

RECONSTRUCCIÓN DE LAS CONDICIONES PALEOCEANOGRÁFICAS 2000 AÑOS AP DE LA BAHÍA MEJILLONES (23°S), CHILE A PARTIR DE BIOINDICADORES (FORAMINÍFEROS): RESULTADOS PRELIMINARES

Mónica Páez Iglesias¹; Abdelfettath Sifeddine^{1,2}; Jorge Valdés Saavedra^{2,3}; Luc Ortlieb².

¹*Pós-graduação em Geociências. Programa Geoquímica Ambiental. Departamento de Geoquímica. Universidade Federal Fluminense. Rua Outeiro de São João Batista s/n – 5 andar, Niterói RJ, Brasil.*

e-mail: mpaezi@yahoo.fr, sifed@geoq.uff.br

²*UR 055 PALEOTROPIQUE, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Centre de Recherche Ile de France, 32 Avenue Henri Varagnat, F-93143 Bondy Cédex, Francia.- e-mail: lortlieb@ird.fr*

³*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, FAREMAR, Universidad de Antofagasta, Casilla 170, Antofagasta, Chile. e-mail: jvaldes@uantof.cl*

RESUMEN

Se correlacionó la distribución de los foraminíferos bentónicos de sedimentos superficiales de la bahía Mejillones (23°S), norte de Chile y la oxigenación del ambiente de fondo, con el objetivo de utilizar esta información en la interpretación de las asociaciones recuperadas de un testigo de 38,5 cm de longitud, denominado “F98-7A” (23°03’33” S; 70°25’04” W, 78 m de profundidad). Variaciones en la composición de los foraminíferos indicarían fluctuaciones en la ventilación del ambiente de fondo, dentro de la condición microoxia/disoxia durante el curso de los últimos miles de años, produciéndose una intensificación de la condición disoxica hacia el presente, aspectos que se asociarían a interacciones océano-atmósfera.

ABSTRACT

The distribution of benthic foraminifera in superficial sediments of Mejillones bay (23° S), northern Chile was correlated with the bottom-water oxygen content. This information was then used in the interpretation of the gravity core “F98-7A” (38,5 cm long), collected at 23°03’33” S; 70°25’04” W at 78 m depth. Downcore variation of the microfossil composition provides information on the fluctuations in bottom-water interface ventilation, between microoxic and disoxic conditions in the course of the last centuries, may be interpreted as a confirmation of intensified disoxic levels at present, and seem to be related to former ocean-atmosphere interactions.

Palabras-Clave: foraminíferos bentónicos, paleoceanografía, zona de mínimo oxígeno.

1. INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos son protozoarios altamente sensibles a las condiciones ambientales. La distribución de las especies es controlada por factores bióticos y abióticos que llevan a la formación de diferentes tipos de asociaciones (Bernhard & Sen Gupta, 1999). Estas características permiten considerar a los foraminíferos como uno de los grupos de organismos más apropiados y significativos para la realización de estudios sobre mecanismos de tendencia evolutiva y reconstrucciones paleoceanográficas y paleoclimáticas (Boltovskoy et al. 1991).

Investigaciones paleontológicas dedicadas a evaluar las condiciones pasadas de los sedimentos marinos a partir de estos bioindicadores permiten inferir sobre la historia de los océanos en relación a la circulación, productividad biológica, e inclusive pueden obtenerse conclusiones paleoclimáticas, en las cuales la determinación de la concentración de oxígeno es un componente importante en las interpretaciones al respecto (Bernhard & Sen Gupta, 1999).

El conocimiento de la morfología de los foraminíferos y su comportamiento en la actualidad permite la comprensión de los procesos tafonómicos que conducen a la formación de una asociación fósil (Boltovskoy et al. 1991).

Dentro de este marco y como parte de un estudio mayor, el presente trabajo analiza la distribución de los foraminíferos bentónicos de sedimentos superficiales y de un testigo de 38,5 cm de longitud, con el objetivo de proporcionar una interpretación preliminar sobre las caracte-

rísticas paleoceanográficas y sus implicancias en las interacciones océano-atmósfera en la bahía Mejillones (23°00’S; 70°27’W) localizada en el norte de Chile.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La bahía Mejillones ha sido considerada como un sitio favorable para el registro y preservación de las condiciones oceanográficas sucesivas de los últimos miles de años, debido a su morfología “semi-cerrada”, la baja velocidad de las corrientes y la hipoxia de sus aguas de fondo que limitan la bioturbación del sustrato y por tanto, favorecen la obtención de información estratigráfica ordenada a través del tiempo (Ortlieb et al. 2000).

Los sedimentos del área de estudio están conformados mayoritariamente (90%) por material biogénico marino, como aglomerados de esporas y restos de grandes diatomeas concéntricas, foraminíferos, pellets fecales, huesos, escamas de peces y materia orgánica. Por otra parte, los aportes terrígenos que constituyen menos del 10% del sedimento corresponden a partículas acarreadas principalmente por el viento (Marín & Olivares, 1999).

La condición de baja oxigenación (0,5 ml l⁻¹) del ambiente de fondo se ha visto reforzada probablemente por el aumento de la productividad, asociada al centro de surgencia permanente existente en la zona (Punta Angamos) y/o a una intensificación de la Zona de Mínimo Oxígeno que afecta a esta región entre los 50 a 500 m de profundidad (Escribano 2000).

Todas estas características demuestran el gran potencial de esta bahía para la realización de estudios paleoceanográficos y paleoclimáticos en un pasado reciente.

2.1 Calibración actual

Se recuperaron los foraminíferos bentónicos colectados de sedimentos de interfase en la bahía Mejillones (entre 10 a 120 m de profundidad), con el objetivo de estudiar la distribución espacial y temporal de esta microfauna y correlacionarla con las condiciones de oxigenación del ambiente de fondo. Esta información se utilizó para calibrar la interpretación de los resultados obtenidos a partir del testigo "F98-7A" (23°03'33"S; 70°25'04"W) de 38,5 cm de largo submuestreado cada 0,5 cm.

La calibración actual muestra que la oxigenación de fondo de la bahía influye significativamente en la distribución de los foraminíferos bentónicos. *Bolivina seminuda*, *Nonionella stella* y en menor grado *Bolivina costata* y *Bulimina tenuata* son las especies que mejor se adaptan a los medios de menor contenido de oxígeno (micróxica, con oxigenación inferior a 0,1 ml l⁻¹). *Buliminella elegantissima* se distribuye en mayor abundancia relativa en la zona óxica (oxígeno disuelto superior a 1 ml l⁻¹) y disóxica (concentraciones de oxígeno disuelto entre 0,1 a 1 ml l⁻¹) de la bahía.

Por otra parte, los datos actuales sugieren que en Mejillones, los ambientes disóxicos son más propicios para la proliferación de un mayor número de especies, mientras que los ambientes óxicos y micróxicos presentan condiciones extremas que permiten el desarrollo de una menor cantidad de especies.

2.2 Analisis del testigo F98-7A.

Los caparazones recuperados se encontraron en perfecto estado de conservación, sin disolución de sus carbonatos ni restos de pirita.

Se identificó un total de 18 especies bentónicas, de las cuales destacan en abundancia relativa: *Bolivina seminuda* (46,11%), *Nonionella stella* (17,73%), *Buliminella elegantissima* (17,19%) y *Bolivina costata* (12,95%), consideradas como las especies dominantes. La densidad por muestra fue alta (entre 47565 a 1091 individuos g/cm³ con una media de 9588,1 individuos g/cm³).

Los datos geoquímicos (Figura 1) muestran que el teor (%) C presenta variadas fluctuaciones a través del testigo, tendientes a aumentar a partir de los 22,0-22,5 cm.

La razón C/N muestra sus mayores valores en la base del testigo (38,0-38,5 cm a 21,5-22,0 cm) y entre los 9,0-9,5 cm a 0,0-0,5 cm, con un incremento en los 14,0-14,5 cm. Estas oscilaciones pueden deberse a la degradación selectiva de los componentes de la materia orgánica durante la fase diagenética, la cual posee un alto potencial para alterar la razón C/N. La degradación parcial de la materia orgánica algal durante los procesos iniciales de depositación pueden disminuir selectivamente los componentes proteicos y, de este modo aumentar la razón C/N (Muller, 1977). El aumento de esta razón, es debida principalmente a la absorción de amonio originado por la descomposición de la materia orgánica acompañada por la

reminerización y liberación del carbono (Mariano, 2003).

La densidad (g/cm³) de los foraminíferos bentónicos (Figura 1) es menor en las secciones más antiguas del testigo (38,0-38,5 cm a 21,0-21,5 cm) aumentando significativamente el número de individuos en los 21,0-21,5 cm. Páez et al. (2001) encontraron una mayor densidad faunística en la zona disóxica de la bahía Mejillones, mientras que un menor grupo de organismos fueron recuperados en la zona micróxica.

Del mismo modo, la mayor abundancia relativa de *Bolivina seminuda*, *Nonionella stella* y *Bolivina costata* en las secciones más antiguas del testigo (38,0-38,5 cm a 24,5-25,0 cm) y entre los 9,0-9,5 cm (Figura 2)

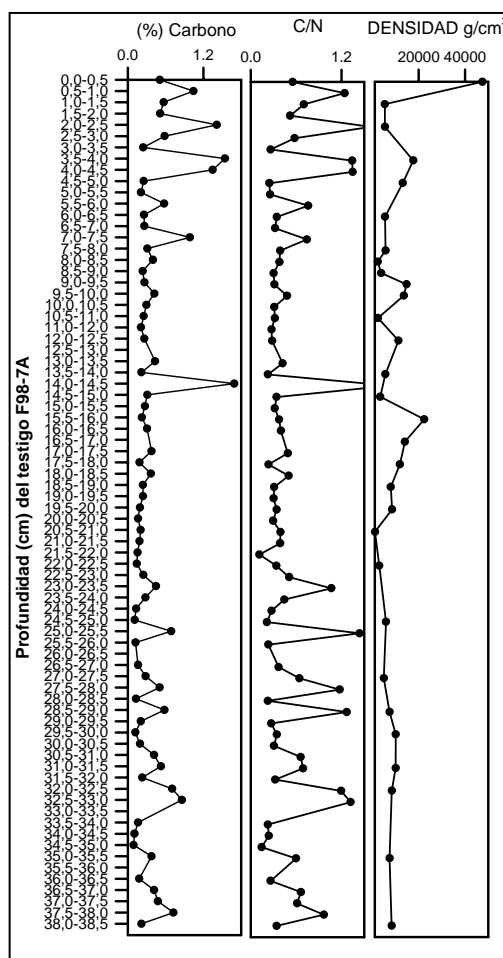


Figura 1 – Perfil del (%) Carbono, razón C/N y densidad (g/cm³) de los foraminíferos bentónicos recuperados en muestras de 0,5 cm correspondientes al testigo F98-7A.

se relacionarían con periodos de baja oxigenación de fondo (micróxia). La disminución en el número de ejemplares de estos foraminíferos en las restantes secciones del testigo y el aumento de *Buliminella elegantissima*, especie señalada como indicadores de medios disóxicos (Páez et al, 2001), reflejarían un leve aumento en las condiciones de oxigenación de la bahía (0,1 a 1,0 ml l⁻¹), las que han permanecido hasta la actualidad.

Según estos resultados y de acuerdo con la distribución de los foraminíferos se podría interpretar que en el ambiente de fondo del área estudiada, presentaría una serie de cambios en las condiciones de ventilación subsuperficial a través del tiempo, las que corresponden a periodos de depositación pobres en oxígeno. Produciéndose una intensificación de la condición de mínimo oxígeno hacia el presente, lo que concuerda con los datos encontrado Ortlieb et al (1994, 2000), Valdés & Ortlieb (2001).

El leve aumento de la oxigenación en el fondo resulta, probablemente de una relajación en la intensidad de la surgencia costera. Según Marín & Olivares (1999) el debilitamiento de la productividad primaria provocaría en el área un leve aumento en la oxigenación de fondo, como consecuencia de una mayor actividad autotrófica.

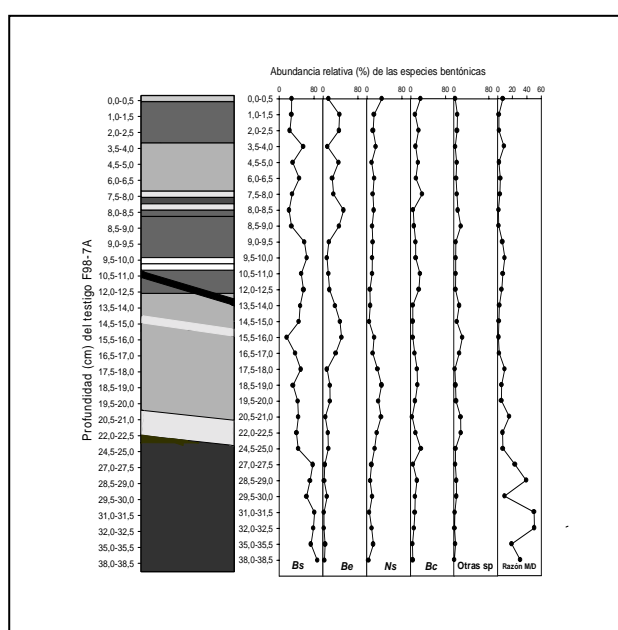


Figura 2 – Estratigrafía del testigo F98-7A, tonalidades según tabla de colores Munsell y distribución vertical de los foraminíferos bentónicos. *Ns*= *Nonionella stella*, *Bs*= *Bolivina seminuda*, *Bc*= *Bolivina costata*, Otras sp= otras especies recuperadas del testigo F98-7A, las cuales se presentaron con una abundancia relativa inferior al 10%. La figura Razón M/D (Micróxia/óxica) graficada a partir de la ocurrencia de las especies de micróxia sobre aquellas que representan disóxica, indicarían una intensificación en la condición de mínimo oxígeno hacia el presente.

El aumento del flujo de materia orgánica registrados en periodos de surgencia, genera un fuerte consumo de oxígeno debido a la degradación que ocurre durante el tránsito de la materia orgánica hacia el piso marino. De esta manera, es posible que las variaciones en la oxigenación (aumento/descenso) representen cambios en la intensidad de la productividad primaria, producto de un fortalecimiento de la surgencia costera (Valdés & Ortlieb, 2001).

De esta manera, se puede interpretar que estas secciones del testigo, representan periodos caracterizados por un leve incremento en el contenido de oxígeno en la columna

de agua en general y una pequeña disminución de la surgencia. Por el contrario, el mayor desarrollo de individuos de *B. seminuda* reflejaría periodos de menor oxigenación, los que podrían traducirse como un reforzamiento de la surgencia y por tanto de la productividad primaria, la cual no se presentaría con la misma intensidad en la actualidad, resultados concordantes con los encontrados en otros testigo obtenidos de esta bahía por Ortlieb et al. (1994, 2000).

Estudios cronoestratigráficos como también análisis geoquímicos, actualmente en curso, deberían permitir precisar las interpretaciones obtenidas por este trabajo en un futuro cercano.

AGRADECIMIENTOS

Investigación desarrollada en el marco del proyecto PALEOTROPIQUE dentro del convenio IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo) de Francia, la Facultad de Recursos del Mar (Universidad de Antofagasta), Chile y el Departamento de Geoquímica de la Universidad Federal Fluminense, Brasil. La autora principal es beneficiaria de una beca de estudio de post grado (Magister) otorgada por el CNPQ- Brasil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BERNHARD, J. M. SEN GUPTA, B. K (1999) Foraminifera of oxygen-depleted environments. In: BK Sen Gupta (eds). *Modern Foraminifera*, 201-216 pp. Kluwer Academic Publishers.
- BOLTOSKOY, E. D. B. SCOTT, F. S. MEDIOLI (1991) Morphological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: A review. *Journal of Paleontology* 65: 175-185.
- ESCRIBANO, R (2000) Distribution of *Euphausia mucronata* at the upwelling area of Peninsula de Mejillones, Northern Chile: The influence of the oxygen minimum layer. *Scientia Marina* 64: 69-77.
- MARIN, V. OLIVARES, G (1999) Estacionalidad de la productividad primaria en bahía Mejillones del Sur (Chile): Una aproximación proceso-funcional. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 629-641.
- MARIANO, CH. (2003) Produção, degradação e sedimentação da matéria orgânica na baía Mejillones del Sur, norte do Chile. Tese Mestrado, Departamento de Geoquímica, Universidad Federal Fulminense. 55 pp.
- ORTLIEB, L. ZUÑIGA, O. FOLLEGATI, R. ESCRIBANO, R. KONG, I. RODRIGUEZ, L. MOURGUIART, PH. VALDES, J. IRATCHET, P (1994) Paleoceanografía de bahía de Mejillones del Sur (Antofagasta, Chile): Resultados preliminares para el último milenio. *Estudios Oceanológicos* 13: 39-49.
- MULLER, P. J. (1977) C/N ratios in Pacific Deep sea sediments: Effect of inorganic ammonium and organic nitrogen compounds sorbed by clay: *Geoquímica Cosmoquímica* 41 (6): 765-776.
- ORTLIEB, L. ESCRIBANO, R. FOLLEGATI, R. ZUÑIGA, O. KONG, I. RODRIGUEZ, L. VALDES, J. GUZMAN, N. IRATCHET, P (2000) Recording of ocean-climate changes during the last 2,000-years in a

hypoxic marine environment off northern Chile (23° S).
Revista Chilena de Historia Natural 73: 221-242.

PAEZ, M. ZUÑIGA, O. VALDES, J. ORTLIEB, L.
(2001) Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos micróxicos de la bahía de Mejillones del Sur (23° S), Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36: 123-133.

VALDES, J. ORTLIEB, L. (2001) Paleoxigenación superficial de la columna de agua en la bahía Mejillones del Sur (23°S): Indicadores geoquímicos en testigos de sedimento marino. *Revista Investigaciones marinas* 29 (1): 1-15.