July (weak southeast Trade winds)

mismo tiempo por (Shipboard Scientific Party, 2003): a) Fluctuaciones de los vientos alisios que van hacia el oeste y dirigen las corrientes superficiales de este a oeste y cuya deflación produce la surgencia de aguas costeras ecuatoriales, b) eventos interanuales y decadales alternantes de El Niño y La Niña, y c) variaciones en la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ).

**Materiales y Métodos**

*Muestras*

Se prepararon un total de 130 muestras a intervalos de 40 cm para analizar la asociación de nanofósiles calcáreos del testigo 1240, utilizando la técnica descrita por Flores y Siero (1997). Su estudio se realizó con un microscopio de luz polarizada a 1250x, contando al menos 500 cocolitos para los primeros 43,18 mcd (metros de profundidad compuesta) (Shipboard Scientific Party, 2003)

*Bioestratigrafía y Modelo de Edad*

Identificamos dos eventos de nanofósiles calcáreos. FAD (primer registro) *Emiliania huxleyi*, a 20,37 mcd y LAD (ultimo registro) *Pseudoemiliania lacunosa* a 43,66 mcd; correspondientes a 268 Ka y 458 Ka respectivamente (Thierstein *et al.*, 1977) (Tabla I). Adicionalmente, calibramos nuestro modelo de edad con otros puntos de control obtenidos a partir del ajuste del registro de susceptibilidad magnética con la curva climática de  $\delta^{18}O$  de Imbrie *et al.* (1984) (Fig. 2). Este registro de susceptibilidad fue tomado a bordo y posteriormente publicado por la tripulación científica del ODP Leg 202. La susceptibilidad magnética es un registro útil, debido al vínculo físico de los sedimentos con la dinámica atmosférica y oceánica (Shipboard Scientific Party, 2003)

**Resultados y Discusión**

La asociación de los nanofósiles calcáreos está principalmente constituida

por los pequeños placolitos (placolitos menores de 3 mm como «small» *Gephyrocapsa*, «small» *Reticulofenestra* y *Emiliana huxleyi*) y *Florisphaera profunda*. De acuerdo con Molfino y McIntyre (1990), Beaufort *et al.* (1997, 2001), Flores *et al.* (1999, 2000, 2003), entre otros, la relación entre los taxones que viven en la zona fótica superior (tales como los pequeños placolitos) y los que viven en la zona fótica inferior (como *Florisphaera profunda*) ha sido una buena herramienta para reconstruir las variaciones en la nutriclina/termoclina (Okada y Honjo, 1973; Okada, 1983; Okada y Wells, 1997). De esta manera, esta relación o índice *N* ha sido documentada por Flores *et al.*, (2000) y utilizada en nuestro estudio para reconstruir su variación durante los últimos 500 Ka. Se han diferenciado dos intervalos caracterizados por condiciones de paleoproduktividad alta y uno marcado por un descenso en la paleoproduktividad, los cuales identificamos con tres escenarios paleoceanográficos distintos (Fig. 3).

*De 0 Ka hasta 90 Ka*

Indica altos valores de la relación *N*, consistentes con alta o relativamente alta productividad y reforzamiento de las condiciones de surgencia. Esta situación se asocia con vientos alisios muy fuertes, dominando sobre los vientos del oeste. Este proceso intensificó la divergencia en la lengua fría ecuatorial, propagó temperaturas mas bajas a través del Pacífico Ecuatorial Oriental por medio de la corriente Sur Ecuatorial, y a su vez desplazó la ITCZ hacia una posición más septentrional (Fig. 1). Estas condiciones podrían hacer referencia a un evento La Niña dominante, análogo al que tenemos hoy en día en el Pacífico Ecuatorial, persistente con algunas inflexiones.

*De 90 Ka hasta 177 Ka*

El dominio de *Florisphaera profunda*, refleja una situación donde las masas de agua superficiales están estratificadas, con una zona fótica superior pobre en nutrientes y una nutriclina/termoclina profunda (Fig. 3). Esta situación coincidiría con vientos alisios del sureste débiles, que permitieron el desplazamiento de la ITCZ hacia el sur (Fig. 1), y vientos del oeste intensos, que arrastraron aguas cálidas superficiales hacia el Pacífico oriental, produciendo el descenso de la nutriclina/termoclina durante este período. Estas condiciones podrían ser

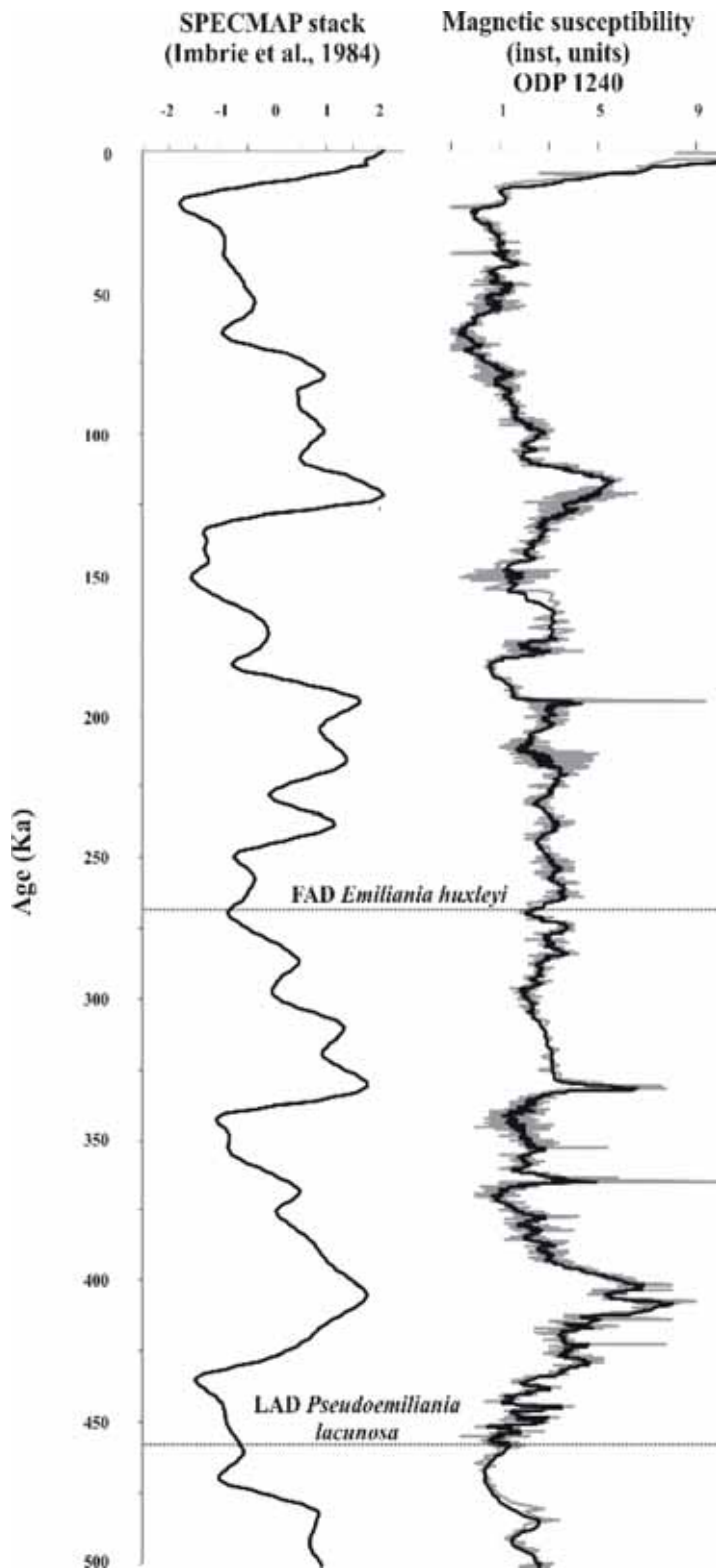


Fig. 2.-Eventos bioestratigráficos de FAD (primer registro) *Emiliana huxleyi* y LAD (último registro) *Pseudoemiliana lacunosa* en combinación con el registro de las variaciones de la susceptibilidad magnética (Media Móvil = 5) del testigo ODP 1240 (Shipboard Scientific Party, 2003) y la curva SPECMAP (Imbrie et al., 1984).

Fig. 2.- FAD (First Appearance Datum) of *Emiliana huxleyi* and LAD (Last Appearance Datum) of *Pseudoemiliana lacunosa* biostratigraphic events in combination with the down-core variations in the ODP 1240 magnetic susceptibility record-smoothed five values (Shipboard Scientific Party, 2003) and the SPECMAP stack (Imbrie et al., 1984).

comparadas con una situación en el contexto actual de El Niño, persistente con ligeras fluctuaciones.

#### De 177 Ka hasta 500 Ka

En la base de este intervalo estudiado, los valores del índice  $N$  fueron muy similares a los del primer intervalo (0-90 Ka) (Fig. 3). Los taxones propios de la zona fótica superior presentaron las más altas proporciones, registrando así una nutriclina/termoclina somera. Los vientos alisios del sureste predominaron sobre los vientos del oeste, generando las áreas de surgencia costera y ecuatorial con temperaturas de las aguas superficiales relativamente más bajas, elevando la nutriclina/termoclina y desplazando la ITCZ hacia una posición más al norte (Fig. 1). Bajo estas condiciones, este escenario podría ser análogo nuevamente a una actual y dominante fase de La Niña, definida por las bandas de frecuencia media y alta (oblicuidad y precesión respectivamente).

Una visión general de este registro pone de manifiesto una ciclicidad en la que es obvia una componente precesional y otra de oblicuidad, si bien, en los últimos 177 Ka, los análisis espectrales muestran una componente de excentricidad dominante (Fig. 3).

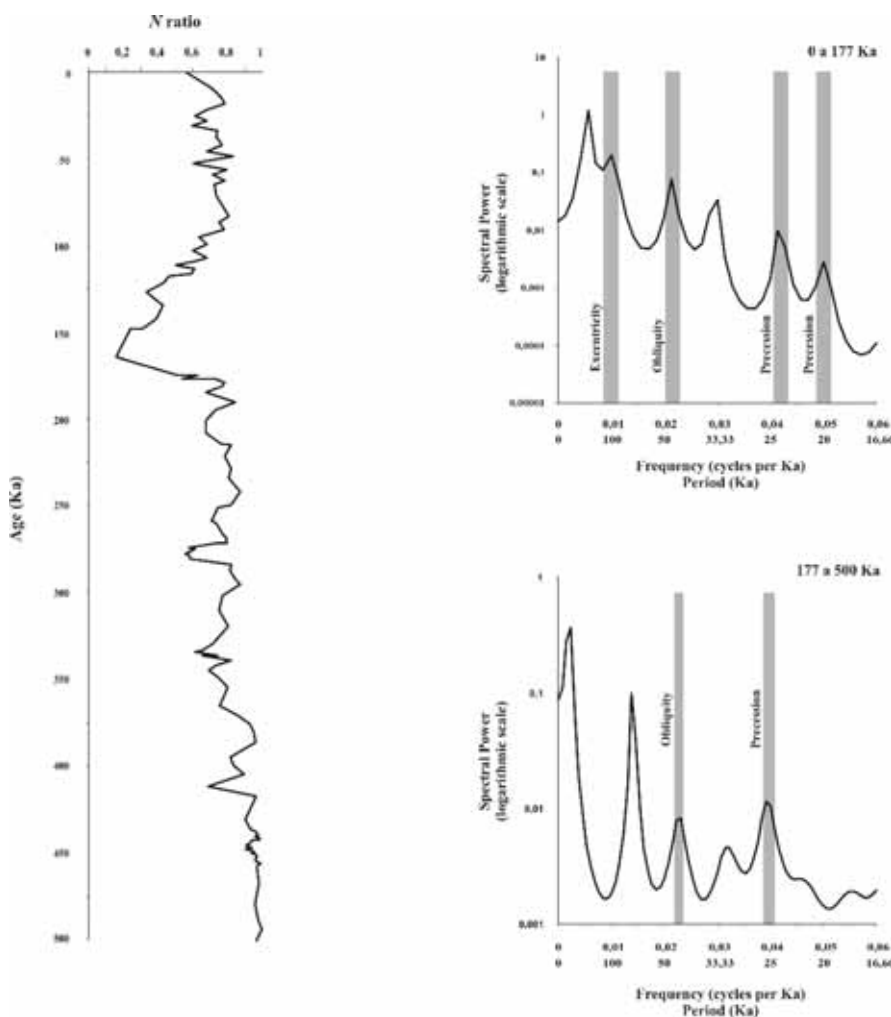
#### Conclusiones

El análisis de la asociación de los nanofósiles calcáreos pone de manifiesto variaciones en la productividad en el Pacífico Ecuatorial Oriental para los últimos 500 Ka:

Los intervalos de 0 Ka a 90 Ka y de 177 Ka a 500 Ka, señalaron las máximas abundancias relativas en los pequeños placolitos y la mínima de *Florisphaera profunda* (manifestado en los altos valores del índice  $N$ ), mostrando un escenario favorable para el desarrollo de una nutriclina superficial o subsuperficial persistente, similar a la actual de La Niña.

El intervalo 90 Ka a 177 Ka, está marcado por un mínimo en la abundancia relativa de los pequeños placolitos y un máximo abrupto en la abundancia relativa de *Florisphaera profunda* (descenso en los valores del índice  $N$ ), registrando un escenario desfavorable para condiciones de alta paleoproduktividad. Este intervalo podría revelar condiciones dominantes, persistentes y análogas al actual evento Niño.

La ciclicidad parece estar controlada por una periodicidad de frecuencias al-



**Fig. 3.-Relación N** indicando la relación entre los taxones de la zona fótica superior y los taxones de la zona fótica inferior para los últimos 500 Ka, y periodogramas (log. del Poder Espectral vs. Frecuencia) por el Espectro de Máxima Entropía.

*Fig. 3.-N ratio function shows the relation between the upper photic zone taxa and lower photic zone taxa over the last 500 Ka, and periodograms (log. Spectral Power vs. Frequency) by Maximum Entropy Spectrum.*

tas (precesional) y de frecuencias medias (oblicuidad), aunque para los últimos 177 Ka, la componente principal es la excentricidad.

**Agradecimientos**

Los autores de este estudio desean expresar su agradecimiento a la Campaña de ODP Leg 202 por la cesión de muestras para el estudio de los nanofósiles calcáreos. Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio Educación y Ciencia de España, a través de una beca docto-

ral a G.E. López-Otálvaro; y a los proyectos españoles BTE2002-04670, REN2003-08642-C02/CLI del Ministerio de Ciencia y Tecnología; y al proyecto SA088/04 de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León.

**Referencias**

Beaufort, L., Lancelot, Y., Camberlin, P., Cayre, O., Vincent, E., Bassinot, F. y Labeyrie, L. (1997). *Science*, 78, 1451-1454.  
 Beaufort, L., de Garidel-Thoron, T., Mix,

A.C. y Pisias, N.G. (2001). *Science*, 293, 2440-2444.  
 Brand, L.E. (1994). En: *Coccolithophores*. (A. Winter y A. Siesser, Eds.). Cambridge University Press, 39-49.  
 Flores, J.A. y Sierro, F.J. (1997). *Micro-paleontology*, 43, 321-324.  
 Flores, J.A., Gersonde, R. y Sierro, F.J. (1999). *Marine Micropaleontology*, 37, 1-22.  
 Flores, J.A., Bárcena, M.A. y Sierro, F.J. (2000). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 459-478.  
 Flores, J.A., Marino, M., Sierro, F.J., Hodell, D.A. y Charles, C.D. (2003). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 196, 409-426.  
 Flores, J.A. y Wei, W. (2003). En: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports.*, 202 (A.C. Mix, R. Tiedemann y P. Blum *et al.*, Eds.). College Station TX (Ocean Drilling Program), 1-145.  
 Haslett, S.K. y Funnell, B.M. (1996). En: *Microfossils and oceanic environments*. (A. Mokuilevsky y R. Whatley, Eds.). University of Wales, Aberystwyth-Press, 155-164.  
 Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Morley, J.J., Pisias, N.G., Prell, W.L. y Shackleton, N.J. (1984). En: *Milankovitch and Climate, I*. (A. Berger, J. Imbrie, J. Hays, G. Kukla, B. Saltzman, Eds.). D. Reidel, Massachusetts, 269-305.  
 Molfino, B. y McIntyre, A. (1990). *Science*, 249, 766-769.  
 Okada, H. (1983). En: *Reconstruction of marine paleoenvironments*. (J.E. Meulenkamp, Ed.). Utrecht Micropaleontology Bulletin, 30, 171-187.  
 Okada, H. y Honjo, S. (1973). *Deep-Sea Research*, 20, 355-374.  
 Okada, H. y Wells, P. (1997). *Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology*, 131, 413-432.  
 Shipboard Scientific Party (2003). En: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports.*, 202 (A.C. Mix, R. Tiedemann y P. Blum *et al.*, Eds.). College Station TX (Ocean Drilling Program), 1-145.  
 Thierstein, H. R., Geitzenauer, K. R., Molfino, B. y Shackleton, N. J. (1977). *Geology*, 5, 400-404.