

¿IDIOSINCRASIAS DEL BENTOS ANTÁRTICO?

Carlos Alejandro Echeverría^{1*} e Paulo Cesar Paiva¹

¹Laboratório de Polychaeta, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. CCS, bloco A, sala A0 104, subsolo. Ilha do Fundão, S/N, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

*email: carlos_alejandroecheverria@hotmail.com

RESUMEN

La Antártica siempre ha ejercido un fascinio sobre los científicos, que han buscado hipótesis para explicar los procesos ecológicos en la comunidad bentica, no siempre con éxito. En el presente trabajo se revén y discuten algunas características de estas comunidades benticas en la Antártica con especial énfasis en la macrofauna y la megafauna del infralitoral hasta 100 metros de profundidad. Distribución espacial, adaptaciones evolutivas, composición y origen de los grupos se discuten en función de la supuesta individualidad del ambiente antártico. Se concluye que los estudios hasta el momento no han descubierto procesos comparativamente más específicos para explicar la ecología del bentos antártico de los que han sido descritos para otros ecosistemas costeros del mundo.

Palabras-clave: Bentos, Antártica, Adaptación, Fauna.

RESUMO

IDIOSINCRASIA DO BENTOS ANTÁRTICO? A antártica tem exercido sempre um fascínio sobre os cientistas, que têm procurado hipóteses para explicar os processos ecológicos na comunidade bentônica, nem sempre com sucesso. No presente trabalho são revistas e discutidas algumas características das comunidades bentônicas na Antártica, com especial ênfase na macrofauna e megafauna do infralitoral até 100 metros de profundidade. Distribuição espacial, adaptações evolutivas, composição e origem dos grupos são discutidas em função da suposta individualidade do ambiente antártico. Conclui-se que os estudos até o momento não determinaram a existência de processos comparativamente mais específicos para explicar a ecologia do bentos marinho antártico do que para os processos observados nos demais ambientes bentônicos do mundo.

Palavras-chave: Bentos, Antártica, Adaptação, Fauna.

INTRODUCCIÓN:

El ambiente Antártico siempre ejerció un gran fascinio en el imaginario científico. Las primeras expediciones justificaban su importancia y arrecadaban fondos conclamando la importancia científica de los posibles descubrimientos a ser realizados en este continente desconocido. Por otro lado, la existencia de vida en este ambiente considerado 'hostil' siempre intrigó a los científicos, en gran parte debido al peso dado a un punto de vista antropocéntrico: siendo un ambiente hostil al ser humano (Arnaud 1985), la existencia natural de otros organismos debería ocurrir a través de adaptaciones evolutivas especiales (Clarke 1979). La descubierta de una alta diversidad de organismos benticos en el infralitoral (Waegle & Schminke 1986; abajo de los seis metros de

profundidad, debido al fuerte impacto del hielo en esta zona) intrigó a los científicos, que buscaron hipótesis capaces de explicar:

- el origen de la fauna (Picken 1985)
- mecanismos de adaptación al frío (Clarke 1979, Picken 1980, Arnaud 1985, Brey & Clarke 1993)
- estrategias reproductivas y de dispersión (Picken 1980, Duchene 1985, Pearse *et al.* 1991, Wittmann 1995, Peck *et al.* 2000)
- tamaño de los organismos (Arnaud 1974; gigantismo, Waegle & Schminke 1986)
- mecanismos tróficos (Brey 1995, Iken 1995, Corbisier *et al.* 2004)

Estas hipótesis intentaban explicar mecanismos

específicos del ambiente antártico, pues los mecanismos establecidos para otros ambientes no parecerían satisfactorios para explicar la alta diversidad observada. Llevando en consideración principalmente los organismos que componen la macrofauna y la megafauna, tanto de substratos inconsolidados como consolidados desde el infralitoral hasta los 100 metros de profundidad, actualmente se puede concluir que las adaptaciones de estos organismos al ambiente dicho hostil son muy semejantes a las adaptaciones de los organismos a cualquier otro ambiente y, por consiguiente, difíciles de caracterizar como adaptaciones especiales al ambiente antártico (Clarke 1979, Arnaud 1985, Pearse *et al.* 1991, Brey & Clarke 1993, Nedwell *et al.* 1993b, Peck *et al.* 2000). Básicamente, el continente antártico existía en latitudes menores y, durante su desplazamiento debido a la tectónica de placas, tanto el ambiente actual se fue estableciendo como las comunidades fueron acomodándose a las nuevas condiciones (Berkman *et al.* 1991), a través de la extinción de algunos grupos, del aumento en la dominancia relativa de otros y por la invasión de nuevos grupos provenientes de aguas más profundas, más frías y con poca disponibilidad de alimento (Aronson & Blake 2001). Así, los grupos provenientes del mar profundo podrían ser considerados como portadores de adaptaciones que serían benéficas para la invasión de este nuevo ambiente Antártico poco profundo. Del mismo modo, algunos grupos bien sucedidos en el ambiente Antártico poco profundo pueden ser considerados como preadaptados a un ambiente más profundo, e invasiones ancestrales de grupos faunísticos han sido reportadas en ambos los sentidos (Mironov 1982). Así, la fauna bentica antártica poco profunda se asemeja en varios puntos a la fauna bentica de mar profundo, presentando una dominancia de Echinodermata (Voss 1988, McClintock 1994, Dahm 1996, Aronson & Blake 2001; ofiuroides, erizos, estrellas de mar), y una relativa independencia de la producción primaria durante el invierno.

COMPOSICION Y ORIGEN DE LA FAUNA

La fauna bentica Antártica es relativamente bien conocida (Yaldwyn 1965, Hartman 1966, Gruzov &

Pushkin 1970, Arnaud 1974, Dayton & Robilliard 1974, Mills & Hassler 1974, Finger 1975, DeLaca & Lipps 1976, Richardson 1977, Collen 1979, Retamal *et al.* 1982, Parulekar *et al.* 1983, Picken 1985, Arnaud *et al.* 1986, Wu *et al.* 1986, Zhang *et al.* 1986, Gallardo 1987, Voss 1988, Muehlenhardt Siegel 1989b, Hartmann Schroeder & Rosenfeldt 1989, Sieg & Wägele 1990, Berkman *et al.* 1991, Jazdzewski *et al.* 1991, Baoling *et al.* 1992, Cheng *et al.* 1992, Nonato *et al.* 1992a, 1992b, Wu *et al.* 1993, Branch 1994, Hoshiai 1994, McClintock 1994, Stiller 1996, Saiz-Salinas *et al.* 1998, Bromberg *et al.* 2000, Nonato *et al.* 2000), con aproximadamente la misma composición hasta la profundidad de 100 metros, cuando ocurre un cambio en la composición relativa que se mantiene hasta más de 500 metros de profundidad. Las comunidades abajo de 30 metros pueden presentar una dominancia de organismos filtradores (esponjas, Dayton & Robilliard 1974; Saiz Salinas *et al.* 1998; ascideas, Saiz Salinas *et al.* 1998) y en mayores profundidades depositívoros de superficie (poliquetas, Saiz Salinas *et al.* 1998) que se alimentarían a partir del transporte horizontal de la materia orgánica producida en las áreas rasas (Barry & Dayton 1986), llevada para profundidades mayores por corrientes de turbidez (Cordero & Salusti 1999). Estas corrientes pueden tener origen en el hundimiento de agua fría y relativamente más salina (más densa) derivada del proceso de congelamiento de la superficie del mar en invierno; de la resuspensión de sedimento en aguas someras por el hidrodinamismo causado por tormentas y en el aporte de una alta carga de sedimentos costeros hacia el mar por las aguas de deshielo en verano. Todos estos procesos de transporte son facilitados por el pronunciado declive de la plataforma continental. La composición de la fauna hasta la profundidad de 100m presenta semejanzas con la del mar profundo actual, con características derivadas del Paleozoico (Dayton & Oliver 1977, Picken 1985, Aronson & Blake 2001). Se origina en una mezcla de faunas ancestrales del supercontinente de Gondwana, (presentando algunos grupos con ancestrales en común con faunas de Australia, América del Sur, África del Sur e India), mezclada con grupos de mar profundo que fueron capaces de invadir el ambiente costero (Aronson & Blake 2001).

Al contrario de la región Ártica, la Antártica no

tiene prácticamente ningún animal terrestre (Stromberg 1991). Apenas algunas especies de insectos son completamente terrestres. El resto de la fauna presenta una dependencia directa del mar, y ocurre en su inmensa mayoría en el litoral marino, también llamado Antártica Marítima. Algunos organismos son capaces de realizar migraciones tierra adentro hasta grandes distancias del litoral. La mayoría de los organismos, por otro lado, migra hacia el norte antes de la llegada del invierno, pues el congelamiento de la superficie del mar dificulta su alimentación. La llegada del Invierno Antártico limita la producción primaria a niveles extremadamente bajos (Fogg 1977, El-Sayed 1979, Gilbert 1991), prácticamente deteniendo el ingreso de energía en el inicio de la red trófica. La producción secundaria (por la comunidad bacteriana (Smith *et al.* 1986b, Reichardt 1987, independiente de la luz) gana importancia en la red trófica en estos períodos. Así, la comunidad bacteriana parece ejercer un papel muy importante en la manutención de las comunidades benticas durante los períodos de invierno (Nedwell *et al.* 1993), cuando la producción primaria cae prácticamente a cero, debido a la escasez de luz. En este período, las bacterias asumirían el papel de disponibilizar la materia orgánica depositada en el sedimento durante el “bloom” de verano (Parulekar *et al.* 1983), auxiliadas por el retrabajamiento constante del sedimento causado por la bioturbación (Nedwell 1989, Nedwell & Walker 1995), por tempestades y por icebergs (Peck *et al.* 1999). Esta remineralización ocurriría de dos a tres órdenes de magnitud más rápidamente en la antártica que en regiones tropicales. Trabajos recientes, por otro lado, mencionan que el tiempo de permanencia de la materia orgánica en el sedimento puede ser más extenso que en ambientes tropicales (Mincks *et al.* 2005). De todos modos, el tiempo real del ciclaje de la materia orgánica es una función de la estabilidad del sedimento, que por su vez dependerá del hidrodinamismo del local estudiado (Andreyeva & Agatova 1985), siendo más estable (mayor tiempo de ciclaje) para ambientes profundos que para áreas costeras someras.

Algunos organismos parecen ser extremadamente eficientes en la utilización directa de las bacterias como fuente de alimento. Larvas de *Odontaster validus* (Echinodermata) por ejemplo, son capaces de utilizar directamente bacterias para su alimentación, cuando

larvas similares de ambientes tropicales utilizan apenas microalgas (Pearse 1991). El ambiente bentico es bastante estable temporalmente (Platt 1980, Tucker 1988). La densidad, biomasa y diversidad de la comunidad bentica Antártica presenta poca variación sazonal (Echeverría, & Paiva 2006) e interanual, y está en general desvinculada del pulso de producción primaria de verano (Fogg 1977, Benon *et al.* 1979, David *et al.* 1979, Grindley & Lane 1979, El-Sayed 1979, El-Sayed *et al.* 1979, Retamal *et al.* 1982, White 1984, Bonner & Walton 1985, Smith *et al.* 1986a, Reichardt 1987, Tucker 1988, Tucker & Burton 1988, Rivkin & DeLaca 1990, Gilbert 1991, Grebmeier & Barry 1991, Pearse *et al.* 1991, Stromberg 1991, Nedwell *et al.* 1993b, Brey 1995, Brey *et al.* 1995, Iken 1995, Weykam & Wiencke 1995, Clarke 1996, Park *et al.* 1999, Gutt 2000, Kaehler 2000) siendo por esto último un buen indicador de impactos biológicos, pues es la única comunidad biológica sedentaria o sésil que permanece activa durante el invierno antártico (Oliver & Slattery 1981, Barry & Dayton 1986, Gallardo & Retamal 1986, Pearse 1986, Muehlenhardt Siegel 1989a, Arntz *et al.* 1990, Battershill 1990, Pearse *et al.* 1991, Dahm 1995, Barnes *et al.* 1996, Dahm 1996, Stanwell-Smith & Barnes 1997, Sahade *et al.* 1998, Cockell & Stokes 1999, Peck *et al.* 1999, Gutt 2000, Barnes & Lehane 2001, Mincks *et al.* 2005).

ZONACIÓN VERTICAL E IMPACTO DEL HIELO

La densidad, biomasa y diversidad de la comunidad de aguas someras aumentan con la profundidad hasta cierto límite (Parulekar *et al.* 1983), en áreas costeras protegidas. Hasta la profundidad de seis metros, ningún organismo se establece permanentemente, debido al constante impacto de pequeños bloques de hielo. Algunos organismos móviles pueden ser encontrados, recorriendo esta área en busca de alimento. A 12 metros la comunidad ya presenta una alta densidad, a 25 metros la diversidad llega a los valores más altos (Zamorana 1983, Sahade *et al.* 1998) de la región costera poco profunda. A partir de este punto decrece con la profundidad (Parulekar *et al.* 1983) y a 50 metros la comunidad estaría prácticamente libre del impacto frecuente de icebergs y de tempestades, llegando así a un estado más avanzado de desenvolvimiento (Hardy

1972, Platt 1980, Zamorana 1983, White 1984, Arnaud *et al.* 1986, Jazdzewski *et al.* 1986, Numanami *et al.* 1986, Zhang *et al.* 1986, Gallardo 1987, Arntz *et al.* 1990, Baoling *et al.* 1992, Oiquan *et al.* 1992, Gambi *et al.* 1994, Brouwer *et al.* 1995, Dahm 1996, Saiz Salinas *et al.* 1998, Sahade *et al.* 1998). A partir de 100 metros las comunidades varían en diversidad y densidad, probablemente en función de su localización relativa a áreas de productividad más someras (Muehlenhardt Siegel 1989a) y del tiempo transcurrido a partir del último impacto de grandes icebergs (Oiquan *et al.* 1992).

La frecuencia del impacto del hielo en las comunidades someras es una función inversa al tamaño de los icebergs (y, consecuentemente, a la profundidad). O sea, la comunidad es más frecuentemente impactada por hielos menores que por grandes icebergs (Parulekar *et al.* 1983). Las áreas someras son impactadas con mucha frecuencia por pequeños bloques de hielo, y las áreas más profundas son impactadas con baja frecuencia por icebergs mayores. La mayoría de los autores atribuyen a este impacto del hielo la distribución vertical observada de las especies. Algunos autores, empero, mencionan que esta influencia es determinante apenas en las áreas más someras (hasta 6 metros), pues este impacto sería muy localizado debido a lo íngreme del litoral. Apesar de las especies ser consideradas de vida muy larga (y por este motivo, de lenta recuperación póst impactos), la recolonización (e reinvasión) de áreas impactadas puede ocurrir por advección y locomoción a partir de áreas del fondo adyacentes a dicha área (Oliver & Slattery 1981, Peck *et al.* 1999). Esta recolonización puede ser responsable por no ser observadas variaciones temporales significativas de abundancia y biomasa, siendo estas enmascaradas por la variación batimétrica (Echeverría *et al.* 2005).

Además del impacto de icebergs, en los períodos de invierno (temperaturas del agua más bajas) puede ocurrir el congelamiento de partes del fondo. La disminución del movimiento del agua con temperaturas abajo del punto de congelamiento, causada por la proximidad con el fondo o por la presencia de organismos tales como esponjas, desencadena su efectivo congelamiento, formando el denominado “anchor ice”. Este hielo tiende a crecer en extensión y altura hasta que su flotabilidad es mayor que la fuerza

que lo sujeta al fondo, y es capaz de arrancar una parte del sustrato junto con la fauna superficial bentica asociada a este. Este impacto ocurre desde la región intermareal hasta profundidades de cerca de 20 o 25 metros. De este modo, los fondos someros son periódicamente afectados por el hielo, a través del impacto de icebergs, más efectivo durante el verano antártico y el “anchor ice”, más efectivo durante el invierno austral.

La fauna costera de aguas someras sería modelada principalmente por el impacto del hielo (icebergs y “anchor ice” Hartman 1966, Dayton *et al.* 1970, Kauffman 1977, Zamorana 1983, White 1984, Tang *et al.* 1989, Gambi *et al.* 1994, Amsler *et al.* 1995, Clarke 1996), pero también por la influencia de tempestades capaces de revolver el fondo hasta la profundidad aproximada de 10m (Peck *et al.* 1999). Entretanto, la notable zonación de las comunidades en la distribución vertical de los organismos es un factor que puede ser observado en prácticamente todos los ambientes marinos del mundo. De este modo, el impacto del hielo podría apenas estar remodelando patrones de distribución vertical preexistentes de estas comunidades. La correlación de las comunidades con características del sedimento de fondo (materia orgánica, granulometría, concentración bacteriana) no es obvia (Verlancar *et al.* 1983, Andreyeva & Agatova 1985, Smith *et al.* 1986a, Smith *et al.* 1986b, Matsuda *et al.* 1987, Reichardt 1987, Nedwell 1989, Smith *et al.* 1989, Rivkin & DeLaca 1990, Gilbert 1991, Grebmeier & Barry 1991, Nedwell *et al.* 1993a, Nedwell *et al.* 1993b, Nedwell & Walker 1995, Clarke 1996, Teichmann 1997, Cordero & Salusti 1999, Poltermann *et al.* 1999, Rachlewicz 1999). El único patrón relativamente concordante es el de la densidad de individuos con la concentración de clorofila del sedimento o con la proximidad de un banco de microalgas (Richardson 1980, Zieliński 1981, Furmanczyk & Zielinski 1982, Contreras *et al.* 1983, Silva 1992, Gambi *et al.* 1994, Amsler *et al.* 1995, Weykam & Wiencke 1995). Las macroalgas pueden ser un ingreso importante de alimento para las comunidades benticas someras (Kaehler 2000). Grandes bancos de macroalgas (Furmanczyk & Zielinski 1982, Gambi *et al.* 1994), algunas con varios metros de largura (i.e. *Desmarestia* sp. Richardson 1980, Amsler *et al.* 1995) crecen rápidamente durante

el período de verano. Estas algas son quebradas por icebergs o tempestades durante todo el año, y sus frondes son arrojadas a las playas. El constante impacto de pequeños bloques de hielo en estas playas, generalmente constituidas de pequeñas piedras (guijarros), tritura estas algas en pequeños pedazos que son arrastrados nuevamente para el mar y se depositan en el fondo (Zieliński 1981), donde pueden servir de sustrato para el crecimiento de bacterias, eficientes en las bajas temperaturas reinantes (Smith *et al.* 1986, Smith *et al.* 1989, Smith *et al.* 1986). Como este proceso ocurre durante todo el año, estas algas (y sus bacterias asociadas) pueden ser un importante ingreso de materia orgánica para las comunidades benticas durante el invierno.

ADAPTACIONES METABÓLICAS

Adaptaciones metabólicas especiales para el frío y la escasez de alimento del invierno no han sido detectadas en invertebrados antárticos (Richardson & Hedgpeth 1977, Picken 1980, Arnaud 1985, Duchene 1985, Brey & Clarke 1993, Wittmann 1995, Fabiano & Danovaro 1999, Peck *et al.* 2000). Fisiológicamente, mecanismos de transporte celular capaces de mantener la velocidad de los procesos en temperaturas próximas o abajo del punto de congelamiento del agua marina deben existir, así como sustancias anticongelantes que eviten la cristalización del citoplasma y el congelamiento del agua dentro de los espacios corporales internos de los organismos, dos procesos que provocarían la ruptura de sus respectivas superficies. Estos mecanismos ya han sido detectados en peces (Kristiansen & Zachariassen 2005). Las adaptaciones observadas tenderían principalmente a estrategias de tipo “K” (Clarke 1979, White 1984, Waagele & Schminke 1986, Tucker 1988, Teichmann 1997, McClintock & Baker 1998). El metabolismo, la actividad reproductiva y el crecimiento disminuirían con la temperatura del agua (Brey & Clarke 1993, Fabiano & Danovaro 1999) en el invierno y aumentaría durante el verano, paralelamente al “bloom” de microalgas (Basterretxea & Arístegui 1999, Figueiras *et al.* 1999, Winton 1999). En algunos organismos la reproducción ocurriría en sincronía con este aumento de temperatura (Barnes & Clarke 1998). En otras, el sincronismo ocurriría de forma a que las larvas y

juveniles fuesen liberados al inicio del verano (Berkman *et al.* 1991, Bhaud 2000) lo que permitiría su desenvolvimiento durante este período hasta un tamaño capaz de resistir mejor al invierno siguiente. Esta estrategia implica que el proceso reproductivo ocurriría durante el invierno, apesar de la reducción de los recursos disponibles. Otra estrategia observada sugiere una amplia independencia de la sazonalidad (Pearse 1986, Gambi *et al.* 2000), con el período reproductivo en cualquier momento del año y la gestación extendiéndose a lo largo de varios años (Brey & Clarke 1993). De esta forma, durante la gestación los organismos pasarían por varios períodos de abundancia (veranos) y la reducción de su metabolismo durante el invierno no afectaría su capacidad reproductiva.

Gran parte de los invertebrados benticos Antárticos es omnívora (Arnaud 1974, Corbisier *et al.* 2004), lo que facilita la obtención de alimentos durante la escasez de la producción primaria de invierno. Este padrón es observado aún en grupos en los cuales en general la omnivoría es raramente observada para otros ambientes (e.g. Echinodermata, McClintock 1994).

FRAGILIDAD Y MÉTODOS DE MUESTREO

El ecosistema costero es frágil y presenta un largo tiempo de recuperación (Waagele & Schminke 1986, Arntz *et al.* 1994, Lenihan & Oliver 1995, Cockell & Stokes 1999, Poltermann *et al.* 1999, Robakiewicz & Rakusa-Suszczewski 1999, Stark 2000). Áreas de fácil acceso en verano para embarcaciones que no sean rompehielos, áreas de concentración de estaciones científicas y puntos de desembarque de buques de turismo son consideradas de alto riesgo de impacto. Algunos de los impactos más frecuentes son el despejo de esgoto orgánico, basura, despejos accidentales de diesel y combustibles de buques y estaciones científicas, invasión por turistas de las colonias de focas y pingüinos, pisoteamiento de las coberturas de líquenes y musgos de crecimiento extremadamente lento. El largo tiempo de recuperación de estos ecosistemas sugiere la necesidad de un intenso programa de monitoreo ambiental (Lenihan & Oliver 1995).

El estudio de las comunidades benticas antárticas aún se basa principalmente en muestreos remotos, utilizando embarcaciones tales como buques o barcos

menores en la zona costera de aguas someras. Entre los métodos de muestreo de comunidades benticas de aguas someras los más utilizados en la Antártica son buscafondos del tipo van Veen y Petersen. Métodos fotográficos y visuales son utilizados a través de buceo, utilizando transects y cuadrats y su utilización ha fornecido informaciones muy interesantes en el estudio de la zona costera, principalmente debido a la gran variabilidad espacial en la distribución de la fauna, en función de la variación geomorfológica del fondo, especialmente aquella causada por impactos de hielo (icebergs y "anchor ice" Peck *et al.* 1999, Brown *et al.* 2004). Los Rov's (vehículos de operación Remota) han sido muy poco usados hasta el momento.

Debido a la fragilidad del ecosistema son desaconsejables el uso de redes de arrastre y otros métodos semi cuantitativos de extenso impacto sobre la abundante epifauna. Placas de substrato artificial son colonizadas muy lentamente (más de 5 años!) y son fácilmente destruidas por tempestades y hielos flotantes (Barry & Dayton 1986, Numanami *et al.* 1986, Arntz *et al.* 1994, Stanwell-Smith & Barnes 1997) de tal modo que estudios experimentales de colonización aún son escasos, y están propensos a obtener resultados poco conclusivos con los métodos tradicionales.

FUTURO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Estudios reproductivos, ciclos de vida y asentamiento larvar deberán ser priorizados en el futuro, pues un gran número de evidencias acumuladas indican que las comunidades antárticas presentan una amplia variabilidad de estrategias de vida. Cuanto al funcionamiento de este ecosistema, procesos en la columna de agua y la interfase agua sedimento deberán ser enfocados, evidenciando el papel de los microorganismos que participan del "loop" microbiano en el flujo de energía en los períodos de ausencia o limitación de luz. La composición faunística, a pesar de los esfuerzos recientes y del histórico de su estudio aún requiere un análisis mas adecuada. La distribución circumpolar de la mayoría de las especies deberá ser investigada utilizando marcadores moleculares adecuados, ya que la hipótesis de una fauna homogénea en su composición no es compatible con la historia de

vida de mucho de sus representantes.

CONCLUSIÓN

El ecosistema antártico es uno de los más estudiados del mundo. Desde hacen más de 100 años atrás hasta hoy en día, científicos de prácticamente todo el mundo vienen estudiando las características de este ambiente. En comparación, procesos que ocurren en áreas sin especial interés pueden presentar características similares a las observadas para la Antártica, cambiando apenas el tipo de ambiente físico en que estos procesos ocurren. Así, el adagio circular de que los organismos se encuentran adaptados al ambiente en que viven es tan verdadero para la Antártica como para cualquier otro ambiente, pero los procesos que llevaron a esta adaptación son tan únicos para la Antártica como para cualquier otro sitio, y no por eso menos interesantes.

BIBLIOGRAFÍA:

- AMSLER, C.D.; ROWLEY, R.J.; LAUR, D.R.; QUETIN, L.B. & ROSS, R.M. 1995. Vertical distribution of Antarctic Peninsular macroalgae: Cover, biomass and species composition. *Phycologia*, 34(5): 424-430.
- ANDREYEVA, N.M.; AGATOVA, A.I. 1985. Biological activity of bottom sediments in some Antarctic regions and off the coast of Peru. *Oceanology of the Academy of Sciences of the USSR*, 25(6):738.
- ARNAUD, P.M. 1974. Contribution à la bionomie marine benthique des régions antarctiques et subantarctiques. *Téthys*, 6(3):465-656.
- ARNAUD, P.M. 1985. Essai de synthèse des particularités ecobiologiques (adaptations) des invertébrés benthiques antarctiques. *Océanis*, 11(2):117-124.
- ARNAUD, P.M.; JAZDZEWSKI, K.; PRESLER, P. & SICINSKI, J. 1986. Preliminary survey of benthic invertebrates collected by Polish Antarctic expeditions in Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica). *Polish Polar Research*, 7(12): 7-24.
- ARNTZ, W.E.; BREY, T.; & GALLARDO, V.A. 1994. Antarctic zoobenthos. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 32: 241-304.
- ARNTZ, W.E.; BREY, T.; GERDES, D.; GORNY, M.; GUTT, J. & HAIN, S. 1990. Patterns of life history and population dynamics of benthic invertebrates under the high Antarctic

- conditions of the Weddell Sea. Pp. 221-230 *In*: G. Colombo, I. Ferrari, V.U. Ceccherelli & R. Rossi (eds.), Marine Eutrophication And Population Dynamics: Proceedings of the 25th European Marine Biology Symposium. Olsen & Olsen. Copenhagen.
- ARONSON R. B. & BLAKE D.B. 2001. Global climate change and the origin of modern benthic communities in Antarctica. *American Zoologist*, 41(1): 27-39.
- BARNES, D.K.A.; ROTHERY, P.; CLARKE, A. 1996. Colonisation and development in encrusting communities from the Antarctic intertidal and sublittoral. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 196(1-2): 251-265.
- BARRY, J.P. & DAYTON, P.K. 1986. Oceanographic influences on marine benthic communities in McMurdo Sound, Antarctica. *Antarctic Journal of The United States*, 21(5): 180-182.
- BASTERRETXEA, G. & ARÍSTEGUI, J. 1999. Phytoplankton biomass and production during late austral spring (1991) and summer (1993) in the Bransfield Strait. *Polar Biology*, 21(1): 11-22.
- BATTERSHILL, C.N. 1990. Temporal changes in antarctic marine benthic community structure. *New Zealand Antarctic Record*, 10(1): 23-27.
- BENON, P.; MURAIL, J.F. & ARNAUD, P.M. 1979. Hydrologie des Plateformes Peri Insulaires des Îles Crozet, Marion et Prince Edward. *Comité National Français des Recherches Antarctiques*, 44: 39-60.
- BERKMAN, P.A.; WALLER, T.R. & ALEXANDER, S.P. 1991. Unprotected larval development in the Antarctic scallop *Adamussium colbecki* (Mollusca: Bivalvia: Pectinidae). *Antarctic*, 3(2): 151-157.
- BHAUD, M.R. 2000. Some examples of the contribution of planktonic larval stages to the biology and ecology of polychaetes. *Bulletin of Marine Science*, 67(1): 345-358.
- BONNER, W.N. & WALTON, D.W.H. 1985. Marine habitats: Introduction. Pp. 133-134 *In*: W.N. Bonner & D.W.H. Walton, Key Environments: Antarctica. Pergamon Press, Oxford.
- BRANCH, M.L. 1994. The Polychaeta of subantarctic Marion and Prince Edward Islands: Illustrated keys to the species and results of the 1982-1989 University of Cape Town surveys. *South African Journal of Antarctic Research*, 24 (1-2): 3- 52.
- BREY, T. 1995. Energiefluss und Nahrungsnetze in benthischen Oekosystemen der Antarktis. *Berichte zur Polarforschung*, 155: 13-17.
- BREY, T. & CLARKE, A. 1993. Population dynamics of marine benthic invertebrates in Antarctic and subantarctic environments: Are there unique adaptations? *Antarctic Science*, 5(3): 253-266.
- BREY, T.; PECK, L.S.; GUTT, J.; HAIN, S. & ARNTZ, W.E. 1995. Population dynamics of *Magellania fragilis*, a brachiopod dominating a mixed bottom macrobenthic assemblage on the Antarctic shelf. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 75(4): 857-869.
- BROMBERG, S.; NONATO, E. F.; CORBISIER, T. N. & PETTI, M. V. 2000. Polychaete distribution in the near-shore zone of Martel Inlet, Admiralty Bay (King George Island, Antarctica). *Bulletin of Marine Science*, 67: 175-188.
- BROUWER, P.E.M.; GEILEN, E.F.M.; GREMMEN, N.J.M. & VAN LENT, F. 1995. Biomass, cover and zonation pattern of sublittoral macroalgae at Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica. *Botanica Marina*, 38(3): 259-270.
- BROWN, K.M.; FRASER, K.P.P.; BARNES, D.K.A. & PECK, L.S. 2004. Links between the structure of an Antarctic shallow water community and ice scour. *Oecologia*, 141: 121-129.
- CLARKE, A. 1979. On living in cold water: K strategies in Antarctic benthos. *Marine Biology*, 55(2): 111-119.
- CLARKE, A. 1996. Benthic marine habitats in Antarctica. p.123-133. *In*: R.M. Ross, E.E. Hofmann & L.B. Quetin, (eds.), Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula. Antarctic Research Series, 70, American Geophysical Union, Washington D.C..
- COCKELL, C.S. & STOKES, M.D. 1999. Polar winter: a biological model for impact events and related dark/cold climatic changes. *Climatic Change*, 41(2): 151-173.
- COLLEN, J.D. 1979. Marine invertebrates from the Ross Ice Shelf, Antarctica. *Search*, 10(7-8): 274-275.
- CONTRERAS, D.; SCHLATTER, R. & RAMIREZ, C., 1983. Flora ficológica de las Islas Diego Ramirez (Chile). *Serie Científica Instituto Antártico Chileno*, 30: 13-26.
- CORBISIER, T.N.; PETTI, A.V.; SKOWRONSKI, R.S.P. & BRITO, T.A.S. 2004. Trophic relationships in the nearshore zone of Martel Inlet (King George Island, Antarctica): $\delta^{13}\text{C}$ stable-isotope analysis. *Polar Biology*, 27:75-82.
- CORDERO, S.G. & SALUSTI, E. 1999. General characteristics of density turbidity currents in the Ross Sea (Antarctica). Pp.223-232. *In*: G. Spezie & G.M.R. Manzella (eds.) Oceanography of the Ross Sea, Antarctica. Springer Verlag, Milan.
- BARNES, D.K.A. & CLARKE, A. 1998. Seasonality of polypide recycling and sexual reproduction in some erect Antarctic bryozoans. *Marine Biology*, 131(4): 647-658 .

- DAHM, C. 1995. Populationsdynamik antarktischer Schlangensterne (Ophiuroidea, Echinodermata). *Berichte zur Polarforschung*, 155: 49-51.
- DAHM, C. 1996. Oekologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata). *Berichte zur Polarforschung*, 194: 1-289.
- BARNES, D.K.A. & LEHANE C. (2001). Competition, mortality and diversity in South Atlantic coastal boulder communities. *Polar Biology*, 24(3): 200-208.
- DAVID, P.; ARNAUD, P.M. & HUREAU, J.C. 1979. Les Elements Nutritifs des Eaux Bordant les Iles Marion et Crozet (Sud Ouest de l'Océan Indien). *Comité National Français des Recherches Antarctiques*, 44: 67-78.
- DAYTON, P.K. & OLIVER, J.S. 1977 Antarctic soft bottom benthos in oligotrophic and eutrophic environments. *Science*, 197(4298): 55-58.
- DAYTON, P.K. & ROBILLIARD, G.A. 1974. Biological accommodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica. *Ecological Monographs*, 44(1): 105-128.
- DAYTON, P.K.; ROBILLIARD, G.A. & PAINE, R.T., 1970. Benthic faunal zonation as a result of anchor- ice at McMurdo Sound, Antarctica. Pp. 244-258. In: M.W. Holdgate, (ed.) *Antarctic ecology*, Vol. 1, Academic Press, London and New York.
- DELACA, T.E. & LIPPS, J.H. 1976. Shallow water marine associations, Antarctic Peninsula. *Antarctic Journal of the United States*, 11(1): 12-20.
- DUCHENE, J.C. 1985. Adaptation de la reproduction dans les eaux froides en zone subantarctique. *Océanis*, 11(2): 87-100.
- ECHEVERRÍA, C.A.; PAIVA, P.C. & ALVES, V.C. 2005. Composition and biomass of shallow benthic megafauna during an annual cycle in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 17: 312-318.
- ECHEVERRÍA, C.A. & PAIVA, P.C. 2006. Macrofaunal shallow benthic communities along an discontinuous annual cycle at Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polar Biology*, 29: 263-269.
- EL-SAYED, S.Z. 1979. Recherches sur la productivité primaire au cours de la campagne MD.08. *Comité National Français des Recherches Antarctiques*, 44: 79-82.
- EL-SAYED, S.Z.; BENON, P.; DAVID, P.; GRINDLEY, J.R.; MURAIL, J.F.; ARNAUD, P.M. & HUREAU, J.C. 1979. Some Aspects of the Biology of the Water Column Studied During the Marion-Dufresne Cruise 08. *Comité National Français des Recherches Antarctiques*, 44: 127-134.
- FABIANO, M. & DANOVARO, R. 1999. Meiofauna distribution and mesoscale variability in two sites of the Ross Sea (Antarctica) with contrasting food supply. *Polar Biology*, 22(2): 115-123.
- FIGUEIRAS, F.G.; ARBONES, B. & ESTRADA, M. 1999. Implications of bio optical modeling of phytoplankton photosynthesis in antarctic waters: further evidence of no light limitation in the Bransfield Strait. *Limnology and Oceanography*, 44(7): 1599-1608.
- FINGER, K.L. 1975. Benthic community studies in the South Shetland Islands. *Antarctic Journal of the United States*, 10(4): 15-22.
- FOGG, G.E. 1977. Aquatic primary production in the Antarctic. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 279(963): 27-38.
- FURMANCZYK, K. & ZIELINSKI, K. 1982. Distribution of macroalgae groupings in shallow waters of Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctic), plotted with the help of air photographs analysis. *Polish Polar Research*, 3(12): 41-47.
- GALLARDO, V.A. 1987. Benthic macroinfauna of Antarctic sub littoral soft bottoms. Pp. 73-86. In: S.Z. El-Sayed & A.P. Tomo, (eds.) *BIOMASS*, Scientific Series, 7. SCAR, Cambridge.
- GALLARDO, V.A. & RETAMAL, M.A. 1986. Establecimiento de un "Bentosgarten" en la Antártica. *Boletín Antártico Chileno*, 6(1): 40-42.
- GAMBI, M.C.; GIANGRANDE A. & PATTI, F.P. 2000. Comparative observations on reproductive biology of four species of Perkinsiana (Polychaeta: Sabellidae: Sabellinae). *Bulletin of Marine Science*, 67(1): 299-309.
- GAMBI, M.C.; LORENTI, M.; RUSSO, G.F. & SCIPIONE, M.B. 1994. Benthic associations of the shallow hard bottoms off Terra Nova Bay, Ross Sea: zonation, biomass and population structure. *Antarctic Science*, 6(4): 449-462.
- GILBER, N.S. 1991. Microphytobenthic seasonality in near shore marine sediments at Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 33(1): 89-104.
- GREBMEIER, J.M. & BARRY, J.P. 1991. The influence of oceanographic processes on pelagic benthic coupling in polar regions: a benthic perspective. *Journal of Marine Systems*, 2(3): 495-518.
- GRINDLEY, J.R. & LANE, S.B. 1979. Zooplankton around Marion and Prince Edward Islands. Campagne Oceanographique Md.08. *Comité National Français des Recherches Antarctiques*, 44: 111-125.
- GRUZOV, E.N. & PUSHKIN, A.F. 1970. Bottom communities of the upper sublittoral of Enderby Land and the South

- Shetland Islands. Pp.235-238. In: M.W. Holdgate, (ed.) Antarctic ecology, Vol. 1, Academic Press, London and New York.
- GUTT, J. 2000. Some "driving forces" structuring communities of the sublittoral Antarctic macrobenthos. *Antarctic Science*, 12(3): 297-313.
- HARDY, P. 1972. Biomass estimates for some shallow water infaunal communities at Signy Island, South Orkney Islands. *British Antarctic Survey Bulletin*, 31: 93-106.
- HARTMAN, O. 1966. Benthic zonation in Antarctica, as displayed by marine annelids (Polychaeta) based on published and new records, from intertidal to hadal depths. Pp. 192-204. In: Symposium on Pacific-Antarctic Sciences, Japan Antarctic Expeditions Scientific Reports, Special Issue 1.
- HARTMANN SCHROEDER, G. & ROSENFELDT, P. 1989. Die Polychaeten der Polarstern Reise ANT III/2 in die Antarktis 1984. Teil 2: Cirratulidae bis Serpulidae. *Mitteilungen der Hamburg Zoologisches Museum und Institut*, 86: 65-106.
- HOSHIAI, T. 1994. Review of the coastal marine ecosystem research at Syowa Station, Antarctica. *Antarctic Record*, 38(3): 243-251.
- IKEN, K. 1995. Nahrungsbeziehungen zwischen antarktischen Makroalgen und Herbivoren *Berichte zur Polarforschung*, 155: 21-23.
- JAZDZEWSKI, K.; JURASZ, W.; KITTEL, W.; PRESLER, E.; PRESLER, P. & SICINSKI, J. 1986. Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 6(1): 5-16.
- JAZDZEWSKI, K.; TEODORCZYK, W.; SICINSKI, J. & KONTEK, B. 1991. Amphipod crustaceans as an important component of zoobenthos of the shallow Antarctic sublittoral. *Hydrobiologia*, 223(1): 105-117.
- KAHLER, S.; PAKHOMOV, E. A. & MCQUAID, C.D. 2000. Trophic structure of the marine food web at the Prince Edward Islands (Southern Ocean) determined by delta13C and delta15N analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 208: 13-20.
- KAUFFMAN, T.A. 1977. Seasonal changes and disturbance in an antarctic benthic mud community. 136 p. Ph.D. thesis. Davis, University of California.
- KRISTIANSEN, E.; & ZACHARIASSEN, K.E. 2005. The mechanism by which fish antifreeze proteins cause thermal hysteresis. *Cryobiology*, 51: 262 -280.
- PECK L.S.; COLMAN J. G. & MURRAY, A. W. A. 2000. Growth and tissue mass cycles in the infaunal bivalve *Yoldia eightsi* at Signy Island, Antarctica. *Polar Biology*, Volume 23(6): 420-428.
- LENIHAN, H.S. & OLIVER, J.S. 1995. Anthropogenic and natural disturbances to marine benthic communities in Antarctica. *Ecological Applications*, 5(2): 311-326.
- MATSUDA, O.; ISHIKAWA, S.; KAWAGUCHI, K., 1987. Seasonal variation of downward flux of particulate organic matter under the antarctic fast ice. Pp. 23-34. *Proceedings of the National Institute of Polar Research symposium on polar biology*, 1:23-34.
- MCCLINTOCK, J.B. 1994. Trophic biology of Antarctic shallow water echinoderms. *Marine Ecology Progress Series*, 111: 191-202.
- MILLS, E.L. & HESSLER, R.R. 1974. Antarctic benthic communities: Hudson '70 expedition. *Antarctic Journal of the United States*, 9(6): 312-316.
- MINCKS S. L., SMITH C. R. AND DEMASTER D. J., 2005. Persistence of labile organic matter and microbial biomass in Antarctic shelf sediments: evidence of a sediment 'food bank'. *Marine Ecology Progress Series*, 300: 3-19.
- MIRONOV, A.N. 1982. The role of Antarctica in the formation of the deep sea fauna of the World Ocean. *Oceanology of the Academy of Sciences of the USSR*, 22(3): 360-364.
- MUEHLENHARDT-SIEGEL, U. 1989a. Quantitative investigations of Antarctic zoobenthos communities in winter (May/June) 1986 with special references to the sediment structure. *Archivers für Fischereiweiss*, 39(1): 123-141.
- MUEHLENHARDT-SIEGEL, U., 1989b. Antarktische Bivalvia der Reisen des FS "Polarstern" und des FFS "Walther Herwig" aus den Jahren 1984 bis 1986. Hamburg. *Mitteilungen der Hamburg Zoologisches Museum und Institut*, 86: 153-178.
- NEDWELL, D.B. 1989. Benthic microbial activity in an Antarctic coastal sediment at Signy Island, South Orkney Islands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 28(5): 507-516.
- NEDWELL, D.B.; WALKER, T.R. & ELLIS-EVANS, J.C. 1993a. Adaptation and activity of the benthic microbial community in an inshore coastal sediment at Signy Island, South Orkney Islands. Pp. 127-131. In: R.B. Heywood (ed.) British Antarctic Survey Antarctic Special Topic Award Scheme Round 2 Symposium, Sep. 30 Oct. 1, 1992. Proceedings. University Research in Antarctica, 1989-92. British Antarctic Survey, Cambridge.
- NEDWELL, D.B. & WALKER, T.R. 1995. Sediment water fluxes of nutrients in an Antarctic coastal environment: Influence of bioturbation. *Polar Biology*. 15(1): 57-640.
- NEDWELL, D.B.; WALKER, T.R.; ELLIS EVANS, J.C.; CLARKE, A. 1993b. Measurements of seasonal rates and annual budgets of organic carbon fluxes in an Antarctic coastal

- environment at Signy Island, South Orkney Islands, suggest a broad balance between production and decomposition. *Applied Environmental Microbiology*, 59(12): 3989-3995.
- NONATO, E.F.; BRITO, T.A.M.; PAIVA, P.C.; PETTI, M.A.V. & CORBISIER, T.N. 2000. Benthic megafauna of the nearshore zone of Martel Inlet (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica): depth zonation and underwater observations. *Polar Biology*, 23: 590-588.
- NONATO, E.F.; BRITO, T.A.S.; PAIVA, P.C. & PETTI, M.A.V. 1992. Programa Antartico Brasileiro: Projeto "Bionomia da Fauna Bentônica Antártica" atividades subaquáticas realizadas na baía do Almirantado a partir da VI expedição 1988). *Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, 33: 1-12.
- NUMANAMI, H.; HAMADA, E.; NAITO, Y. & TANIGUCHI, A. 1986. Biomass estimation of epifaunal megabenthos by stereophotography around Syowa Station, Antarctica. Tokyo. *Memoirs of National Institute of Polar Research Memoirs. Special issue*, 44: 145-150.
- OLIVER, J.S. & SLATTERY, P.N. 1981. Community complexity, succession, and resilience in marine soft bottom environments. *Estuaries*, 4(3): 259.
- PARK, M.G.; YANG, S.R.; KANG, S.H.; CHUNG, K.H. & SHIM, J.H. 1999. Phytoplankton biomass and primary production in the marginal ice zone of the northwestern Weddell Sea during austral summer. *Polar Biology* 21(4): 251-261.
- PARULEKAR, A.H.; ANSARI, Z.A. & HARKANTRA, S.N. 1983. Pp 213-218. In: Benthic fauna of the Antarctic Ocean: Quantitative aspects. In: R.V. Iyenger & R. Rajaram, (eds.), Scientific Report of First Indian Expedition to Antarctica. Department of Ocean Development, New Delhi.
- PEARSE, J. S.; BOSCH, I.; PEARSE, V.B. & BASCH, L.V. 1991. Differences in feeding on algae and bacteria by temperate and Antarctic sea star larvae. *Antarctic Journal of the United States*, 26(5): 170-172.
- PEARSE, J.S., 1986. Contrasting tempos of reproduction by shallow water animals in McMurdo Sound, Antarctica. *Antarctic Journal of the United States*, 21(5): 182-184.
- PEARSE, J.S.; MCCLINTOCK, J.B. & BOSCH, I. Reproduction of Antarctic benthic marine invertebrates: Tempos, modes, and timing. *American Zoologist*, 31(1): 65-80.
- PECK, L.; BROCKINGTON, S.; VANHOVE, S. & BEGHYN, M. 1999. Community recovery following catastrophic iceberg impacts in a soft sediment shallow water site at Signy Island, Antarctica. *Marine Ecology Progress Series*, 186: 1- 8.
- PICKEN, G.B. 1985. Marine habitats: benthos. Pp. 154 172. In: Key Environments: Antarctica. Bonner, W.N.; Walton, D.W.H. eds.
- PICKEN, G.B. 1980. Reproductive adaptations of Antarctic benthic invertebrates. *Biological Journal of the Linnean Society*, 14(1): 67-75.
- PLATT, H.M. 1980. Ecology of King Edward Cove, South Georgia: Macro benthos and the benthic environment. *British Antarctic Survey Bulletin*, 49: 231-238.
- POLTERMANN, M.; DEUBEL, H.; KLAGES, M. & RACHOR, E. 1999. Benthos communities: composition, diversity patterns and biomass distribution as first indicators for utilization and transformation processes of organic matter. *Berichte zur Polarforschung*, 300: 51-58.
- RACHLEWICZ, G. 1999. Glacial relief and deposits of the western coast of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. *Polish Polar Research*, 20(2): 89-130.
- REICHARDT, W. 1987. Differential temperature effects on the efficiency of carbon pathways in Antarctic marine benthos. *Marine Ecology Progress Series*, 40: 127-135.
- RETAMAL, M.A.; QUINTANA, R.; NEIRA, F. 1982. Análisis cualitativo y cuantitativo de las comunidades bentónicas en Bahía Foster (Isla Decepcion) (35 Expedición Antártica Chilena, enero 1981). *Serie Científica Instituto Antártico Chileno*, 29: 5 -15.
- RICHARDSON, M.D. & HEDGPETH, J.W. 1977. Antarctic soft bottom macrobenthic community adaptations to a cold, stable, highly productive, glacially affected environment. Pp. 181-196. In: G.A. Llano, (ed.), Adaptations within antarctic ecosystems. Proceedings of the third SCAR Symposium on Antarctic Biology, Washington, D.C.
- RICHARDSON, M.D. 1977. Classification and structure of marine macrobenthic assemblages at Arthur Harbor, Anvers Island, Antarctica. 142p. Ph.D. thesis, Corvallis, Oregon State University.
- RICHARDSON, M.G. 1980. The distribution of Antarctic marine macro algae related to depth and substrate. *British Antarctic Survey Bulletin*, 49: 1-13.
- RIVKIN, R.B. & DELACA, T.E. 1990. Trophic dynamics in Antarctic benthic communities. 1. In situ ingestion of microalgae by Foraminifera and metazoan meiofauna. *Marine Ecology Progress Series*, 64: 129-136.
- ROBAKIEWICZ, M. & RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. 1999. Application of 3D circulation model to Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polish Polar Research*, 20(1): 43-58.
- SAHADE, R.; TATIÁN, M.; KOWALKE, J.; KÜHNE, S. & ESNAL, G.B. 1998. Benthic faunal associations on soft

- substrates at Potter Cove, King George Island, Antarctica. *Polar Biology*, 19(2): 85-91.
- SAIZ-SALINAS, J.I.; RAMOS, A.; MUNILLA, T. & RAUSCHERT, M. 1998. Changes in the biomass and dominant feeding mode of benthic assemblages with depth off Livingston Island (Antarctica). *Polar Biology*, 19(6): 424-428.
- SIEG, J. & WÄGELE, J.W. 1990. *Fauna der Antarktis*. Paul Parey, Berlin and Hamburg.
- SILVA, P.C. 1992. Geographic patterns of diversity in benthic marine algae. *Pacific Science*, 46(4): 429-437.
- SMITH, G.A.; WHITE, D.C. & NICHOLS, P.D. 1986a. Antarctic benthic and sea ice microalgal interactions: food chain processes and physiology. *Antarctic Journal of the United States*, 21(5): 174-175.
- SMITH, G.A.; DAVIS, J.D.; MUSCAT, A.M.; MOE, R.L. & WHITE, D.C. 1989. Lipid composition and metabolic activities of benthic near shore microbial communities of Arthur Harbor, Antarctic Peninsula: Comparisons with McMurdo Sound. *Polar Biology*, 9(8): 517-524.
- SMITH, G.A.; NICHOLS, P.D. & WHITE, D.C. 1986b. Fatty acid composition and microbial activity of benthic marine sediment from McMurdo Sound, Antarctica. *Fems Microbiology Letters*, 38(4): 219-231.
- STANWELL-SMITH, D. & BARNES, D.K.A. 1997. Benthic community development in Antarctica: recruitment and growth on settlement panels at Signy Island. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 212(1): 61-79.
- STARK J.S. 2000. The distribution and abundance of soft sediment macrobenthos around Casey Station, East Antarctica. *Polar Biology* 23(12): 840-850.
- STILLER, M. 1996. Verbreitung und Lebensweise der Aphroditiden und Polynoiden (Polychaeta) im oestlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis). *Berichte zur Polarforschung*, 185: 200 pp.
- STROMBERG, J.O. 1991. Marine ecology of polar seas: A comparison Arctic/Antarctic. Pp. 247-261. In: T. Mauchline & T. Nemoto, (eds.), *Marine Biology: Its Accomplishment And Future Prospect*. Elsevier, Amsterdam.
- TUCKER, M.J. 1988. Temporal distribution and brooding behaviour of selected benthic species from the shallow marine waters off the Vestfold Hills, Antarctica. *Hydrobiologia*, 165(1):151-159.
- TUCKER, M.J. & BURTON, H.R. 1988. The inshore marine ecosystem off the Vestfold Hills, Antarctica. *Hydrobiologia*, 165(1): 129-139.
- VERLENCAR, X.N.; SINGBAL, S.Y.S. & PARULEKAR, A.H. 1983. Biochemical components of the benthic regions in antarctic waters. Pp : 219-223. In: R.V. Iyenger & R. Rajaram, (eds.), *Scientific Report of First Indian Expedition to Antarctica*. Department of Ocean Development, New Delhi.
- VOSS, J. 1988. Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis). *Berichte zur Polarforschung*, 45: 1-145.
- WÄGELE, W.; SCHMINKE, H.K. 1986. Leben in eisigen Tiefen: Benthosforschung in der Antarktis. *Natur und Museum*, 116(6): 184-193.
- WEYKAM, G.; WIENCKE, C. 1995. Photosynthesecharakteristika antarktischer Makroalgen. *Berichte zur Polarforschung*, 155: 39-40.
- WHITE, M.G. 1984. Marine benthos. Pp. 421-463. In: R.M. Laws (ed.) *Antarctic Ecology Volume 2*. Academic Press, London.
- WINTON, M. 1999. Polar water column stability. *Journal of Physical Oceanography*, 29(6): 1368-1371.
- WITTMANN, K.J. 1995. Sexuelle Hypertrophien bei Mysidaceen (Crustacea) als polare Anpassungen der Reproduktionsbiologie und ihre Bedeutung fuer die Biodiversitaet in antarktischen Gewaessern. *Berichte zur Polarforschung*, 155: 94-97.
- WU, B.; CHEN, M.; WU, Q. & HUANG, F. 1992. A study on the quantity of shallow sea benthos in the Great Wall Bay, Antarctica. *Antarctic Research/Nanji Yanjiu* 4(4): 55-61.
- WU, B.; MENG, F.; QIAN, P.Y. 1986. Preliminary report on Antarctic polychaetes from Davis Station, Antarctica. Pp 146-157. In: Ed P. Lu, (ed.), *A collection of Antarctic Scientific Explorations 3*. Chinese National Antarctic Research Expedition, Beijing.
- WU, Q.Q., WU, B., CHEN, M., HUANG, F.P. 1993. Community analysis of shallow sea benthos in Great Wall Bay, Antarctica. *Antarctic Research/Nanji Yanjiu* 4(1): 42-49.
- WU, Q.Q.; WU, B.; CHEN, M. & HUANG, F.P. 1992. Community analysis of shallow sea benthos in the Great Wall Bay, Antarctica. *Antarctic Research/Nanji Yanjiu*, 4(4): 62-67.
- XIANHAO, C.; YONGHONG, W.; WIPING, X. & HAISHENG, C. 1992. A research on the benthic ecology environment, Antarctic Ocean: 1. Maxwell Bay and Admiralty Bay. *Antarctic Research/Nanji Yanjiu*, 4(3): 38-45.
- YALDWYN, J.C. 1965. Antarctic and subantarctic decapod Crustacea. Pp. 324-332. In: J. van Mieghem, P. van Oye & J. Schell (eds.), *Biogeography and Ecology in Antarctica*. Junk, The Hague.
- ZAMORANO, J. 1983. Zonación del macrobentos sublitoral en bahia South, Antartica. *Serie Científica Instituto Antártico*

- Chileno*, 30: p. 146-149.
- ZAMORANO J H.1983. Zonacion y biomasa de la macrofauna bentonica en Bahia South, Archipelago de Palmer, Antartica. *Serie Científica Instituto Antártico Chileno*, 30: 27-38.
- ZHANG, X.; LU, P, & ZHANG, K. 1986. Nanji Davis jinhai diqi dongwu de yanjiu I. Shuliang fenbu ji shengwuliang de jijie bianhua. Pp. 141- 145. *In*: Ed P. Lu, (ed.), A collection of Antarctic Scientific Explorations 3. Chinese National Antarctic Research Expedition, Beijing.
- ZIELINSKI, K., 1981. Benthic macroalgae of Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) and circulation of algal matter between the water and the shore. *Polish Polar Research*, 2(3/4): 71-94.

Submetido em 22/09/2006

Aceito em 15/11/2006