

# Nuevas aportaciones a la biogeografía de cocolitóforos en el Pacífico ecuatorial y suroriental.

*New contributions to the biogeography of coccolithophores in the Equatorial and Southeastern Pacific.*

M. Saavedra-Pellitero, J.A. Flores y F.J. Sierro

Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced s/n 37008, Salamanca, España. mariemsaavedra@usal.es, flores@usal.es, sierro@usal.es

## ABSTRACT

For this proposal 114 surface sediment samples from the Equatorial and Southwestern Pacific were analysed, recovered during three cruises: Génesis III-RR9702A, NEMO-Me0005A and PUCK: Valparaíso-Talcahuano. A total of 19 different species (or groups in some cases) were identified using petrographic microscope. Five biogeographic coccolithophore zones have been established taking into account the distribution patterns of the taxa and some physical parameters such as temperature and salinity. These zones are:

- Tropical North, characterized by an assemblage mainly composed of *Gephyrocapsa oceanica*, *Florisphaera profunda*, «small» *Gephyrocapsa* and *Gephyrocapsa muelleriae*.
- Equatorial, basically dominated by placoliths.
- Tropical South, where *F.profundus*, *G.oceanica*, «small» *Gephyrocapsa*, *Calcidiscus leptoporus*, *Emiliania huxleyi* and *G.muelleriae* are dominant. Characteristic taxa are *Umbilicosphaera* sp., *Calcosolenia* sp., *Oolithotus* sp., *Syracosphaera* spp. and *Rhabdosphaera clavigera*.
- Subtropical South, with an assemblage dominated by *gephyrocapsids*, *F.profundus*, *C.leptoporus* and *Helicosphaera carteri*.
- Transitional-Subpolar, where «small» *Gephyrocapsa* is the most abundant taxa, although *E.huxleyi*, *G.muelleriae*, *C.leptoporus*, *G.oceanica*, *F.profundus*, *C.pelagicus* (very abundant in this zone) and *H.carteri* are also well represented.

**Key words:** Pacific Ocean, biogeography, patterns of distribution, coccolithophores.

Geogaceta, 42 (2007), 91-94  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El clima de la Tierra está fuertemente relacionado con el contenido de CO<sub>2</sub>, uno de los gases invernadero más importantes en la atmósfera. Una de las mayores fuentes y sumideros para el CO<sub>2</sub> atmosférico es el océano (Broecker, 1982). Entre los procesos que afectan a la concentración de este gas destacan la «bomba física», que describe el hundimiento del CO<sub>2</sub> debido a la formación de masas de agua profundas, por un lado, y la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado debido a surgencias de masas de agua ricas en CO<sub>2</sub>, por el otro (Archer *et al.*, 2000) y la «bomba biológica», que describe el carbono fijado por la materia orgánica y exportado al océano profundo. Aproximadamente el 50% de la productividad marina tiene lugar solamente en el 15% del área oceánica global, en zonas de divergencia ecuatorial y subpolar y en corrientes de margen Este (Berger *et al.*, 1989). Entre otras corrientes de margen Este, la de Perú o de Humboldt (Fig.1) destaca con un continuo régimen de *upwelling* que se traduce

en una productividad biológica alta, haciendo de esta corriente uno de los ambientes marinos más productivos y una parte fundamental del ciclo del carbono (Berger *et al.*, 1987; Lamy *et al.*, 2002).

Los cocolitóforos son importantes productores primarios carbonatados que viven en la zona fótica de todos océanos del planeta y responden a variaciones de los parámetros ambientales, tales como disponibilidad de nutrientes, temperatura, salinidad y estabilidad en la columna de agua (Brand, 1994; Winter *et al.*, 1994). Las asociaciones de cocolitos preservados en el suelo oceánico, a pesar de ser afectadas por destrucción o disolución, se pueden relacionar con condiciones actuales en la parte superior de la columna de agua (McIntyre y Bé, 1967; Roth, 1994) y su estudio es un prerrequisito fundamental en estudios paleoecológicos y paleoceanográficos de sedimentos cuaternarios (Boeckel *et al.*, 2006).

Con ese trabajo se pretenden evaluar los patrones de distribución de las distintas asociaciones de cocolitóforos a

partir de los cocolitos encontrados en las muestras de sedimento superficial («core-tops») tomadas en el Pacífico ecuatorial y suroriental, abarcando prácticamente toda la longitud de la corriente de Humboldt.

## Materiales y métodos

El área de estudio ocupa una franja entre los 15°N y 50°S y 71°W y 93°W (Fig. 2). Se han estudiado un total de 114 muestras; de las cuales 92 fueron consideradas en los análisis estadísticos y 22 fueron desestimadas. Del total de las muestras, 46 fueron recuperadas con «box-corer», 11 de ellas se obtuvieron a bordo del buque oceanográfico Roger Revelle durante el crucero Génesis III, RR9702A (Febrero-Abril de 1997) y 35 a bordo del buque oceanográfico Melville, durante la expedición NEMO, Me0005A (Mayo-Junio de 2000). Las 68 muestras restantes fueron tomadas con «multicorer» en la expedición alemana PUCK, R/V SONNE Cruise SO-156

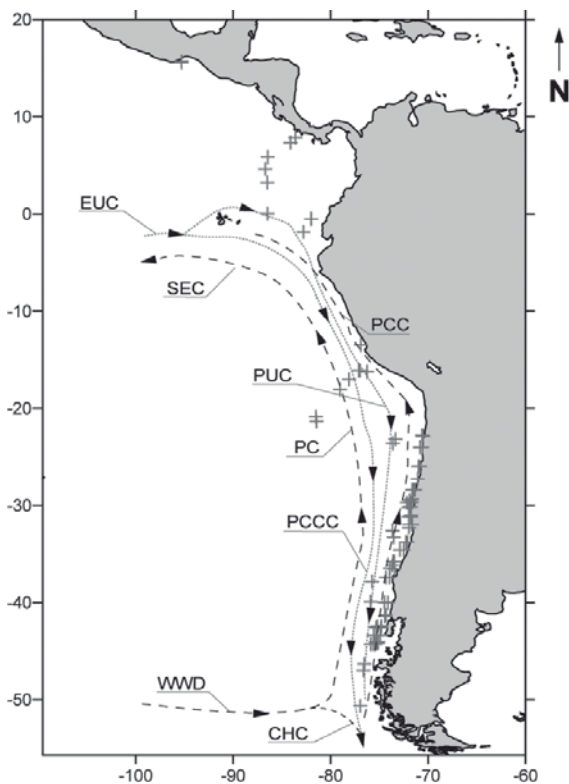


Fig.1.- Surface and subsurface oceanic circulation in the South Pacific Ocean.

Major surface currents (black dashed lines): West Wind Drift (WWD), Cape Horn Current (CHC), Peru Current (PC) Peru Coastal Current (PCC) and South Equatorial Current (SEC).

The subsurface currents (dotted lines) are the Peru-Chile Countercurrent (PCCC), the Peru Undercurrent (PUC), and the Equatorial Undercurrent (EUC).

Modified from M.J. Feldberg and A.C. Mix (2002) and Strub et al. (1998).

Valparaiso-Talcahuano (29 de Marzo-14 de Mayo de 2001).

Las muestras presentan gran variedad de tamaño de grano, aunque siempre inferior a 0.2mm. Predominan los limos y limos arcillosos de colores marrones y beige. Aparecen también limos arenosos y arcillas en menor cantidad. Las arenas son escasas y aparecen asociadas a cierto lavado del material.

Para el análisis de cocolitóforos se realizaron frotis (Backman y Shackleton, 1983), permitiendo la obtención de abundancias relativas de los taxones identificados. Estos análisis se realizaron en microscopios petrográficos (Nikon eclipse 80i y Leica DM R) a 1000X aumentos. Se ha contado un mínimo de 400 cocolitos por muestra en el fin de considerar especies que aparecen con una proporción superior al 0.01, asumiendo un error del 1% (Fatela y Taborda, 2001); sólo en los casos en que la abundancia es baja se ha reducido ese número.

Puntualmente se realizaron observaciones al microscopio electrónico de barrido (Zeiss DSM 940), empleando la técnica de decantación de Flores y Sierra (1997).

nica de decantación de Flores y Sierra (1997).

**Antecedentes**

Los patrones de distribución biogeográfica de cocolitóforos han sido estudiados por pocos autores puntualmente, por lo que existe un gran desconocimiento en este tema. A pesar de ello, las investigaciones de algunos como McIntyre y Bé (1967), cuyo ámbito principal de trabajo fue el Atlántico, Okada y Honjo (1973), que trabajaron en el Pacífico, y las posteriores modificaciones de Winter (1994) permitieron el establecimiento de 5 zonas biogeográficas a nivel general.

**Resultados y discusión**

El análisis de las asociaciones de cocolitóforos llevado a cabo en esta zona nos permite la identificación de una serie de regiones con características comunes a las previamente definidas según los modelos anteriores, al mismo tiempo que ha

servido para completarla, aportando nuevos datos y haciendo que se tenga una visión más global de la distribución de cocolitóforos en los océanos actuales.

Se han generado una serie de mapas de distribución con los porcentajes de las distintas especies y grupos de cocolitóforos característicos del Pacífico ecuatorial y suroriental con el objeto de relacionar los diversos patrones con factores ambientales como temperatura y salinidad. Se han establecido una serie de zonas biogeográficas, cuyas características se detallan a continuación y quedan resumidas en la figura. 2:

*Asociación Tropical (Norte):*

Ocupa, aproximadamente, la franja 10°N a 30°N (Okada y Honjo, 1973)

*Gephyrocapsa oceanica* domina en la asociación y, en menor medida, aparecen *Florisphaera profunda*, «small» *Gephyrocapsa* y *Gephyrocapsa muellerae*.

Como taxones minoritarios, se observan *Calcidiscus leptopus*, *Helicosphaera carteri*, *Emiliania huxleyi* y *Umbilicosphaera* spp.

Aparecen con porcentajes inferiores al 1%: *E.huxleyi* >3µm, *Oolithotus* sp., *Syracosphaera* spp., *Pontosphaera* spp. y *Ceratolithus cristatus* var. *telesmus*.

En la zona Central Norte de Okada y Honjo (1973) también se observaron multitud de especies e, incluso, en determinados puntos, las máximas abundancias son de placolitos por lo que esta zona (establecida en el presente trabajo) tendría características similares a la definida previamente. La única especie que Okada y Honjo consideraron dominante y que en las muestras estudiadas no aparece es *Umbellosphaera* sp., pero su ausencia estaría justificada por un problema de preservación.

De todos modos, no se puede definir una asociación sin cierto margen de error, ya que de esta zona se ha estudiado un número muy bajo de muestras de sedimento superficial, situadas muy próximas a la costa mejicana. La asociación corresponde a la del *upwelling* costero que encontramos en esa posición.

La temperatura de esta zona se sitúa en torno a 28°C y la salinidad oscila entre 33.5‰ y 34.5‰ (Mix et al., 2003).

*Asociación Ecuatorial:*

Ocupa, aproximadamente, la franja 10°N a 10°S

Constituyen la asociación: *F. profunda*, *G. oceanica*, «small» *Gephyrocapsa*, *E. huxleyi* y *G. muellerae*, predominando las tres primeras claramente sobre el resto.

Aparecen en menor medida: *C. leptoporus*, *Helicosphaera carteri*, *G. caribbeanica*, *E. huxleyi* >3µm y *Umbellosphaera* spp.

Como especies escasas aparecen: *Syracosphaera* spp, *Umbellosphaera* sp. y *Oolithotus* spp.

*C. leptoporus* no es especie dominante pero sí está presente en la asociación.

Si se compara esta zona biogeográfica con otras propuestas anteriormente se ve que los placolitos siempre predominan en las asociaciones ecuatoriales.

*Oolithotus fragilis*, que Okada y Honjo (1973) consideran como una de las tres especies más abundantes, apenas aparece en las muestras estudiadas, posiblemente sea debido a que sus cocolitos son realmente frágiles (en comparación con otros, tales como los de *Gephyrocapsa* o *F. profunda*) y su conservación haya sido pobre debido a que la disolución haya jugado un papel importante.

Los rangos de temperaturas y salinidades que caracterizan esta zona varían de 22°C a 28°C, y de 31.5‰ a 35‰ respectivamente (Mix *et al.*, 2003).

**Asociación Tropical (Sur):**

Ocupa, aproximadamente, la franja 10°S a 20°S

Dominan la asociación: *F. profunda*, *G. oceanica*, «small» *Gephyrocapsa*, *C. leptoporus* (cuyo porcentaje aumenta a medida que la situación de la muestra es más distal), *E. huxleyi* y *G. muelleriae*.

En pequeña proporción se presentan *H. carteri* y *Umbellosphaera* spp.

En menor porcentaje están: *E. huxleyi* >3µm, *Syracosphaera* spp., *Rhabdosphaera clavigera*, *Oolithotus* sp., *Umbellosphaera* sp. y *Coccolithus pelagicus*.

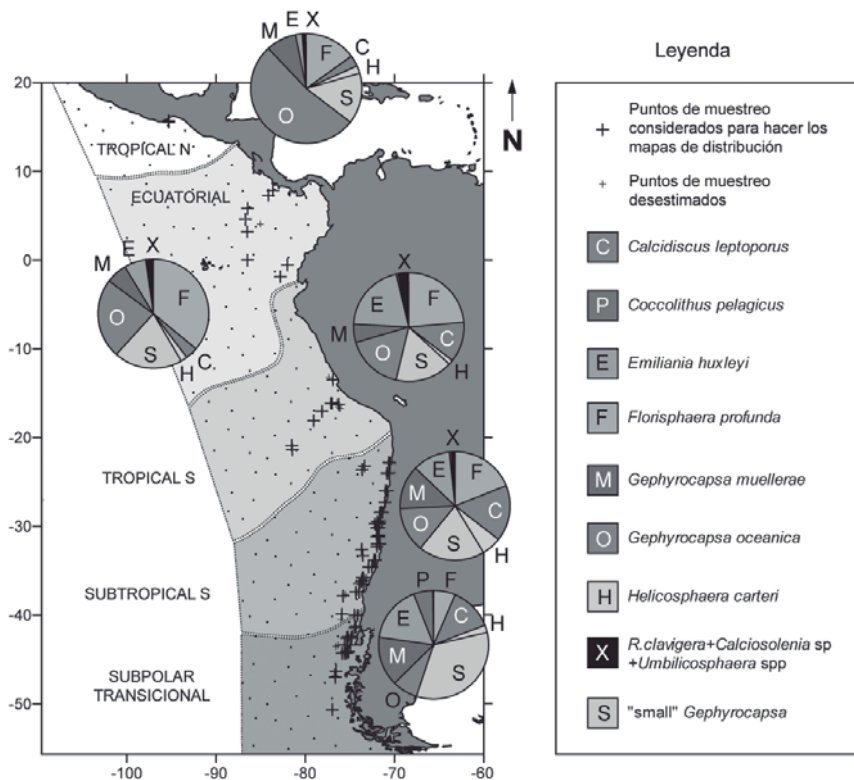
Esta asociación es muy similar a la que definieron McIntyre y Bé en 1967. Hay una alta diversidad. Aparecen especies como *F. profunda*, *Syracosphaera* spp., *Rhabdosphaera clavigera*, *Umbellosphaera* sp. y también, como definieron Okada y Honjo (1973), predominan los placolitos. Por tanto, hay bastantes similitudes entre las zonas descritas previamente y la propuesta en este trabajo.

El rango de temperaturas que se da en esta zona varía de 19°C a 22°C y de 35‰ a 35.5‰ en lo referente a salinidad (Mix *et al.*, 2003).

**Asociación Subtropical (Sur):**

Ocupa, aproximadamente, la franja 20°S a 40°S

Predominan claramente los placolitos de pequeño tamaño, «small»



**Fig.2.-** Mapa resumen del Pacífico ecuatorial y suroriental en el que se muestran cada una de las zonas biogeográficas caracterizadas por el promedio de los distintos porcentajes correspondientes a los taxones más abundantes.

**Fig. 2.-** Summary map of the Equatorial and Southeastern Pacific showing the every biogeographic zones characterized by the percentages of the host abundant taxa.

*Gephyrocapsa* y *E. huxleyi* y aparecen con porcentajes significativos *F. profunda*, *G. oceanica*, *G. muelleriae* y *C. leptoporus* (abundantes en la asociación y aumentando hacia el sur).

Los *gephyrocapsidos* *F. profunda* y *C. leptoporus* dominan la asociación.

*H. carteri* alcanza máximos en esta zona, con lo que se incluye también en el grupo de las especies significativas.

Las especies *E. huxleyi* >3µm, *Umbellosphaera* spp. y *Rhabdosphaera clavigera* son poco abundantes. Las más escasas en esta zona son: *Pontosphaera japonica*, *Syracosphaera* spp., *Umbellosphaera* sp., *C. pelagicus*, *Calciosolenia* sp. y *Oolithotus* sp.

Según la descripción de McIntyre y Bé (1967), esta zona se caracteriza por la presencia de placolitos (*E. huxleyi*, *G. muelleriae* e incluso podemos incluir aquí *C. leptoporus*) y, según Okada y Honjo (1973) aparecen estos cocolitos citados junto a *Rhabdosphaera* sp., *F. profunda*, *Umbellosphaera* sp. y *Oolithotus fragilis*, especies todas presentes en los recuentos de este trabajo, aunque habría que añadir *H. carteri* como especie significativa en esta asociación.

La temperatura que se da en esta zona se sitúa entre 14°C y 19°C, y la salinidad varía entre 34‰ y 35‰ (Mix *et al.*, 2003).

**Asociación Subpolar Transicional:**

Ocupa, aproximadamente, la franja 40°S a 60°S

Domina la asociación: «small» *Gephyrocapsa* acompañada de *E. huxleyi*, *G. muelleriae*, *C. leptoporus* (que aumenta su porcentaje hacia zonas distales), *G. oceanica*, *F. profunda*, *C. pelagicus*, *E. huxleyi* >3µm y *H. carteri*.

Entre las especies escasas, aparece algún cocolito de *Oolithotus* sp., *Umbellosphaera* spp., *Syracosphaera* spp. y *Umbellosphaera* sp., que no son especies endémicas de la zona Transicional-Subpolar, y al presentar una abundancia menor del 1%, se han desestimado. Se interpretan como procedentes de otros lugares a excepción de *Syracosphaera* spp., que es la única que se ha registrado desde 50°N a 50°S, y se interpreta asociada al sistema de *upwelling* costero (al margen de las variaciones de temperatura y salinidad).

De acuerdo con Okada y Honjo (1973) y McIntyre y Bé (1967), predomi-

nan *C. pelagicus* y *E. huxleyi*, a las que habría que añadir el dominio de los gephyrocapsidos (sobre todo de «small» *Gephyrocapsa* y *G. muelleriae*) y la presencia de *C. leptopus*.

Probablemente las diferencias con autores anteriores radique en que esta zona Transicional (Subártica para ellos) estaba ubicada en una zona más meridional. En este trabajo se la denominado Transicional porque no es una «franja biogeográfica» neta, sino que presenta cambios graduales respecto a las situadas a menor latitud sur; el límite puramente Subártica se encontrará a partir a una mayor latitud, ~ 45°S.

El rango de temperaturas que se da en esta zona varía de 9°C a 14°C, y de 33.5‰ a 34‰ en lo referente a salinidad (Mix *et al.*, 2003).

#### Conclusiones:

- ▶ Se han evaluado los patrones de distribución de las distintas especies de coccolitóforos y sus porcentajes relativos en esta zona del Pacífico.
- ▶ Se proponen 5 zonas biogeográficas (Ecuatorial, Tropical N y S, Subtropical y Transicional) en las que se han caracterizado las asociaciones de coccolitóforos actuales, teniendo en cuenta patrones de carácter similar en otras regiones.
- ▶ Se han relacionado estas asociaciones

de coccolitóforos con parámetros físicos como temperatura y salinidad.

#### Agradecimientos:

Este trabajo ha sido financiado por la beca de Formación de Personal Universitario AP-2004-2374 concedida a M. Saavedra Pellitero. Agradecimientos a Dr. Karl-Heinz Baumann, Dr. Óscar Romero, Dr. Alan Mix y Dra. Fátima Abrantes por haber suministrado las muestras.

#### Referencias:

- Archer, D.E. y Johnson, K. (2000). *Global Biogeochemical Cycles*, 14, 269-279.
- Backman, J. y Shackleton, N.J. (1983). *Marine Micropaleontology*, 8, 141-170.
- Berger, W.H., Fischer, K., Lai, C. y Wu, G. (1987). En: *Ocean productivity and organic carbon flux*. University of California, San Diego, 1-67.
- Berger, W.H. Smetacek, V.S. y Wefer, G. (1989). En: *Productivity of the oceans: present and past*. (W.H. Berger V.S. Smetacek y G. Wefer, Eds.). 1-34.
- Boeckel, B., Baumann, K.H., Henrich R. y Kinkel, H. (2006). *Deep-Sea Research, Part I*, 53, 1073-1099.
- Brand, L.E. (1994). En: *Coccolithophores* (A. Winter y G. Siesser, Eds.). Cambridge University Press, 39-49.
- Broecker, W.S. y Peng, T.H. (1982). En: *Tracers in the Sea. Lamont Doerthy Geol. Obs. Publications*, 689 pp.
- Fatela, F. y Taborada, R. (2001). *Marine Micropaleontology*, 45, 169-174.
- Feldberg, J.M. y Mix, A.C. (2002). *Marine Micropaleontology*, 4, 1-29.
- Flores, J.A. y Sierro, F.J. (1997). *Micropaleontology*, 43, 321-324.
- Lamy, F., Rühlemann C., Hebbeln D. y Wefer, G. (2002). *Paleoceanography*, 17 (2), 1028, doi: 10.1029/2001PA000727.
- McIntyre, A. y Bé, A.W.H. (1967). *Deep-Sea Research*, 14, 561-597.
- Mix, A.C., Tiedemann, R., Blum, P. and shipboard scientific party (2003). En: *Leg 202 Summary. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, 202, College Station TX, 145p.
- Okada, H. y Honjo, S. (1973). *Deep-Sea Research*, 20, 355-374.
- Roth, P.H. (1994). En: *Coccolithophores* (A. Winter y G. Siesser, Eds.). Cambridge University Press, 199-218.
- Strub, T.P., Mesias, J.M., Montecino, V., Rutlland, J. y Salinas, S. (1998). En: *The sea* (A.R. Robinson y K.H. Brink, Eds.). 173-383.
- Winter, A., Jordan, R.W. y Roth, P.H. (1994). En: *Coccolithophores* (A. Winter y G. Siesser, Eds.). Cambridge University Press, 161-178.