

## ARCO DE SCOTIA ¿UN PUENTE PARA EL INTERCAMBIO DE LOS FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS ENTRE ANTÁRTICA Y SUDAMÉRICA?

### SCOTIA ARC, A BRIDGE FOR ANTARCTIC AND SOUTH AMERICAN BENTHIC FORAMINIFERA INTERCHANGE?

Tatiana Hromic<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

During the LAMPOS 2002 cruise, six marine sediment samples were collected in Scotia Arc area (Orkney Island, South Georgia, South Sandwich and Elephant Island) from 178 - 255 m water depth. In order to investigate benthic foraminifera the samples were analyzed. In total twenty four species were identified, belonging to 4 suborders, 18 families and 20 genera. Textulariina is the most abundant suborder (81,4% specimens and 58,3% species) in all the samples, except Isla Elefante. The main species were: *Miliammina arenacea* (23,1%), *Reophax pilulifer* (13,5%); *Trochammina antartica* (12,7%); *Bathysiphon* sp. (10,7%); *Trochammina inflata* (7,4%) y *Fursenkoina fusiformis* (6,2%). The Scotia Arc could be a bridge for 13 species. For *Pseudobolivina antarctica*, *Portatrochammina antartica* and *Trochammina antartica* present only in Antarctica and for *Cyclammina cancellata* and *Ammobaculites americanus*, only present in South America, the Scotia Arc would be the biogeographic limit.

Key words: Foraminifera, benthonic, Scotia Arc, Antarctic biodiversity, abundance.

#### RESUMEN

Durante el crucero LAMPOS- 2002, se recolectaron 6 muestras de sedimentos marinos en el Arco de Scotia (Islas Orcadas, Georgias del Sur, Sandwich del Sur e Isla Elefante) desde profundidades entre 178 y 255 m. Las muestras fueron analizadas para investigar la presencia de foraminíferos bentónicos. Se identificaron 24 especies clasificadas en 4 subórdenes, 18 familias y 20 géneros. El suborden con mayor representación fue Textulariina (81,4% de los ejemplares y el 58,3% de las especies), en todas las muestras, excepto en Isla Elefante. Las especies más abundantes fueron: *Miliammina arenacea*

<sup>1</sup> Laboratorio de Micropaleontología, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile. tatiana.hromic@umag.cl

(23,1%), *Reophax pilulifer* (13,5%); *Portatrochammina antarctica* (12,7%); *Bathysiphon* sp. (10,7%); *Trochammina inflata* (7,4%) y *Fursenkoina fusiformis* (6,2%). El Arco de Scotia actuaría como puente entre ambos continentes para 13 especies. Las especies *Pseudobolivina antarctica*, *Portatrochammina antarctica* y *Trochammina antarctica* son endémicas de la Antártica y para *Cyclammina cancellata* y *Ammobaculites americanus*, sólo presentes en Sudamérica, el arco de Scotia se constituiría en el límite biogeográfico.

Palabras clave: Foraminíferos, bentónicos, Arco de Scotia, Antártica, abundancia, diversidad.

## INTRODUCCIÓN

El enfriamiento de la Antártica, en su migración hacia el Sur al desprenderse de Gondwana, la instalación de la corriente circumpolar y la profundización de los mares en su entorno, son factores que contribuyeron al aislamiento y diferenciación de las comunidades biológicas entre este continente y Sudamérica. Sin embargo, el hecho de que ambos continentes estuvieran unidos en el pasado y de que actualmente son los más próximos, ha motivado a diversos investigadores a preguntarse si existe alguna relación entre la fauna de Antártica y Sudamérica (Arntz, 2003 *In* Arntz & Brey, 2003). La presencia de numerosas islas entre ambos continentes sugiere algún tipo de conexión y una posibilidad de intercambio similar al gran intercambio Pleistocénico, sucedido entre América del norte y del Sur, al menos en relación a la fauna marina. En este escenario, el Arco de Scotia jugaría un rol importante como corredor biológico entre Antártica y Sudamérica. El Arco de Scotia es una cordillera submarina, derivada de los Andes sudamericanos, que se continúan en los Antartandes y que forman un gran arco que rodea la placa de Scotia por el oriente. Varias de sus cumbre emergen formando grupos de islas muy conocidas como las Georgias del Sur, Sandwich del Sur, Orcadas del Sur y Shetland del Sur, y dan paso a un sistema de islas, que perfectamente podrían servir de puente para la fauna entre Sudamérica y Antártica (Arntz *op.cit.*).

Un grupo importante de la fauna marina son los foraminíferos bentónicos (Rhizopoda: Foraminiferida) (Adl *et al.* 2005) y, sin duda, para ellos también el Arco de Scotia podría servir como medio de comunicación entre ambos continentes. Algunos investigadores señalan que en las costas sudamericanas australes del Pacífico, hay un predominio de foraminíferos con caparazón

calcáreo, rotalínidos principalmente (Ishman & Martínez, 1995; Zapata & Moyano, 1997; Hromic, 1996, 1999, 2001, 2005, 2007, 2009), mientras que en la Antártica, se observa una mayor presencia de organismos con caparazón arenáceo, textuláridos (Herb, 1971; Finger & Lipps, 1981; Lena, 1975, 1980; Mackensen *et al.* 1990). A nivel específico, algunas especies como *Cassidulina rossensis*, descrita para Antártica (Kennett, 1967), se presenta con gran frecuencia y abundancia en la costa Pacífica (Hromic *et al.* 2006), mientras que otras como *Miliammina arenacea* se encuentra sólo en algunos puntos restringidos de las zonas de canales, internos (Zúñiga-Rival, 2006).

Los foraminíferos bentónicos de la zona austral Pacífica han sido estudiados por diversos autores en las últimas décadas (Marchant, 1993; Zapata & Moyano, 1997; Violanti *et al.* 2000; Hromic *et al.* 2006); y los de Antártica por investigadores como, Lena (1975, 1980), Gaździcki & Majewski (2003), Ishman & Domack (1994) Majewski (2005) entre otros muchos, sin embargo, no se ha hecho a la fecha un estudio comparado de los foraminíferos entre ambos continentes con excepción de algunos intentos (Hromic, 2002; Hromic *et al.* 2012).

Escasos estudios se han hecho en las cercanías del Arco de Scotia, uno de ellos fue realizado por Herb (1971), en el paso Drake. Este autor encontró entre los arenáceos más abundantes: *Reophax pilulifer*, *R. nodulosus*, *L. jeffreysii*, *Bathysiphon filiformis*, *Rhizammina indivisa*, *Saccammina sphaerica*, *Reophax nodulosus* y *Cyclammina pusilla* y entre los calcáreos dominantes, *Cibicides fletcheri*, *Discanomalina vermiculata* y *Cassidulina crassa*. Otro estudio en las proximidades del Arco de Scotia, corresponde al realizado por Thompson (1978), en la Isla de los Estados (~54,5°S 64,5°W); en este se da a conocer una rica fauna formada principalmente por rotalínidos con abundante presencia de *Rosalina*

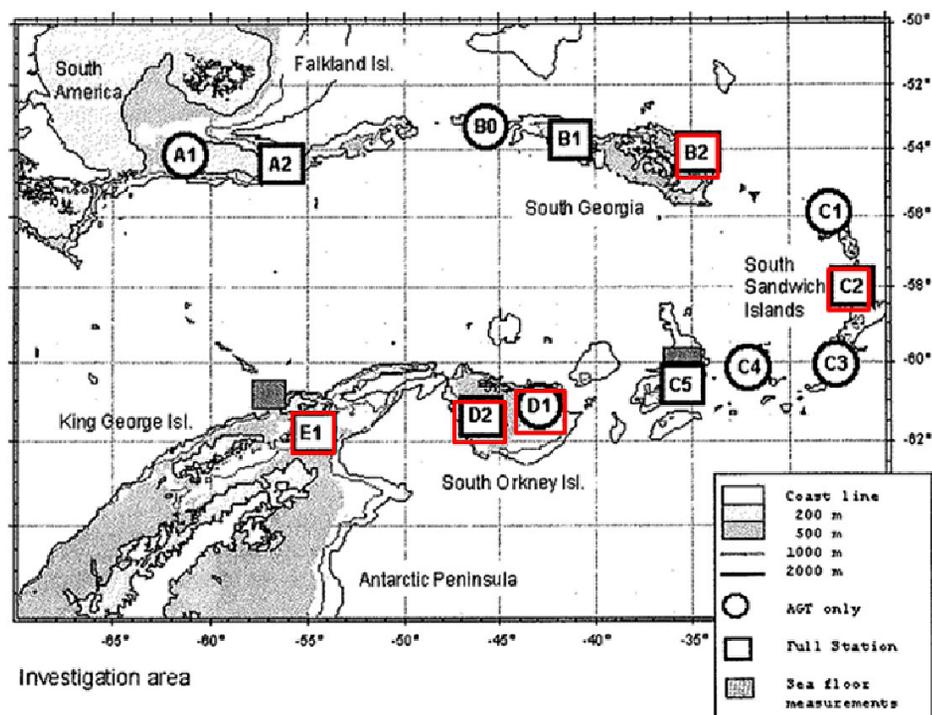


Fig. 1. Área de muestreo. Tomado de: Arntz & Brey 2003. Se indica en color las áreas desde donde se obtuvieron las muestras.

*globularis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium* spp.

El objetivo de este estudio es dar a conocer la biodiversidad de foraminíferos presentes en el Arco de Scotia y determinar cualitativamente las similitudes con la fauna del extremo sudaustral sudamericano y con la fauna de la península Antártica. Cabe hacer notar que es difícil establecer un símil entre ambas faunas debido a las diferentes técnicas de recolección y a las diversas profundidades desde las que se han recolectado las muestras. Por lo tanto, la comparación

faunística sólo es posible desde un enfoque cualitativo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material estudiado proviene de 6 muestras de sedimento marino obtenidas por personal del buque Polarsten, durante el crucero "LAMPOS", en el arco de Scotia (54-62°S) (LAMPOS-2002) (Fig. 1) desde profundidades entre 178-255 m. Las muestras se tomaron en las estaciones N° 178

Tabla 1: Caracterización de las muestras

Lugar	Estación/ muestra	Latitud S	Longitud W	Profundidad (m)	Instrumento
SE South Islands (B2)	Georgia 178	54° 25,46'	35° 38,91'	277	MUC
Central South Sandwich Islands (C2)	211	57° 35,58'	26° 23,69'	1094	MUC
E South Orkney Islands (D1)	231	60° 59,31'	43° 27,80'	402	AGT
SW South Orkney Islands (D2)	243	61° 11,42'	45° 45,66'	305	MUC
SW South Orkney Islands (D2)	238	61° 11,05'	45° 76,45'	324	AGT
S Elephant Island (E1)	255	61° 23,86'	55° 23,80'	280	MUC

(E Georgias del Sur), N° 211 (Sandwich del Sur, central); N° 231 y N° 238; N° 243 (Islas Orcadas este y sur-oeste respectivamente) y N° 255 (S Isla Elefante) (Tabla 1). Cuatro muestras fueron recolectadas con Multicorer (MUC) y 2 provienen de sedimentos recolectados con draga Agassiz. Los ejemplares recolectados se depositaron en bolsas que se refrigeraron hasta el momento de uso. Las

Tabla 2. Clasificación sistemática, abundancia relativa y frecuencia de los foraminíferos bentónicos recolectados en el Arco de Scotia.

Suborden	Familia	Género	Especie	%	Frecuencia
TEXTULARIINA	Lituolidae	<i>Ammobaculites</i>	(1) <i>A. americanus</i>	2	1
	Rhabdamminidae	<i>Bathysiphon</i>	(2) <i>Bathysiphon</i> sp.	10,7	5
			(3) <i>R. abyssorum</i> Sars, 1869	0,9	1
			(4) <i>C. cancellata</i> Brady, 1879	0,1	2
	Cyclamminidae	<i>Cyclammina</i>	(4) <i>C. cancellata</i> Brady, 1879	0,1	2
	Ammoscolecidae	<i>Glomospira</i>	(5) <i>Glomospira</i> sp.	0,9	1
	Haplophragmoididae	<i>Labrospira</i>	(6) <i>L. kosterensis</i> Höeglund 1947	3,8	5
			(7) <i>M. arenacea</i> (Chapman, 1916)	23,1	6
	Rzehakinidae	<i>Miliammina</i>	(7) <i>M. arenacea</i> (Chapman, 1916)	23,1	6
	Hormosinidae	<i>Reophax</i>	(8) <i>R. pilulifer</i> Brady, 1884	13,5	5
			(9) <i>R. scorpiurus</i> de Montfort, 1808	0,5	4
			(10) <i>R. dentaliniformis</i> (Brady, 1884)	3	5
			(11) <i>T. inflata</i> (Montagu, 1808)	7,4	3
	Trochamminidae	<i>Trochammina</i>	(12) <i>T. malovensensis</i> Heron-Allen & Earland, 1929	0,3	2
(13) <i>P. antarctica</i> (Parr, 1950)			12,7	4	
(14) <i>P. antarctica</i> (Wiesner, 1931)			2,6	4	
Pseudobolivinidae	<i>Pseudobolivina</i>	(14) <i>P. antarctica</i> (Wiesner, 1931)	2,6	4	
ROTALIINA	Uvigerinidae	<i>Angulogerina</i>	(1) <i>A. angulosa</i> (Williamson, 1858)	2,9	3
	Buliminidae	<i>Bulimina</i>	(2) <i>B. aculeata</i> d'Orbigny, 1826	1,2	2
	Fursenkoinidae	<i>Fursenkoina</i>	(3) <i>F. fusiformes</i> (Williamson, 1858)	6,2	5
	Trichohylidae	<i>Bucella</i>	(4) <i>B. frigida</i> (Cushman 1922)	1,6	2
	Nonionidae	<i>Pullenia</i>	(5) <i>P. subcarinata</i> (d'Orbigny, 1839)	4,4	6
	Cassidulinidae	<i>Cassidulinoides</i>	(6) <i>C. parvus</i> (Earland 1934)	1,1	2
MILIOLINA	Cornuspiridae	<i>Cornuspira</i>	(1) <i>C. involvens</i> (Reuss, 1850)	0,7	4
	Hauerinidae	<i>Pyrgo</i>	(2) <i>Pyrgo</i> sp.	0,2	3
LAGENINA	Lagenidae	<i>Lagena</i>	(1) <i>Lagena distoma</i> Parker & Jones 1864	0,1	2
			(2) <i>Lagena striata</i> (d'Orbigny, 1839)	0,3	2

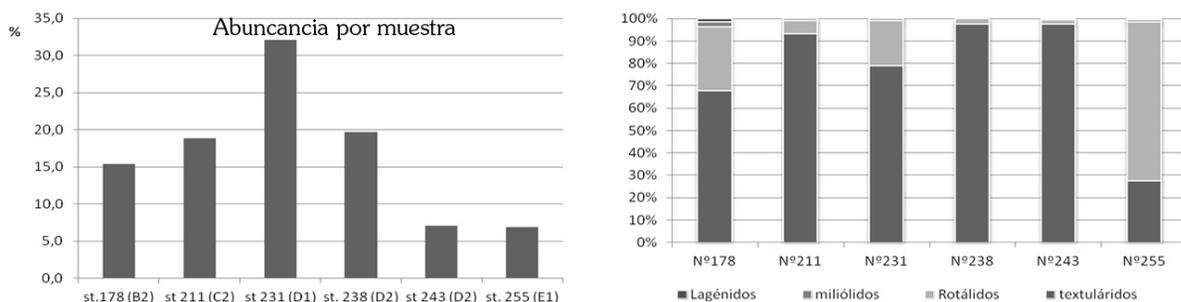


Fig. 2. Abundancia relativa de foraminíferos por muestra y distribución según suborden.

muestras fueron lavadas con un tamiz de malla de 63 micras, secadas a temperatura ambiental y pesadas. De cada muestra se trabajaron 50 g para estandarizar los resultados. Los foraminíferos fueron extraídos uno a uno bajo lupa binocular y depositados en reglillas. Posteriormente se separaron en especies y se contaron (Boltovskoy, 1965). La identificación hasta el nivel genérico se basó en Loeblich & Tappan (1988) y Decrouez (1989) y al nivel específico en el catálogo de Ellis & Messina (1944 et seq.) y literatura del área (Brady, 1884; Barker, 1960; Lena, 1975; Boltoskoy *et al.* 1980; Heron Allen & Earland, 1932).

Se aplicaron técnicas estadísticas univariadas para determinar diferencias/ semejanzas de la estructura comunitaria entre muestras. Para estudiar la composición faunística se calculó abundancia absoluta (N) y relativa (%); riqueza de taxa (S); equidad (J': índice de Pielou) y diversidad (H': índice de Shannon-Wiener) (Magurran, 1988). Para el análisis de conglomerados se utilizó el índice de Bray-Curtis y los datos se muestran en un dendrograma. La significancia estadística de los grupos formados se evaluó con la rutina

SIMPROF (similarity profile) al 95% de confianza, utilizando como hipótesis nula que los conjuntos de foraminíferos bentónicos no diferían entre sí y como hipótesis a validar que las asociaciones de foraminíferos bentónicos en las distintas muestras son diferentes. Los cálculos se efectuaron con el programa PRIMER 6.0 (Clarke & Gorley, 2006). La frecuencia se calculó con el índice de Dajoz (1974)  $C = p * 100/P$ , donde p es el número de muestras donde se encuentra la especie y P el total de muestras.

## RESULTADOS

### Composición faunística

En el Arco de Scotia, se encontraron representantes de foraminíferos bentónicos de los subórdenes Textulariina (81,4%= 61,4 ejemplares/g), Rotaliina (17,5%= 13,3 ej./g), Miliolina (0,8%= 0,64 ej./g) y Lagenina (0,3%= 0,24 ej./g). Textulariina fue el suborden mejor representado con 9 familias, 11 Géneros y 14 especies. Rotaliina, con menor diversidad brindó

Tabla 3. Número de especies y especies más abundantes según suborden.

Suborden	Nº Especies	%	Especies dominantes dentro del suborden	%
Textulariina	14	58,3	<i>Miliamina arenácea</i>	28,4
			<i>Reophax pilulifer</i>	16,6
			<i>Trochammina antarctica</i>	15,6
Rotaliina	6	25	<i>Fursenkoina fusiformis</i>	35,5
			<i>Pullenia subcarinata</i>	25,4
Lagenina	2	8,3	<i>Lagenina striata</i>	83,3
Milionina	2	8,3	<i>Cornuspira involvens</i>	81,3

Tabla 4. Especies dominantes en cada muestra

Muestra	Especie dominante	%	Segunda especie dominante	%	Tercera especie dominante	%
N° 178	<i>Miliammina arenacea</i>	24,2	<i>Trochammina inflata</i>	13,7	<i>Ammobaculites americanus</i>	12,8
N° 211	<i>Portatrochammina antarctica</i>	27,1	<i>Trochammina inflata</i>	20,4	<i>Bathysiphon</i> sp.	18,2
N° 231	<i>Portatrochammina antarctica</i>	18,3	<i>Miliammina arenacea</i>	17,2	<i>Reophax pilulifer</i>	14,3
N° 243	<i>Reophax pilulifer</i>	36,7	<i>Bathysiphon</i> sp.	29,6	<i>Miliammina arenacea</i>	23,7
N° 238	<i>Miliammina arenacea</i>	54,6	<i>Reophax pilulifer</i>	23,6	<i>Bathysiphon</i> sp.	8,7
N° 255	<i>Fursenkoina fusiformis</i>	34,1	<i>Angulogerina angulosa</i>	26,1	<i>Miliammina arenacea</i>	12,3

6 familias, 6 géneros y 6 especies. Los subórdenes Miliolina y Lagenina estuvieron pobremente representados con 2 y 1 género, respectivamente y 2 especies cada uno (Tabla 2).

#### Abundancia (N)

Se recolectó un total de 3.806 (76,1 ejemplares/g) ejemplares. La muestra N° 231, obtenida al E de las islas Orcadas, presentó la mayor abundancia (32,1% de los ejemplares) y la muestra N° 255, recolectada al S de la isla Elefante, la menor abundancia (6,9% de los ejemplares). La mayor concentración de foraminíferos se observó en la zona central del área estudiada del Arco de Scotia (Fig. 2). Todas las especies (excepto *A. angulosa*) tienen su máximo de abundancia en las muestras N° 231 y N° 238 ambas recolectadas en las islas Orcadas (Tabla 5).

Seis especies (25%) alcanzaron una abundancia relativa superior al 5%; las especies con mayor abundancia relativa fueron: *Miliammina arenacea* (23,1%), *Reophax pilulifer* (13,5%); *Portatrochammina antarctica* (12,7%); *Bathysiphon* sp. (10,7%); *Trochammina inflata* (7,4%) y *Fursenkoina fusiformis* (6,2%) (Tabla 2).

El desglose de taxa dominantes por muestra pone en evidencia que en la mayoría de las muestras las especies son principalmente foraminíferos de caparazón arenáceo, con excepción de la muestra recolectada en la isla Elefante, donde predominan 2 formas con

caparazón calcáreo (Fig. 2). Las especies con mayor representación en cada muestra se presentan en la tabla 4.

#### Frecuencia

Sólo dos especies, *Miliammina arenacea* y *Pullenia bulloides* se encontraron presentes en todas las muestras, mostrando una distribución geográfica amplia, en el Arco de Scotia. Cabe notar que mientras *M. arenacea* aumenta notoriamente el número de ejemplares al Oeste de las Orcadas e isla Elefante, es decir hacia el sur, *P. bulloides* tiende a disminuir en cantidad (Fig. 3A). *Labrospira kosterensis*, *Reophax pilulifer*, *Bathysiphon* sp., *Fursenkoina fusiformis* y *Reophax dentaliniformis* se presentaron en 5 de las 6 estaciones estudiadas, estas especies muestran tendencia a concentrarse en las estaciones intermedias (Fig. 3B). *Reophax scorpiurus*, *Pseudobolivina antarctica*, *Cornuspira involvens* y *Trochammina antarctica* se recolectaron en 4 de las 6 estaciones, ubicándose preferentemente en el área más septentrional y estando prácticamente ausentes, en las más australes (Fig. 3C). *Angulogerina angulosa*, *Pyrgo* sp. y *Trochammina inflata* se presentaron en 3 de 6 (Fig. 3D). *Lagena striata*, *Cassidulinoides parvus*, *Cyclammina cancellata*, *Trochammina malovensensis*, *Bulimina aculeata*, *Lagena distoma* y *Buccella frigida* se presentaron en 2 de 6 estaciones. Cabe destacar que 5 de estas especies son calcáreas y su mayor abundancia se observó en las estaciones de más

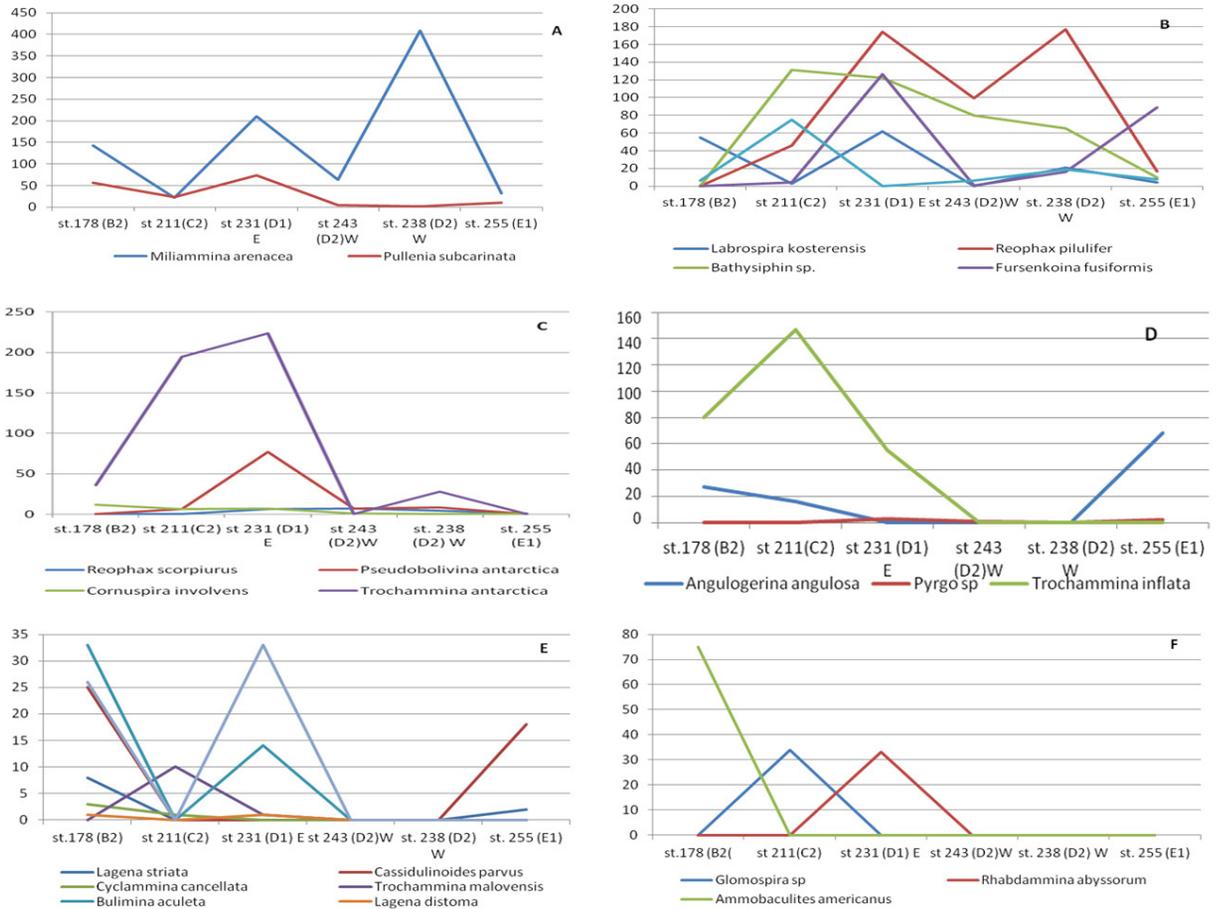


Fig. 3. Distribución de las especies en la muestras; (A) especies presentes en todas las muestras; (B), especies presentes en 5 de las 6 muestras; (C), especies presentes en 4 de las 6 muestras; (D) especies presentes en la mitad de las muestras; (E), especies presentes en 2 de las 6 muestras y (F) especies presentes en una sola muestra.

al norte. (Fig. 3E). Finalmente, *A. americanus*, *R. abyssorum* y *Glomospira* sp. se presentaron solo en una muestra y en las localidades más cercanas al norte: Georgias del Sur, Sandwich y al E de las islas Orcadas (Fig. 3E). En estos dos últimos grupos además de presentarse en un número mínimo de muestras, aportaron con escasos ejemplares.

**Riqueza específica (S)**

Se recolectó un total de 24 especies. El menor número de especies (10 especies) se obtuvo en las muestras N° 243 y 238, recolectadas en SW de las islas Orcadas, y el mayor (17 especies) en la muestra N°231, recolectada en el E de las

islas Orcadas. Se observó una disminución de especies hacia el sur (Tabla 5).

**Equidad (J')**

El índice osciló entre 0,597 y 0,849, mostrando una tendencia aunque no tan clara de dominancia de algunos taxa. En la muestra N° 238 se registró el valor más bajo (0,597), lo que indicaría una mayor dominancia. Considerando las 3 especies con mayor representación, en la muestra N° 178, conformaron el 50,7% de los ejemplares; en la N° 211, el 65,7%; en la N° 231, el 49,8%; en la N° 243, el 90%; en la N° 238, el 86,9% y en la N° 255 el 72,5%. Este parámetro no presentó gran variación entre las

Tabla 5. Parámetros ecológicos univariados

Muestra	Número de especies (S)	Número ejemplares (N)	Densidad (ej./g)	Equidad (J')	Diversidad H'(loge)
178 (B2)	15	586	11,72	0,849	2,298
211 (C2)	15	719	14,38	0,756	2,046
231 (D1)	17	1221	24,42	0,818	2,318
243 (D2)	10	270	5,4	0,638	1,468
238 (D2)	10	749	14,98	0,597	1,374
255 (E1)	12	261	5,22	0,746	1,854

distintas muestras (Tabla 5).

#### Diversidad (H')

De las seis muestras analizadas, en tres el índice de Shannon-Wiener fue > de 2, y correspondió a las muestras recolectadas en las localidades de más al norte (muestras N° 178, N° 211 y N° 231) del Arco, valores sobre 2 indicando una diversidad normal y tres, (situadas más cercanas a Antártica), brindaron valores bajo 2, indicando una tendencia a la dominancia de alguna especie (Tabla 5).

En relación a la presencia de formas con caparazón calcáreo versus especies con caparazón arenáceo se observó una mayor cantidad de especies con caparazón arenáceo (58,3%) (Fig. 4 A) y en relación al número de ejemplares, los foraminíferos con caparazón arenáceo triplicaron la cantidad de

ejemplares con caparazón calcáreo (81,3%) (Fig. 4 B).

#### Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados revela que la mayor afinidad se encuentra entre las muestras N° 243 y N° 238 ambas situadas en las islas Orcadas, y entre las muestras N° 211 y N° 231 (islas Sandwich e islas Orcadas), con las que forman un grupo mayor. La mayor disimilitud se observa entre la muestras N° 178 en el extremo norte del arco de Scotia y N°255 en el extremo sur del Arco (isla Elefante) (Fig. 5).

#### Comparación con áreas subantártica y antártica

La revisión bibliográfica permitió detectar que

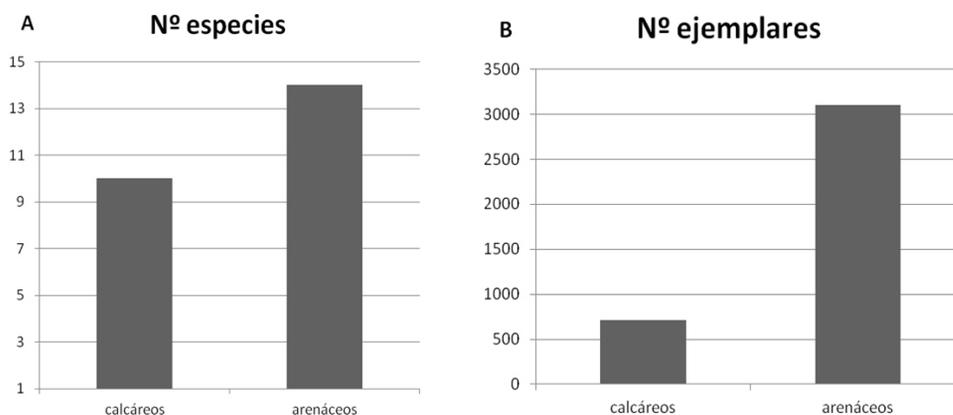


Fig. 4. Relación del número de especies con caparazón calcáreos versus arenáceos (A) y relación de número de ejemplares con caparazón calcáreo versus arenáceos (B)

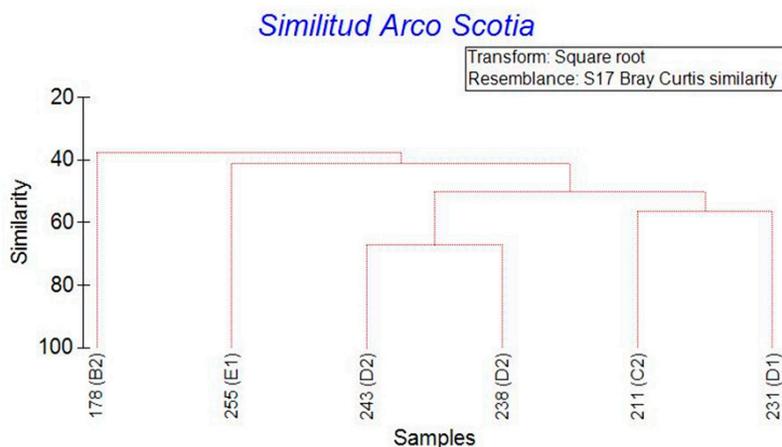


Fig. 5. Análisis de conglomerados.

la mayoría de las especies recolectadas en el Arco de Scotia están también presentes en Antártica y Pacífico, aunque en cantidades inferiores. Las siguientes especies recolectadas en el Arco de Scotia han sido registradas tanto en el pacífico como en Antártica: *Angulogerina angulosa*; *Bucella frígida*; *Bulimina aculeata*; *Cassidulinoides parvus*; *Cornuspira involvens*; *Lagena distoma*; *Lagena striata*; *Miliammina arenacea*; *Pullenia subcarinata*; *Reophax dentaliniformes*; *Reophax pilulifer*; *Reophax scorpiurus* y *Fursenkoina fusiformis*, lo que permite inferir que se trasladan de uno a otro continente usando el sistema de islas del Arco de Scotia. Solo unas pocas como *Ammobaculites americanus* (2%) y *Cyclammina cancellata* (0,1%) presentes en el Pacífico y en el Arco de Scotia, no se mencionan en Antártica, lo que sugiere que se encuentran restringidas al área Pacífica, presentándose en el Arco de Scotia en abundancias bajas. Por otro lado, *Pseudobolivina antarctica*; *Portatrochammina antartica* y *Trochammina malovensis* se han recolectado solo en la Antártica (datos tomados de Lena (1975, en Isla Elefante); Lena (1980, en Noroeste península antártica); Finger & Lipps (1981, en Isla Decepción); Mateu (1989 en península Antártica); Martínez & Martínez (1994 en bahía Chile); Hromic<sup>1</sup> (1997 en Isla Decepción); Hromic & Páez<sup>2</sup> (1999 bahía Chile).

<sup>1</sup> Hromic, M. T., 1997. "Foraminíferos antárticos recientes y sus vinculaciones con la microfauna sudamericana". Informe final presentado al INACH. Informe Instituto de la Patagonia. Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

Majewski (2005) señala que algunos autores ponen en sinonimia *P. antartica* y *T. malovensis*, en este trabajo se han considerado especies distintas.

## DISCUSIÓN

Un inusual elevado número de foraminíferos bentónicos con caparazón arenáceo se hizo presente en las muestras (81,3% de los ejemplares), lo que difiere completamente de lo encontrado en la costa pacífica, donde los arenáceos llegan solo al 10% y de la Antártica, donde alcanzan el 48% (Hromic 2012), este último dato es semejante a lo que sucede en ambientes periglaciales donde los foraminíferos arenáceos alcanzan el 45,8% (Hromic & Montiel 2011). En la isla Elefante el porcentaje de foraminíferos con caparazón arenáceo se vio muy disminuido (27,6%), lo que concuerda con las observaciones de Lena (1975). Hromic (2011b) señala que entre los 52°- 56°S, en el territorio austral chileno, solo un 2% de los foraminíferos son arenáceos. Su número aumentaría en canales y fiordos interiores en donde llegarían hasta el 18% (Hromic, 2011a).

En relación a las especies dominantes dentro de este grupo, *Miliammina arenacea* posee hábitos infaunales (Haynes, 1981; Murray, 1991), y *Portatrochammina antartica* es epifaunal,

<sup>2</sup> Hromic, T. & M. Páez 1999. Asociación de foraminíferos recientes en bahía Chile (62°28's; 59°41'w), isla Greenwich, Shetland del Sur, Antártica. Expedición ECA XXXII, INACH. Congreso Arctic and Antarctic, Poles apart? Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile

intersticial o se adhiere al sustrato (Kitazato 1984), formas de vida que se acomodarían a la presencia por una parte de sustratos duros, de origen volcánico abundantes en el Arco de Scotia y por otro, a la fuerte Corriente Circumpolar del sector (Arntz & Brey, 2003). *M. arenacea* tiene alta representación y está ampliamente distribuida en Antártica (Kennet, 1967; Osterman & Kellog, 1979, Lena, 1980, etc.). Según Schroeder-Adams (1990) es endémica de Antártica lo que sugiere que avanzan desde el sur hacia Sudamérica. La escasa presencia de *Miliamina antartica* en las costa Pacífica y su restricción a zonas periglaciales (Zúñiga-Rival, 2006) y su ausencia total en Isla de los Estados (Thompson, 1978) sugiere que esta especie no se adapta bien a ambientes probablemente más temperados. *P. antartica* también sería endémica y de amplia distribución en Antártica que tampoco se ha podido adaptar a latitudes más bajas. Los reofácidos (*R. pilulifer*, *R. scorpiurus* y *R. dentalinifomes*) son de hábitos infaunal, pero se establecen más profundamente en los sedimentos, lo que les permitiría resistir condiciones más adversas. *R. pilulifer*, aunque con escasos ejemplares suele encontrarse en Sudamérica. *A. angulosa* y *Bucella frígida* son típicos representantes de canales y fiordos patagónicos, pero mientras *A. angulosa* prefiere ambientes más oceánicos y profundos, *B. frígida* se le encuentra con frecuencia en ambientes someros (Hromic, 2011 y b, 2012; Hromic et al. 2006; Zapata & Moyano, 1997). Los lagénidos (*Lagena striata* y *L. distoma*) son cosmopolitas, frecuentes en el Pacífico aunque con escasa representación. *B. aculeata* y *P. subcarinata* también son cosmopolitas, de lo que se desprende que se adaptan bien a distintos ambientes (Loeblich & Tappan, 1988)

Earland (1934), encontró un predominio de fauna arenácea tanto en número de ejemplares como de especies, escasos calcáreos Miliólidos y de gran tamaño como algunos *Pyrgo*. Entre las especies más abundantes Earland menciona: *Astrorhyza polygona*, *Pilulina jefreysii* (= *Labrospira*), *Thurammina spumosa*, *T. corrugata*, *Bathysiphon argillaceus* y *Ehrenbergina parva* (= *Cassidulinoides parvus*). Este autor no registró *M. arenacea* ni *P. antartica*, tan abundantes en el área, pero como se mencionó

anteriormente ello podría deberse a las técnicas de muestreo y a la profundidad desde donde se extrajeron las muestras.

Respecto de la riqueza de especies, en el Arco de Scotia el número de especies fue bastante menor, (10 a 17 especies /muestra), que en los sectores continentales. Hromic (2011b) recolectó un total de 170 especies entre 52°- 56°S, que fluctuaron entre 5 y 42 especies/ muestra. Más al norte, entre 47°- 50°S se identificaron 88 especies, (con rango entre 3 y 42 especies/muestra) (Hromic, 2011a). En Antártica, Earland (1934), analizó una cincuentena de muestras procedentes del área del estrecho Bransfield e Islas Shetland del Sur, encontrando no más de 50 especies totales con un promedio de 30 especies por muestra. Estas diferencias podrían vincularse al sedimento escaso del sector y a las fuertes corrientes, que tienden a lavar el sustrato (Arntz & Brey, 2003).

Earland (*op cit.*) también puso en evidencia la gran influencia del pacífico, puesto que encontró representantes de: *Bolivina compacta*, *Bulimina patagonica*, *Cassidulina pulchella*, *Cassidulina laevigata*, *Cibicides dispers*, *Dendronina arborescens* var. *antarctica*, *Discorbis turbo*, *Discorbis vilardeboana*, *Ehrenbergina pupa*, *Elphidium macellum*, *Elphidium owenianum*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina triloba*, *Globorotalia crassa*, *Globorotalia manardii*, *Hyperammia clavigera*, *Lagena alveolata* var. *separans*, *Lagena quadralata*, *Lagena revertens*, *Milioina insignis*, *Nonion sloanii*, *Ophalmidium margaritifformis*, *Rotalia beccarii* (= *Ammonia*), *Virgulina schreibersiana* var. *complanata*. Sin embargo ninguna de estas especies fue encontrada en el Arco de Scotia, lo que se relaciona con la profundidad de las muestras.

En relación a la frecuencia, se evidencia la adaptabilidad de *M. arenacea* y de *Pullenia subcarinata* ya que ambas especies aparecen en todas las muestras. Sin embargo, dado el hecho de que la abundancia de *M. arenacea* tiende a disminuir hacia el norte y por el contrario, la de *P. subcarinata* lo haga hacia el sur, podría asociarse al desplazamiento de la Convergencia Antártica (Arntz & Brey, 2003) lo que permitiría que *M. arenácea*, cuyo centro de origen sería Antártica, se encuentre más al norte del continente y por el contrario para *P. subcarinata* el centro de

origen sería Sudamérica y se desplazaría más al sur de este continente, llegando sin dificultad a Antártica donde es frecuente en la península, al menos sus caparazones (Mayewski, 2005).

## CONCLUSIONES

En el Arco de Scotia se recolectaron 24 especies de foraminíferos bentónicos las que se clasificaron en 4 subórdenes, 18 familias y 20 géneros. Textulariina, (foraminíferos con caparazón arenáceo), dominó tanto en abundancia como riqueza de especies, y su abundancia relativa fue muy superior a la registrada en Sudamérica y Antártica.

Las especies más abundantes fueron: *Miliammina arenacea* (23,1%), *Reophax pilulifer* (13,5%); *Portatrochammina antartica* (12,7%); *Bathysiphon* sp. (10,7%); *Trochammina inflata* (7,4%) y *Fursenkoina fusiformis* (6,2%).

Respecto de la riqueza de especies, en el Arco de Scotia fue bastante menor, (10 a 17 especies / muestra), que en los sectores continentales. Tanto la diversidad (índice de Shannon-Wiener) como la equidad (índice de Pielou) indican que no hay dominancia de especies.

El análisis de conglomerados mostró que las estaciones extremas (SE Georgias del Sur e Isla Elefante), son más disímiles en su composición faunística.

Finalmente, se concluye que el Arco de Scotia actúa como corredor biológico para especies como: *Angulogerina angulosa*; *Bucella frígida*; *Bulimina aculeata*; *Cassidulinoides parvus*; *Cornuspira involvens*; *Lagena distoma*; *Lagena striata*; *Miliammina arenacea*; *Pullenia subcarinata*; *Reophax dentaliniformes*; *Reophax pilulifer*; *Reophax scorpiurus* y *Fursenkoina fusiformis*. Especies como *Ammobaculites americanus* y *Cyclammina cancellata*, propias de Sudamérica y *Portatrochammina antartica*, *Pseudobolivina antartica* y *Trochammina malovensís*, endémicas de Antártica el Arco de Scotia marcaría su límite biogeográfico.

## AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Instituto Alfred Wegener por permitirle usar las muestras. A

la Universidad de Magallanes e Instituto de la Patagonia, por las facilidades para realizar esta investigación, en especial al Dr. Carlos Ríos por recolectar las muestras y al Dr. Américo Montiel por su ayuda con el análisis estadístico. A la Srta. Lyta Quezada, por su valiosa cooperación en la preparación de las muestras.

## LITERATURA CITADA

- Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Farmer, M. A., Andersen, R. A., Anderson, O. R., Barta, J. R., Bowser, S. S., Brugerolle, G., Fensome, R. A., Fredericq, S., James, T. Y., Karpov, S., Kugrens, P., Krug, J., Lane, C. E., Lewis, L. A., Lodge, J., Lynn, D. H., Mann, D. G., Mccourt, R. M., Mendoza, L., Moestrup, Ø., Mozley-Standridge, S. E., Nerad, T. A., Shearer, C. A., Smirnov, A. V., Spiegel, F. W. & Taylor, M. F. J. R. (2005). The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 52(5), 399–451.
- Arntz, W. & A. Brey (Eds.), 2003. Expedition ANTARKTIS XIX/5 (LAMPOS) of RV. "Polarstern" in 2002 *Be. Ber. Polarforsch. Meeresforsch.*
- Barker, R. W. (1960). *Taxonomic Notes on the Species figured by H. B. Brady in his Report on the Foraminifera dredged by H.M. S. Challenger during the years 1873-1876*. Society Economical, Paleontological & Mineral. Special Pub. N° 9, Oklahoma USA.
- Boltovskoy, E. (1965). *Foraminíferos recientes*. Eudeba. Buenos Aires.
- Boltovskoy, E. G. Giussani, S. Watanabe & R. Wright (1980). *Atlas of benthic shelf foraminifera of the southwest Atlantic* Junk by Pub. The Hague-Boston-London.
- Brady, H. B. (1884). Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. "Challenger" during the years 1873 -1876. *Report Voyage Challenger, Zoology*, 9,1-814.
- Clarke, K. & R. Gorley. (2006). Primer v.6 User Manual/Tutorial PRIMER-E Ltd.: *Plymouth Marine Laboratory*. UK.
- Dajoz, R. (1974) *Tratado de Ecología*. Mundi-Prensa, Madrid.

- Decrouez, D. (1989). Generic ranges of Foraminifera. *Revue Paleobiologie*, 8(1), 263-321.
- Earland, A. (1934). Foraminifera Part III. The Falklands sector off the Antarctic (excluding South Georgia). *Discovery Rep.* X, 1-208. pl. I-X.
- Ellis, B. & A. Messina. (1940) (*et seq.*). *Catalogue of Foraminifera*. American Museum of Natural History. Special Pub. 30 volúmenes.
- Finger L. & J. Lipps (1981). Foraminiferal decimation and repopulation in an active volcanic caldera, Deception Island, Antarctica. *Micropaleontology*, 27(2), 11-139.
- Gaździcki, A. & W. Majewski (2003). Recent foraminifera from Goulden Cove of King George Island, Antarctica. *Polish Polar Research*, 24(1), 3-12.
- Haynes J. R. (1981). *Foraminifera*. Macmillan, N. Y.
- Herb, R. (1971). Distribution of recent benthonic foraminifera in the Drake Passage. *Antarctic Research*, 17, 251-300.
- Heron-Allen, E. & A. Earland (1932). Foraminifera. Pt.1. The ice-free area of the Falkland Islands and adjacent water. *Discovery Rep.*, 4, 291-460.
- Hromic, T. (1996). Foraminíferos bentónicos (Protozoa: Foraminiferida) de aguas profundas del estrecho de Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia*, Ser. Cs. Nats. (Chile), 24, 65-86
- Hromic, T. (1999). Foraminíferos bentónicos de canales australes de Kirke: canal Kirke, golfo Almirante Montt y seno Última Esperanza, XIIª Región, Magallanes y Antártica chilena. *Anales Instituto Patagonia Ser. Cs. Nat. (Chile)*, 27, 91-104.
- Hromic, T. (2001). Foraminíferos bentónicos del canal Baker (47°S; 74°W) Pacífico sudoriental, Chile. *Anales Instituto Patagonia Ser. Cs. Nat.*, 29, 135-156.
- Hromic, T. (2002). Foraminíferos bentónicos de bahía Nassau, Cabo de Hornos, Chile. Comparación con foraminíferos del cono sur de América, Antártica y Malvinas. *Anales Instituto Patagonia Ser. Cs. Nat.*, 30, 95-108.
- Hromic, T. (2005). Foraminíferos bentónicos entre seno Reloncaví y Golfo Corcovado. Crucero Cimar 10 Fiordos, *Informes preliminares*: 125-134.
- Hromic, T. (2007). Biodiversidad y ecología del microbentos (Foraminifera: Protozoa) entre la boca del Guafo y golfo de Penas (43-46°S), Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 30(1), 89-103.
- Hromic, T. (2009). Distribución batimétrica de foraminíferos bentónicos (Protozoa: Foraminiferida) al sur del estrecho de Magallanes (52° - 56° S), Chile. *Anales Instituto Patagonia*, Chile, 37(1), 23-38.
- Hromic, T. (2011a). Foraminíferos bentónicos recolectados durante la expedición Cimar 14 Fiordos, Patagonia Chilena. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 39(1), 75-89.
- Hromic, T. (2011b). Foraminíferos bentónicos recientes del Estrecho de Magallanes y canales australes chilenos Cimar 3 Fiordos (52°-56°S) *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 39(2), 17-32.
- Hromic, T. (2012). Foraminíferos bentónicos de la expedición Cimar 11 Fiordos, canales patagónicos chilenos: Biodiversidad y abundancia. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 35, 49-70.
- Hromic, T. & A. Montiel (2011). Foraminíferos bentónicos de seno Gallegos y bahía Brookes (54,5°S-69,5°S), Chile: Patrones de distribución y diversidad). *Anales Instituto Patagonia*, 39(2), 33-46
- Hromic, T. M. Cambolor & L. Quezada (2012). Foraminíferos textuláridos en sedimentos someros recientes de la península antártica y su relación con el área subantártica sudamericana. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 40(1), 125-138
- Hromic, T., S. Ishman & N. Silva (2006). Benthic foraminiferal distribution in Chilean fjords: 47° S to 54° S *Marine Micropaleontology*, 59, 115-134.
- Ishman, S. & E. Domack (1994). Oceanographic controls on benthic foraminifers from the Bellingshausen margin of the Antarctic Peninsula. *Marine Micropaleontology* 24, 119-155.
- Ishman, S. & R. Martínez (1995). Distribution of

- modern Benthic foraminifers from fjord región of southern Chile (42° S to 55° S). *Antarctic Journal Review*, 6-8.
- Kennett J. P. (1967). New foraminifera from the Ross Sea, Antarctica. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 18(3), 133-135.
- Kitazato, H. (1984). Microhabitats of benthic foraminifera and their application to fossil assemblages. *Benthos*, 83, 339- 344,
- Lena, H. (1975). Foraminíferos bentónicos del área de isla Elefante (Antartida). *Physis*, Secc. A, 34(89), 405-431.
- Lena, H. (1980). Foraminíferos bentónicos del noroeste de la Península Antártica *Physis*, Secc. A, 39(96), 9-20.
- Loeblich, A. & H. Tappan (1988). *Foraminiferal Genera and Their Classifications*. Van Nostrand Reinhold Co. N.Y. Text - vol: 970. Pl - Vol 212 p + 847.
- Mackensen, A. H. Grobe, G. Kuhn & D. K. Fütterer (1990). Benthic foraminiferal assemblages from the eastern Weddell sea Between 68 and 73°S: Distribution, ecology and fossilization potential. *Marine Micropaleontology* 16, 241-283.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey.
- Majewski, W. (2005). Benthic foraminiferal communities: distribution and ecology in Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica. *Polish Polar Research*, 26(3), 159-214.
- Marchant, M. (1993). Foraminíferos de la Bahía Scholl, Región Magallánica, Chile (Protozoa: Foraminifera) *Gayana Zoology*, 57(1), 61-75.
- Martínez, G. R. & R. Martínez (1994). Foraminíferos bentónicos recientes de Bahía Chile, Isla Greenwich, Islas Shetland del Sur. Su significado para la historia Paleoclimática Holocena de la Antártica Occidental. 7° Congreso Geológico Chileno. Universidad de Concepción, Chile: 1689-1692. Actas
- Mateu, G. (1989). Micropaleontología sedimentaria. Informe de resultados de la campaña "Antartida 8611". Pub. Esp. del Inst. Español de Oceanografía, 1ª Exp. Cient. Pesquera en la Antartida 1986-1987. Sec. Gral. de Pesca Marítima M.A.P.A. Min. Agric., Pesca y Alim. Madrid, 2, 83-173.
- Murray, J. W. (1991). *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific & Technical. Avon.
- Osterman, L. E. & T. B. Kellogg (1979). Recent benthic foraminiferal distribution from the Ross Sea, Antarctica: relation to ecologic and oceanographic conditions. *Journal of Foraminiferal Research*, 9(3), 250-269.
- Schroeder-Adam, C. (1990). High latitudes agglutinated foraminífera. Prydz Bay (Antartica) VS Lancaster Sound Canadian Arctic. *NATO. ASI. C*, 327, 315-343.
- Thompson, L. (1978). Distribution of living benthic foraminifera, Isla de los Estados, Tierra del Fuego, Argentina. *Journal Foraminiferal Research*, 8(3), 241-257.
- Violanti, D., B. Loi & R. Melis (2000). Distribution of Recent Foraminifera from the Strait of Magellan. First quantitative data. *Bolletino Museo Regionali Scientia Naturalli*, Torino, 17(2), 511-539.
- Zapata, J. & H. Moyano (1997). Foraminíferos bentónicos recientes de Chile Austral. *Boletín de la Sociedad Biología*, Concepción, Chile, 68, 27-37.
- Zúñiga-Rival, M. (2006). Estudio preliminar de los foraminíferos bentónicos (Protozoa: Foraminiferida) de bahía Yendegaia, Tierra del Fuego, Chile. *Anales Instituto Patagonia* (Chile), 34, 33-40.

