

NOTA SOBRE LOS VALORES MINIMOS DE
OXIGENACION QUE PUEDEN SOPORTAR
LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS

P O R

ESTEBAN BOLTOVSKOY

Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia"
y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Técnicas, Argentina.

INTRODUCCION.

El material estudiado para esta nota fue muy amablemente enviado al autor por el Dr. V. A. Gallardo (Concepción, Chile) quien lo colectó durante la Expedición Chilena "Mar Chile II" (Julio, 1962), a bordo del buque de la Armada Chilena "Yelcho". Me es grato expresar al citado colega mi más sincero agradecimiento por el material suministrado, así como también por algunos trabajos chilenos referentes al área del estudio.

En realidad, parte del material recibido ya lo he investigado anteriormente y los resultados obtenidos los he incluido en mi trabajo publicado en 1965 (Boltovskoy, 1965). Sin embargo aquel estudio era de carácter preliminar y, además, las muestras suplementarias me permitieron no solamente ampliarlo, sino corregir algo los datos obtenidos anteriormente.

Esta circunstancia me da base para pensar que la presente nota tiene originalidad y cierto interés científico para ser publicada.

GENERALIDADES.

El oxígeno disuelto en el agua de mar es imprescindible tanto para la respiración, como para la oxigenación de la materia orgánica en general. Su cantidad depende de la temperatura y el número de

organismos vegetales y animales que lo aportan y consumen. Las fuentes de oxígeno son la fotosíntesis y la atmósfera. Si las masas de aguas que carecen de oxígeno salen a la superficie e inundan la plataforma continental, pueden causar la muerte masiva de varios tipos de organismos. En el caso que este fenómeno suceda repetidas veces, toda la fauna bentónica sería pobre. Esta es la razón principal de la pobreza faunística del bentos de ciertas áreas, como, por ejemplo, la zona costera de Panamá, bahía de California, y algunas otras.

La concentración de oxígeno en el agua superficial a menudo está bastante cerca del valor de saturación (9 ml/l) y oscila comúnmente entre 4 y 6,5 ml/l. Más o menos los mismos valores son comunes para profundidades de la plataforma y el talud. Sin embargo pueden ser mucho menores, a saber del orden de décimas de ml, pero en tales casos toda la fauna se empobrece mucho. Como lo demostraron los estudios de Gallardo (1963) de la fauna bentónica de la misma área donde proviene el material del presente artículo, ésta se caracteriza por su densidad excepcionalmente baja.

DATOS PRECEDENTES CON RESPECTO A LOS FORAMINIFEROS.

Los datos referentes a la relación entre los Foraminíferos y la oxigenación son sumamente pobres. Se pueden encontrar en la bibliografía algunas observaciones ocasionales sobre géneros o especies que, eventualmente, pueden tolerar una oxigenación insuficiente. Según, por ejemplo, Sigal (1952) y Pokorny (1958), ejemplos de tales organismos son Foraminíferos aglutinados: *Haplophragmoides*, *Trochammina*, *Cyclammina*, *Bathysiphon*. Bettenstaedt (1962) incluye a *Vaginulina procera* Albers. Pero ninguno de estos autores cita valores definidos ni detallan en qué se basan sus afirmaciones, circunstancias que las hacen bastante arbitrarias.

Varios autores (por ejemplo, Le Calvez, 1951; Nagahama, 1951; Said, 1953; Miller, 1953; Ishiwada, 1958; Hendrix, 1958), al encontrar una fauna de Foraminíferos bentónicos cuantitativamente muy pobre y/o de muy pequeño tamaño, atribuían el fenómeno a la carencia de oxígeno. Lamentablemente los autores citados tampoco presentan datos exactos.

Saidova (1960, 1961) destaca la importancia de la oxigenación para las características cuantitativas de la fauna de Foraminíferos del Mar de Okhotsk y da datos bastante detallados del contenido de O₂, relacionándolos con algunas características cualitativas de la fauna. Lamentablemente en estos casos ella no separa los caparazones vacíos de aquellos con protoplasma, hecho que disminuye el valor de sus conclusiones, ya que subsiste la posibilidad de que muchos caparazones no pertenezcan a habitantes del lugar, siendo por ello las conclusiones con respecto a la tolerancia al contenido de O₂ erróneas en el caso de esos hallazgos.

Emery & Hulsemann (1962), en una cuenca (Santa Bárbara), cuyas aguas situadas inmediatamente encima del fondo son muy desoxigenadas, encontraron *Bolivina seminuda* Cushman y *Suggrunda eckisi* Natland en un ambiente con menos de 0,1 ml/l de O₂. Para lugares con valores algo mayores ellos citan *Bolivina argentea* Cushman y *Loxostomum pseudobeyrichi* (Cushman).

Es una lástima que los autores citados también trabajaron con caparazones sin diferenciar "vivos" y "muertos". No obstante se puede deducir que sus conclusiones también tienen valor para los vivos. Con material de la misma cuenca simultáneamente trabajó Lutze (1960, 1962), quien investigó la pérdida de ornamentación y otros cambios morfológicos que sufren los Foraminíferos en aguas desoxigenadas. Este autor, trató de usar, hasta donde le fue posible, ejemplares con protoplasma y cita, para un ambiente con un contenido de O₂ hasta menos de 0,1 ml/l, las siguientes especies: *Bolivina argentea* Cushman, *B. pseudobeyrichi* Cushman y *B. spissa* Cushman.

Smith (1963) también estudió caparazones con protoplasma. Observó ejemplares vivos y bien desarrollados de *Bolivina semiperforata* Martin, *B. minuta* Natland, *B. subadvena* Cushman y *B. pseudobeyrichi* Cushman en aguas que tenían 0,30 ml/l de oxígeno; *Bolivina seminuda* Cushman en aguas de 0,38 ml/l, y *Suggrunda eckisi* Natland con 0,58 ml/l.

El estudio de Harman (1964) es más interesante por el hecho que la oxigenación en el área de su estudio era inferior. Sin embargo él no separó los "vivos" de los "muertos". Dicho autor determinó en la cuenca de Santa Bárbara, en un área donde el contenido de O₂ era menor de 0,1 ml/l, las siguientes especies bien predominantes: *Suggrunda eckisi* Natland, *Bolivina seminuda* Cushman, *B. advena* Cushman, *Cassidulinoides cornuta* (Cushman) y *Buliminella exilis tenuata* (Cushman). Además en la misma zona halló ejemplares muy pequeños y aislados de *Globobulimina pacifica* Cushman, *Bolivina pacifica* Cushman & McCulloch, *Nonionella stella* Cushman & Moyer y *Loxostomum pseudobeyrichi* (Cushman).

En dos trabajos recientemente aparecidos Saidova (1971) y Khusid (1971) tratan los Foraminíferos sudamericanos de la costa pacífica entre 0° y 23°S, es decir precisamente el área a la cual pertenece el material del presente estudio. Saidova (1971) destaca que en las áreas con baja oxigenación (0,3 ml/l o menos) la fauna de Foraminíferos bentónicos es muy pobre cualitativamente y además se caracteriza por la ausencia completa de especies aglutinadas. Es interesante destacar que esta última afirmación contradice el punto de vista de Sigal (1952) y Pokorny (1958) antes citado. Según datos de Saidova los Foraminíferos que predominaron a las profundidades especificadas, son los siguientes: Menos de 150 m, una especie de *Brizalina* y una de *Nonionella*. Entre 150 y 250 m, una especie de *Brizalina*. Entre 250 y 500 m, una especie de *Smirnela*.

Khusid (1971) investigó los Foraminíferos bentónicos de la misma área. Dice que entre los 30 y 500 m de profundidad, allí donde el contenido de oxígeno disuelto en el agua es muy bajo (0,14 - 0,38 ml/l), el 60% de los caparazones pertenecen a *Brizalina*. En la parte septentrional de ésta área, entre los 200 y 400 m son a veces muy numerosos los ejemplares de *Epistominella* (hasta 54%).

Lamentablemente tanto Saidova como Khusid no dan determinaciones específicas. Sin éstas no puedo afirmar con toda seguridad que su *Brizalina* es lo mismo que la *Bolivina punctata* y *B. costata* hallados por mí, sin embargo esto es sumamente probable. No da lugar a dudas que la *Smirnella* de Saidova es un Foraminífero determinado para este estudio como *Cassidulina*.

MATERIAL ESTUDIADO.

Tuve a mi disposición, para el presente trabajo, las siguientes muestras:

Nº	Latitud S	Longitud W	Profund. m.	Profund. máx. donde fue me- dido el O ₂	Oxígeno ml/l
20	19°02,0'	70°20,3'	102	79	0,14
21	19°34,8'	70°15,8'	133	94	0,17
41	20°11,0'	70°11,2'	105	74	0,14
42	20°48,3'	70°12,8'	81	50	0,31
44	20°48,6'	70°17'	90	69	0,17

Los datos con respecto al contenido de oxígeno fueron tomados de Anónimo (1965). Como se puede ver, las profundidades donde ha sido medido este valor y las profundidades en cada una de las estaciones donde proviene el material bentónico, no se corresponden entre sí, siendo la profundidad del fondo en todos los casos algo mayor. Sin embargo esta circunstancia no tiene gran importancia y nosotros podemos considerar que el contenido de oxígeno en el agua situada inmediatamente encima del fondo tiene los mismos valores. Esta conclusión se puede extraer analizando la distribución del O₂ en los cortes verticales presentados por Robles (1966). La carencia del oxígeno no es un fenómeno local, sino el de una gran masa de agua desoxigenada que baña gran parte de la plataforma y talud chileno entre unos 50 y 400-500 m aproximadamente, y se distribuye luego mar adentro.

MÉTODOS SEGUIDOS.

El material obtenido fue lavado a través de un tamiz de 69 micrones de abertura de malla, siendo el remanente tratado con

Rosa de Bengala. Luego lavado de nuevo, para eliminar el exceso de colorante, y secado al aire libre. El material así preparado fue revisado bajo una lupa y todos los ejemplares que mostraron la presencia de protoplasma (coloreado con Rosa de Bengala para facilitar su reconocimiento) fueron separados y distribuidos en portaforaminíferos para su estudio sistemático.

FAUNA ENCONTRADA.

Las especies encontradas con protoplasma son las siguientes:

Bolivina punctata d'Orbigny. Muestras 20, 21, 41, 42 y 44. Escaso número de ejemplares. Tamaño normal o pequeño.

Bolivina costata d'Orbigny. Muestras 20, 21, 41, 42 y 44. Número de ejemplares muy escaso en todas las muestras; en la N^o 20 fue hallado un sólo ejemplar. Casi todos los individuos de pequeño tamaño y frecuentemente con la ornamentación subdesarrollada.

Epistominella exigua (Brady). Muestras 20, 21, 42 y 44. Ejemplares pequeños y en escasa cantidad.

Cassidulina auka Boltovskoy & Theyer. Muestras 21 y 42. Ejemplares aislados, muy pequeños.

Nonionella auris (d'Orbigny). Muestra 21. Un ejemplar pequeño.

Bulimina sp. Muestras 41 y 42. Un sólo y muy pequeño ejemplar en cada muestra.

Virgulina sp. Muestra 42. Un muy pequeño ejemplar.

Además en las muestras estudiadas han sido encontrados numerosos ejemplares sin protoplasma, pertenecientes casi exclusivamente a *Bolivina punctata* y *B. costata*, y caparazones, también sin protoplasma, tanto de las demás especies arriba enumeradas, como de algunas pocas otras. En general la tanatocenosis era pobre y muy monótona cualitativamente. Con respecto al número de ejemplares con protoplasma, la muestra 42 resultó considerablemente más rica que las otras. Es oportuno recordar que precisamente esta muestra corresponde al lugar de mayor oxigenación (0,31 ml/l). La muestra 44 es interesante por contener no sólo muchas Bolivinas sino también *Cancris inflatus* (d'Orbigny). Sin embargo entre los caparazones hallados no hubo ninguno que pudiera ser considerado indudablemente "vivo".

Es interesante destacar que entre todos los ejemplares "vivos" de las muestras estudiadas no ha sido hallado ningún Foraminífero aglutinado. En lo que se refiere a caparazones "muertos" el porcentaje de aglutinados entre ellos era sumamente bajo. En las mismas profundidades de la plataforma chilena, pero algo más al Sur, donde el contenido de oxígeno disuelto es mayor (pero el fondo más o menos igual), la relación entre las especies aglutinadas y calcáreas era de 26:74 (Boltovskoy & Theyer, 1970).

CONCLUSIONES GENERALES.

El análisis de los datos bibliográficos y los obtenidos por el presente estudio permite sacar las siguientes conclusiones.

1. El bajo contenido de O_2 disuelto en el agua provoca una disminución cualitativa y cuantitativa de la fauna de Foraminíferos.

2. De todos los Foraminíferos bentónicos el género *Bolivina* es el más tolerante con respecto a la baja oxigenación. Algunas de sus especies no solamente pueden sobrevivir un contenido de O_2 de alrededor de 0,1 ml/l (algo menor o mayor), sino hasta prosperar allí (por ejemplo *Bolivina punctata*).

3. Otras especies que demuestran una tolerancia de aproximadamente igual grado pertenecen a *Suggrunda*, *Loxostomum* y *Brizalina*. Sin embargo estos tres géneros son tan cercanos a *Bolivina* que probablemente más correcto sería considerarlos como sinónimos.

4. Los géneros que también tienen representantes capaces de soportar valores muy bajos de O_2 son: *Nonionella*, *Epistominella* y *Cassidulina*.

5. El contenido bajo de O_2 disuelto tiene influencia sobre la morfología conchular, a saber, los caparazones se hacen más pequeños y pierden su ornamentación.

6. Al contrario de la opinión expresada en algunos manuales, justamente los Foraminíferos aglutinados son menos tolerantes con respecto a la desoxigenación que los calcáreos.

Los fenómenos enumerados pueden servir como buena guía para problemas relacionados con la paleontología.

RESUMEN

El estudio de cinco muestras bentónicas extraídas en la plataforma continental de Chile, en profundidades que oscilaron entre 50 y 94 m, y entre las latitudes 19° y 21°S, en aguas con un contenido muy bajo de oxígeno (entre 0,14 y 0,31 ml/l) demostró que los siguientes Foraminíferos estaban vivos (tenían protoplasma) en el momento de su captura: *Bolivina punctata*, *B. costata*, *Epistominella exigua*, *Nonionella auris*, *Cassidulina auka*, *Bulimina sp.* y *Virgulina sp.*. Los primeros dos estaban representados por un reducido número de ejemplares de tamaño normal y pequeño. Además, *Bolivina costata* se caracterizó por el escaso desarrollo de la ornamentación. Las demás especies (*Epistominella exigua*, *Nonionella auris*, *Cassidulina auka*, *Bulimina sp.* y *Virgulina sp.*) fueron hallados como ejemplares aislados y de tamaño muy pequeño. Toda la tanatocenosis de Foraminíferos

bentónicos de esta área es pobre cuantitativamente y muy pobre cualitativamente y consiste principalmente de especies del género *Bolivina*.

En base a estos resultados, así como a datos bibliográficos, el autor concluye que: a) El contenido bajo de oxígeno disuelto lleva al empobrecimiento cualitativo y cuantitativo en la fauna de Foraminíferos bentónicos y además provoca algunos cambios morfológicos (pérdida de la ornamentación, disminución del tamaño) en los caparazones. b) *Bolivina* es el género más resistente a la desoxigenación, aparentemente puede soportar sin mayor inconveniente valores de hasta alrededor de 0,1 ml/l. En este tipo de ambientes este género presenta diferentes especies de acuerdo a la profundidad. c) *Suggrunda*, *Loxostomum* y *Brizalina* (todas tan afines a *Bolivina* que según varios autores sólo se trata de sinónimos) también pueden tolerar aproximadamente iguales valores de escasez de oxígeno. *Nonionella*, *Cassidulina* y *Epistominella* también tienen algunos representantes resistentes a la desoxigenación, sin embargo estos son más sensibles y su límite inferior de tolerancia es algo superior al de *Bolivina*. d) Los Foraminíferos aglutinados tomados en su generalidad parecen ser más sensibles a la baja oxigenación que los calcáreos.

SUMMARY

A study of five bottom samples collected on the Chilean shelf between 19° and 21°S at depths of 50-94 m in water characterized by a very low oxygen content (between 0.14 ml/l and 0.31 ml/l) revealed that the following Foraminifers were alive (contained protoplasm) at the time of collection; *Bolivina punctata*, *B. costata*, *Epistominella exigua*, *Nonionella auris*, *Cassidulina auka*, *Bulimina* sp. and *Virgulina* sp. Small numbers of specimens of *Bolivina punctata* and *B. costata* were found and these specimens were either normal or small sized. *Bolivina costata* exhibited very badly developed ornamentation. The other species (*Epistominella exigua*, *Nonionella auris*, *Cassidulina auka*, *Bulimina* sp. and *Virgulina* sp.) were found as isolated and undersized specimens. The foraminiferal thanatocoenoses of this area were quantitatively and qualitatively very poor and consisted mainly of specimens of *Bolivina*. No living specimens of agglutinated Foraminifera were found.

On the basis of these observations and bibliographical data the following conclusions are drawn: a) The low oxygen provokes qualitative and quantitative impoverishment and some morphological changes (loss of ornamentation and small size) in the benthonic fora-

miniferal fauna. b) *Bolivina* is the genus with the greatest tolerance with respect to a low oxygen content; it can survive without evident difficulties in water with an oxygen content as low as 0.1 ml/l. In waters with a low content different species of *Bolivina* are found at different depths. c) *Suggrunda*, *Loxostomum* and *Brizalina* (all of them taxonomically very close to *Bolivina*) are three other genera which can tolerate approximately the same low oxygen levels as *Bolivina*. *Nonionella*, *Cassidulina* and *Epistominella* also have a high tolerance to low oxygen content. However, they are more sensitive and cannot tolerate levels as low as *Bolivina* can. d) Agglutinated Foraminifers seem to be less tolerant than calcareous ones.

BIBLIOGRAFIA

ANONIMO

1965 Operación Oceanográfica MAR CHILE II: Datos físico-químicos y batimetría. Inst. Hidrog. Armada Chile, Valparaíso.

BETTENSTAEDT, F.

1962 Evolutionsvorgänge bei fossilen Foraminiferen. Geol. Staatsinst. Hamburg, Mitt., 31.

BOLTOVSKOY, E.

1965 Los Foraminíferos recientes (biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica). EUDEBA, Buenos Aires.

BOLTOVSKOY, E. & THEYER, F.

1970 Foraminíferos recientes de Chile central. Museo Argentino Cienc. Nat., Rev., Hidrobiol., Vol. 2, Nº 9.

EMERY, K. O. & HULSEMAN, J.

1962 The relationship of sediments, life and water in a marine basin. Deep-Sea Res., Vol. 8.

GALLARDO, A.

1963 Notas sobre la densidad de la fauna bentónica en el sublitoral del norte de Chile. Gayana, Nº 10.

HARMAN, R. A.

1964 Distribution of Foraminifera in the Santa Barbara Basin, California. Micropaleontology, Vol. 10, Nº 1.

HENDRIX, W. E.

1958 Foraminiferal shell form, a key to sedimentary environment. Jour. Pal., Vol. 32, Nº 4.

ISHIWADA, Y.

1958 Studies on the brackish water. III. Recent Foraminifera from the brackish lake Haman-ko. Geol. Surv. Japan, Rep., 180.

KHUSID, T. A.

1971 Raspredelenie taksothenezov foraminifer na materikovoj stupeni Juzhnoj Ameriki y tikhom okeane. Okeanologija, Vol. 11, Nº 2.

LE CALVEZ, J. & LE CALVEZ, Y.

1951 Contribution a l'étude des Foraminifères des eaux saumâtres. I. Etang de Canet et des Salses. Vie et Milieu, Vol. 2.

- LUTZE, G. F.
1962 Variationsstatistik und Ökologie bei rezenten Foraminiferen. Palaont. Z., Vol. 36.
- LUTZE, G. F.
1964 Statistical investigations on the variability of *Bolivina argentea* Cushman. Cushman Found. Foram. Res., Contr., Vol. 15, No 3.
- MILLER, D. N.
1953 Ecological study of the Foraminifera of Mason inlet, North Carolina. Cushman Found. Foram. Res., Contr., Vol. 4, pt. 2.
- NAGAHAMA, M.
1951 Studies on foraminiferal fauna of small or almost enclosed bays in Japan. Inst. Nat. Res., Rep. No 19-21.
- POKORNY, V.
1958 Grundzüge der Zoologischen Mikropalaontologie, Vol. 1, D.V.W., Berlin.
- ROBLES, F.
1966 Descripción gráfica de las condiciones oceanográficas frente a la provincia de Tarapacá en base a los datos de la operación oceanográfica Mar Chile II. Inst. Hidrogr. Armada Chile, Valparaíso.
- SAID, R.
1953 Foraminifera of Great Pond East Falmouth, Massachusetts. Cushman Found. Foram. Res., Contr., Vol. 4, No 1.
- SAIDOVA, Kh. M.
1960 Raspredelenie foraminifer v donnykh otlozhenijakh Okhotskogo morja. Akad. Nauk SSSR, Inst. Okeanol., Trudy, 32.
- SAIDOVA, Kh. M.
1961 Ehkologia foraminifer i paleogeografia dal'nevostochnykh morej SSSR i severozapadnoj chasti Tikhogo okeana. Akad. Nauk SSSR.
- SAIDOVA, Kh. M.
1971 O rasprostranenii foraminifer u tikhookeanskogo poberezh'ja Juzhnoj Ameriki. Okeanologija, Vol. 11, No 2.
- SIGAL, J.
1952 Ordre de Foraminiferes, en: Piveteau, Traité de paléontologie, Masson, Paris, 1952.
- SMITH, P. B.
1963 Quantitative and qualitative analysis of the family Bolivinidae. U.S. Geol. Surv., Prof. Pap. 429-A.