



ISSN 0378 - 7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

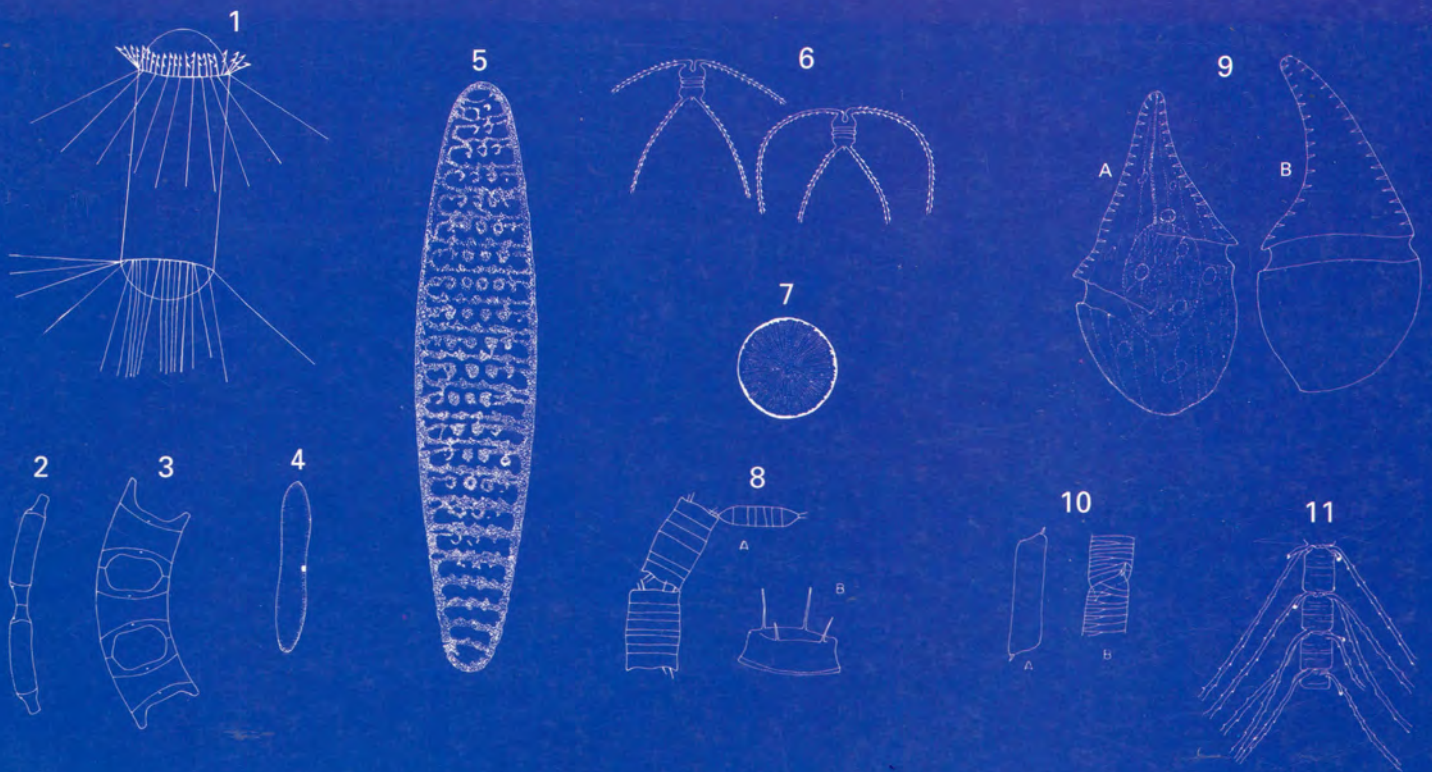
# INFORME

Nº 163

Octubre, 2001

**A.- III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BICs Humboldt y SNP-2 0005-06.**

**B.- Operación Perú ANTAR X. Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante en verano 1999 y variaciones 1988-1999.**



Callao, Perú

# EL FITOPLANCTON EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE DURANTE EL VERANO AUSTRAL 1999 Y SUS CAMBIOS DURANTE 1988 -1999

Sonia Sánchez<sup>1</sup>

Patricia Villanueva<sup>1</sup>

## RESUMEN

SÁNCHEZ, S. y P. VILLANUEVA. 2000. El Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante durante el Verano Austral 1999 y sus cambios durante 1988 -1999. Inf. Inst. Mar Perú 163:59-72.

Se dan a conocer la composición y distribución de la comunidad fitoplanctónica entre los primeros 75 m de profundidad en el Estrecho de Bransfield y alrededores de Isla Elefante, durante la Expedición Perú ANTAR X, Verano Austral 1999 (22-29 enero 1999). Así mismo se realiza un estudio de los cambios ocurridos entre 1988 y 1999. Las mayores concentraciones celulares (1000 cel/mL) estuvieron dadas por el nanoplancton autotrófico (<20 µm), con núcleos de altas densidades principalmente en las estaciones costeras y entre los primeros 25 m de profundidad. Entre las especies más representativas están *Leucocryptos marina*, *Phaeocystis antarctica* y el grupo de las Monadas, caracterizando una comunidad típica de las primeras fases de la sucesión. Se confirma la existencia de un fuerte gradiente espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica, contrastando las áreas de mayor y menor productividad primaria. Así mismo las variaciones interanuales entre 1988-1999 serían un factor importante en la estacionalidad de la comunidad planctónica, condicionando la composición y distribución del fitoplancton antártico.

PALABRAS CLAVE: Fitoplancton antártico, productores primarios, nanoplancton, Verano Austral, Perú ANTAR X.

## ABSTRACT

SÁNCHEZ, S. and P. VILLANUEVA. 2000. The phytoplankton in Bransfield Strait and around Elephant Island in Austral summer 1999 and its changes during 1988-1999. Inf. Inst. Mar Perú 163:59-72.

The authors inform about the composition and distribution of phytoplanktonic community into the first 75 m depth in Bransfield Strait and around the Elephant island, during the Perú ANTAR X Expedition in 1999 Austral Summer (January 22<sup>nd</sup>-29<sup>th</sup> 1999); a study of the changes occurred during 1988-1999 was also made. The higher cellular concentration (1000 cel/mL) was given by the autotrophic nanoplankton (<20 µm), with high density nuclei mainly on the bay stations and into the first 25 m depth. Among the most representative species were *Leucocryptos marina*, *Phaeocystis antarctica* and the groups of Monadas, typical community of the first phases of succession. The existence of a strong space-temporal gradient of the phytoplanktonic biomass is proved, contrasting the higher and lower primary productivity areas. Also the interannual variations between 1988-1999 would be an important factor in the seasonal nature (composition and distribution) of the Antarctic phytoplankton.

KEY WORDS: Antarctic phytoplankton, primary producers, nanoplankton, Austral Summer, Peru ANTAR X.

## INTRODUCCIÓN

La Región Antártica ha sido caracterizada en términos de biomasa y producción como un ambiente oligotrófico (EL-SAYED Y MYELLI 1965, EL-SAYED 1984, MAGAZZU Y DECEMBRINI 1990, MYELLI Y BURKHOLDER 1966, HONG *et al.* 1991); sin embargo, es conocida la existencia de áreas altamente productivas con una activa y dinámica cadena alimenticia, condicionada a una muy variable distribución del fitoplancton.

Está demostrada la existencia de dos picos importantes de microplancton asociados principalmente a la formación de hielos y deshielos (HECQ Y GUGLIELMO 1992). El incremento de horas de luz dentro de la capa eufótica y estabilidad en la columna de agua como producto de estos procesos físicos, van a coincidir con el desarrollo de los "blooms", particularmente en áreas costeras (12,2 mgC/m<sup>2</sup>/h) con respecto a estaciones lejanas de la costa (BURKOLDER Y SIEBURTH 1961).

Estas características han llevado a realizar numerosas expediciones peruanas (GÓMEZ 1988, 1991; ANTONIETTI 1989, DELGADO 1999) y extranjeras en torno al estudio de la dinámica de estos ambientes, conociéndose que una importante fracción de la biomasa fitoplanctónica está dada por el nanoplancton autotrófico (<20 µm de diámetro), los cuales pueden superar entre el 68% y 97% de la productividad primaria total (WEBER Y EL-SAYED 1987, KOPCZYNSKA 1992, KARL *et al.* 1991).

Con el objetivo de profundizar en la bioecología de la región Antártica fuertemente condicionada por el ciclo interanual y estacional, se presentan los resultados obtenidos en la Expedición Perú ANTAR X referentes al primer eslabón de la cadena alimenticia, que van a contribuir en el mayor conocimiento de su primer recurso potencial como es el krill (*Euphausia superba*). Complementariamente, se analizan los resultados de las diversas expediciones realizadas en el verano austral entre 1988-1999.

<sup>1</sup> Unidad de Investigaciones del Sistema Plancónico. DIRPNyO. IMARPE

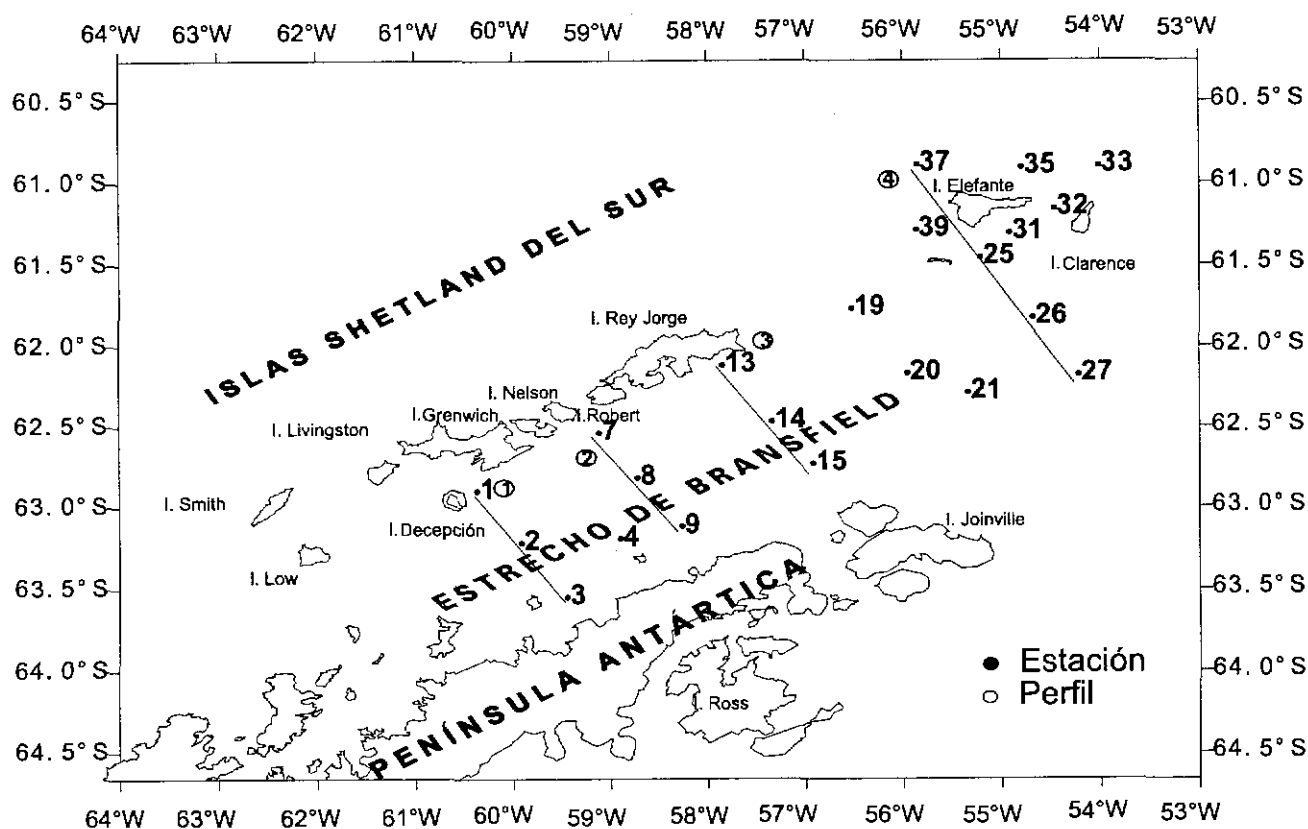


FIGURA 1. Carta de Posiciones. Operaciones Perú ANTAR X (22-29 enero 1999).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material empleado fue obtenido en la X Expedición Científica Peruana a la Antártida, a bordo del BIC Humboldt durante el verano austral de 1999 (Fig. 1).

Se han colectado 22 muestras con red estándar de fitoplancton de 75 micras de abertura de malla, realizando arrastres horizontales superficiales durante 5 minutos a velocidad mínima (1-1,5 nudos), las cuales fueron empleadas exclusivamente para la determinación taxonómica de las especies. Así mismo para los análisis cuantitativos se colectó un total de 100 muestras de agua con la botella Niskin, a las profundidades de 0, 10, 25, 50 y 75 m. Cada una de ellas fue preservada con formalina neutralizada al 1%.

La metodología de recuento y tratamiento de las células puede verse en DELGADO (1999).

Los organismos fueron identificados hasta especie en la mayoría de los casos. Los flagelados pequeños (<20 µm), diatomeas y otros organismos de difícil identificación, fueron colocados en sus respectivos grupos taxonómicos.

Para la determinación de los organismos se consultaron los trabajos de BALECH (1958, 1971 y 1973), FERREYRA Y FERRARIO (1983), FRENGUELLI (1943 y 1960), FRENGUELLI Y ORLYO (1958), HASLE (1964, 1965a y 1965b), HASLE Y SYVERTSEN (1985), HENDEY (1937), MANGUIN (1957), PRIDDLE Y FRYXEL (1985), MEDLIN Y PRIDDLE (1990), SMAYDA (1958), SYVERTSEN (1977), SYVERTSEN Y HASLE (1983).

## Análisis estadístico y comunitario

Fue calculado el índice de diversidad de SHANNON Y WIENER (1963) expresando los resultados en bits cel<sup>-1</sup> siendo:

$$H' = -\sum[(ni/N) \cdot \log_2 (ni/N)]$$

donde:

- ni = número de individuos de cada especie
- N = número total de organismos en la muestra
- H' = Índice de diversidad

Fue empleado el índice de similaridad cuantitativo de BRAY CURTIS para la identificación de las principales asociaciones florísticas entre las estaciones a las diversas profundidades (modo Q). Se elaboró una matriz de similaridad y su posterior clasificación jerárquica acumulativa (Cluster) a través de un dendrograma, usando el método de agrupamiento UPGMA (media aritmética no ponderada). En este análisis fueron empleadas las especies con una frecuencia relativa mayor del 10% para evitar la formación de subgrupos. Para cada grupo definido se indica la frecuencia de ocurrencia de las especies más abundantes.

Los valores de concentración celular fueron transformados a Log (x+1) para la aproximación de su distribución a la normalidad (IBÁÑEZ Y SEGUÍN 1972).

Fue empleado un análisis de correlación múltiple (PEARSON) para cuantificar las relaciones existentes entre

TABLA 1. Relación de especies del fitoplancton antártico. Expedición Científica Perú ANTAR X (22- 29 enero 1999)

DIATOMEAS CENTRALES

*Actinocyclus actinochilus* (Ehr.) Simonsen  
*Actinocyclus cholnoky* (Grunow) Van Landingham  
*Actinocyclus curvatulus* Janisch  
*Actinocyclus* sp.  
*Actinophythus senarius* (Ehr.) Ehrenberg  
*Azpeitia* sp.  
*Chaetoceros bulbosum* (Ehr.) Heiden  
*Chaetoceros criophilum* Castracane  
*Chaetoceros dictyaeta* Ehrenberg  
*Chaetoceros debilis* Cleve  
*Chaetoceros didymus* Ehrenberg  
*Chaetoceros neglectum* Karsten  
*Chaetoceros peruvianum* Brightwell  
*Chaetoceros socialis* Lauder  
*Chaetoceros* sp.  
*Chaetoceros* sp. (esporas)  
*Corethron criophilum* Castracane  
*Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg  
*Coscinodiscus centralis* Ehrenberg  
*Coscinodiscus concinnus* W. Smith  
*Coscinodiscus granii* Gough  
*Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg  
*Coscinodiscus oculoides* Ehrenberg  
*Coscinodiscus* sp.  
*Cyclotella* sp.  
*Ditylum brightwellii* (West) Grunow  
*Eucampia antarctica* (Castr.) Mangin  
*Lithodesmium undulatum* Ehrenberg  
*Odontella weissflogii* (Janisch) Grunow  
*Porosira glacialis* (Grun) Jorgensen  
*Proboscia alata* (Brightwell) Sundström  
*Proboscia truncata* Karsten  
*Rhizosolenia rhombus* Karsten  
*Rhizosolenia styliformis* Brightwell  
*Skeletonema costatum* (Greville) Cleve  
*Thalassiosira angulata* (Greg.) Hasle  
*Thalassiosira anguste-lineata* (A. Schmidt) F. & Hasle  
*Thalassiosira antarctica* Comber  
*Thalassiosira bioculata* (Gun.) Ostenf.  
*Thalassiosira gravida* Cleve  
*Thalassiosira hispida* Syvertsen  
*Thalassiosira hyalina* (Grun.) Gran  
*Thalassiosira* sp.

DIATOMEAS PENNATAS

Pennate A  
 Pennate B  
*Achnanthes brevipes* C. Agardh  
*Amphiprora* sp.  
*Chuniella antarctica*  
*Chuniella naviculoides*  
*Cocconeis imperatrix* Schmidt  
*Cocconeis* sp.  
*Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin  
*Fragilaria* sp.  
*Fragilariopsis curta* (Van Heurck) Hustedt  
*Fragilariopsis cylindrus* (Grunow) Krieger  
*Fragilariopsis kerguelensis* (O' Meara) Hasle  
*Fragilariopsis ritscheri* Hustedt  
*Fragilariopsis rhombica* (O'Meara) Hustedt

*Fragilariopsis sublinearis* Hasle  
*Grammatophora angulosa* Ehrenberg  
*Grammatophora* sp.  
*Gyrosigma* sp.  
*Licmophora gracilis* (Ehr.) Grunow  
*Licmophora* sp.  
*Manguinea rigida* (M. Peragallo) Paddock  
*Membraneis challengeri* (Grun.) Paddock  
*Navicula distans* Medlin  
*Navicula* sp.  
*Nitzschia longissima* Brébisson  
*Nitzschia promare* Medlin  
*Nitzschia* sp.  
*Pseudonitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden  
*Pseudonitzschia heimii* Mangin  
*Pseudonitzschia lineola* (Cleve) Hasle  
*Pseudonitzschia prolongatoides* Hasle  
*Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (Hasle)  
*Pseudonitzschia pungens* (Grunow ex Cleve)  
*Pseudonitzschia seriata* (Cleve) H. Peragallo  
*Pseudonitzschia* sp.  
*Pleurosigma* sp.  
*Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Hallegraeff  
*Thalassionema nitzschioides* (Grunow) G. ex Hustedt  
*Thalassiothrix antarctica* Schimper (Karsten)  
*Trichotoxon reinboldii* H. Van Heurck

DINOFLAGELADOS

*Amphidinium hadai* Graham  
*Ceratium furca* (Ehr.) Claparede & Lachmann  
*Ceratium fusus v. fusus* (Ehr.) Dujardin  
*Ceratium tripos* (O. F. Muller) Nitzsch  
*Dinophysis acuminata* Claparede & Lachmann  
*Dinophysis caudata* Saville - Kent  
*Diplopeltopsis* sp.  
*Dissodinium gerbaultii* (Pavillard) Taylor  
*Gonyaulax fusiformis* Graham  
*Gonyaulax* sp.  
*Gymnodinium lohmanni* Paulsen  
*Gymnodinium* sp.  
*Gyrodinium lachryma* (Meunier) Kofoid & Swezy  
*Gyrodinium* sp.  
*Oxytoxum* sp.  
*Prorocentrum gracile* Schütt  
*Prorocentrum micans* Ehrenberg  
*Protoperidinium conicum* (Gran) Balech  
*Protoperidinium crassipes* (Kofoid) Balech  
*Protoperidinium depressum* (Bailey) Balech  
*Protoperidinium minutum* (Kofoid)  
*Protoperidinium* sp.

SILICOFLAGELADOS

*Dictyocha fibula* Ehrenberg  
*Dictyocha speculum* (Ehrbg.) Lemm.

FLAGELADOS

*Leucocryptos marina* (Braarud) Butcher  
 Monada  
*Phaeocystis antarctica* Karsten

las variables bióticas y abióticas. Los datos de temperatura y salinidad fueron proporcionados por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina; la clorofila-a, nitratos, fosfatos y silicatos por la Dirección de Oceanografía Química del Instituto del Mar del Perú.

Para fines comparativos fueron empleados los datos cuantitativos de las expediciones ANTAR 1988, 1989, 1991 y 1998 (Tabla 1), realizándose un ordenamiento (Rank) del total de especies observadas y sus densidades medias (Log). Así mismo se elaboró una matriz de similaridad para cada una de las expediciones y su posterior clasificación jerárquica acumulativa (Cluster), con el objetivo de comparar las diversas asociaciones florísticas relacionadas a la ubicación geográfica.

En forma complementaria se realizó el análisis de ordenamiento MDS, escalación no métrica multidimensional (CLARKE Y WARWICK 1994). Se empleó una matriz de similaridad, con el objetivo de determinar en el tiempo y espacio la congruencia de los diversos grupos comunitarios en los períodos estudiados (1988-1999).

Se emplearon para los diversos análisis de ordenación comunitaria y análisis estadísticos los softwares ACOM 2 (versión 2,0), PRIMER (versión 4,0) y SPSS para Windows (versión 6,0). Para las cartas de distribución de concentración del fitoplancton se utilizó el software SURFER (versión 6,0).

## RESULTADOS

### Estructura comunitaria del fitoplancton

Se han determinados 112 especies: 85 diatomeas (45 centrales y 40 pennales), 22 dinoflagelados, 3 fitoflagelados y 2 silicoflagelados (Tabla 1); además fueron determinados algunos organismos del microzooplancton teniendo como representantes a los ciliados (géneros *Laboea*, *Lohmanniella*, *Strombidium* y *Tiarina*) y a los tintínidos (géneros *Cymatocylis*, *Epiplocylis*, *Favella*, *Salpingella* y *Tintinnopsis*).

Los organismos autótrofos del nanoplancton (<20 mm de diámetro), conocidos como fitoflagelados, destacaron por su mayor frecuencia y abundancia, dominando en más del 90%. Entre las especies más representativas están *Leucocryptos marina*, *Monadas* y *Phaeocystis antarctica*.

Las diatomeas conformaron el segundo grupo en importancia con dominancias menores de 50%; destacó principalmente el grupo de las Pennales con las especies *Pseudonitzschia heimii*, *P. pseudodelicatissima* y *P. prolongatoides*, las que aunque presentaron bajas dominancias, fueron frecuentes. Las diatomeas Centrales mostraron una relativa importancia en número con respecto a las Pennales con *Thalassiosira* sp., *T. hispida*, *Corethron criophilum*, *Chaetoceros neglectum* y *Actinocyclus cholnoky*, entre las más frecuentes.

Los dinoflagelados (*Gyrodinium lachryma*, *Amphidinium hadai*, *Dissodinium gerbaultii* y *Diplopeltopsis*) y los si-

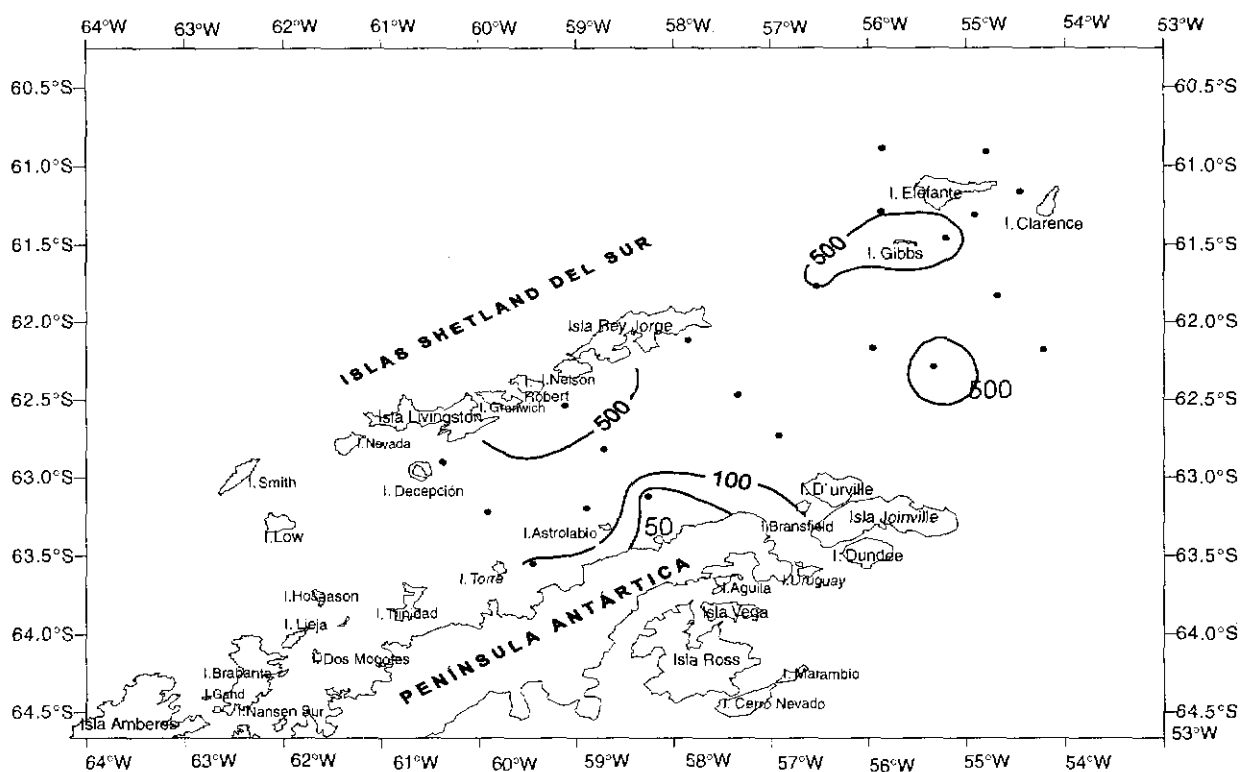


FIGURA 2. Distribución de fitoplancton en superficie N° ccl/mL. Operación Perú ANTAR X.

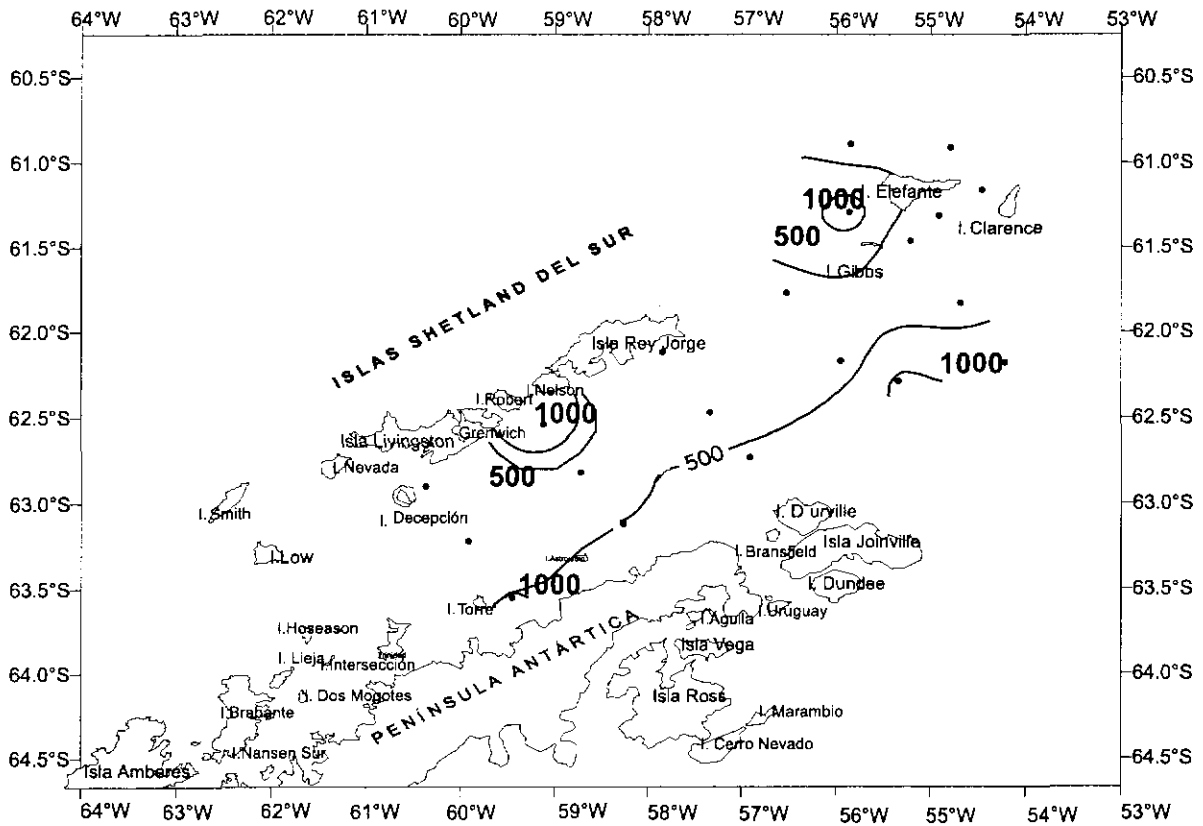


FIGURA 3. Distribución de fitoplancton a 10 m de profundidad N° cel/mL. Operación Perú ANTAR X.

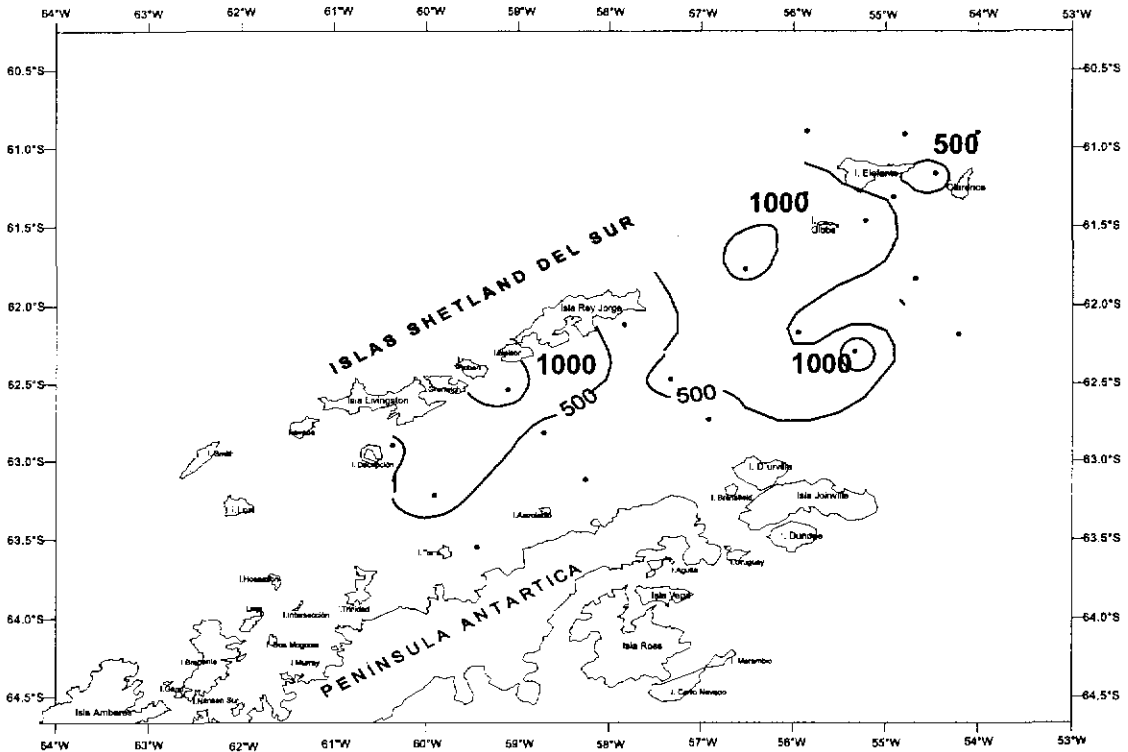


FIGURA 4. Distribución de fitoplancton a 25 m de profundidad N° cel/mL. Operación Perú ANTAR X.







licoflagelados (*Dictyocha fibula* y *D. speculum*) fueron escasos (Tabla 1).

### Distribución horizontal y vertical

En general la distribución horizontal del fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededor de Isla Elefante presentó concentraciones que fluctuaron entre 50 y 1000 cel /mL (Figs. 2, 3, 4, 5 y 6).

Altas concentraciones fueron localizadas entre 10 y 25 m de profundidad, principalmente en las estaciones costeras frente a Islas Shetland del Sur (estación 7), Península Antártica (estaciones 3, 9, 15 y 21) y oeste de Isla Elefante (estaciones 39 y 25), con áreas de menor producción fitoplanctónica en la parte central del Estrecho de Bransfield (Figs. 3 y 4).

Entre los 50 y 75 m de profundidad se observó una marcada disminución en las concentraciones totales fluctuando entre 50 y 600 cel/mL, manteniéndose el predominio de los grupos ya mencionados; destacaron algunos organismos autotróficos (Monadas) que incrementaron sus concentraciones a valores >574 cel/mL (Fig. 5 y 6).

El nanoplancton fue el principal representante a 10 m, con concentraciones hasta de 1413 cel/mL (est. 7), y luego las diatomeas que alcanzaron máximos de 226 cel /mL (Figs. 7 y 8).

Para el análisis de la distribución vertical se han considerado 4 perfiles, localizados principalmente en el Estrecho de Bransfield y un perfil en los alrededores de Isla Elefante (Fig.1).

En general, se observó una distribución irregular, con concentraciones mayores a 1000 cel/mL en los primeros 25 m de profundidad (perfiles 1 y 2), en estaciones que geográficamente están asociadas a la línea de costa, en tanto que los perfiles 3 y 4 mostraron una distribución homogénea con densidades menores a 500 cel/mL, a excepción de pequeños "parches" localizados entre la superficie y 50 m de profundidad (Fig. 9).

### Análisis estadístico y comunitario

Fueron observadas correlaciones significativas ( $P < 0,001$ ) positivas y negativas entre algunos parámetros bióticos y abióticos. Las positivas se encontraron a 0 m entre el total de fitoplancton y los organismos autótrofos del nanoplancton; y las negativas entre la temperatura y la salinidad. Se encontraron correlaciones negativas a 10 m de profundidad entre las diatomeas con la temperatura y la clorofila-a respectivamente; y a 75 m de profundidad, entre el nanoplancton y los nitratos (Tabla 2).

TABLA 2. Análisis de correlación (Pearson) entre las concentraciones de fitoplancton, diatomeas y nanoplancton con las variables fosfato, nitrato, clorofila-a, silicatos, temperatura y salinidad a 0, 10 y 75 m de profundidad.  $P < 0,001$

VARIABLES	Clorofila-a	Diatomeas	Nanoplancton	Fitoplancton	Fosfatos	Nitratos	Salinidad	Silicatos	Temperatura
0 m PROFUNDIDAD									
Clorofila-a	1,00								
Diatomeas	0,092	1,00							
Nanoplancton	-0,452	-0,038	1,00						
Fitoplancton	-0,441	0,068	0,994*	1,00					
Fosfatos	0,233	-0,169	-0,224	-0,242	1,00				
Nitratos	-0,239	-0,133	-0,175	-0,189	0,303	1,00			
Salinidad	0,050	-0,488	-0,235	-0,287	0,369	0,448	1,00		
Silicatos	-0,414	0,417	-0,014	0,299	-0,213	0,264	-0,102	1,00	
Temperatura	0,013	0,463	0,118	0,167	-0,356	-0,679	-0,838*	-0,057	1,00
10 m PROFUNDIDAD									
Clorofila-a	1,00								
Diatomeas	-0,244*	1,00							
Nanoplan.	0,508*	-0,2651	1,00						
Fitoplancton	0,385	-0,128	0,990	1,00					
Fosfatos	0,174	-0,006	0,183	0,188	1,00				
Nitratos	-0,315	0,216	0,153	0,126	0,450	1,00			
Salinidad	0,321	-0,148	0,335	0,592	0,223	-0,164	1,00		
Silicatos	-0,262	0,083	-0,231	-0,225	-0,192	0,241	0,137	1,00	
Temperatura	-0,189	-0,766*	-0,176	-0,192	-0,390	-0,508	-0,778	-0,003	1,00
75 m PROFUNDIDAD									
Clorofila-a	1,00								
Diatomeas	-0,330*	1,00							
Nanoplancton	-0,078	-0,012	1,00						
Fitoplancton	-0,157	0,233	0,969	1,00					
Fosfatos	0,212	0,106	0,144	0,166	1,00				
Nitratos	-0,095	0,210	-0,537*	-0,471	0,152	1,00			
Salinidad	0,271	-0,151	-0,173	0,290	0,341	-0,062	1,00		
Silicatos	0,086	0,153	-0,273	-0,227	-0,028	0,237	-0,219	1,00	
Temperatura	-0,467	0,381	0,243	0,330	-0,340	-0,052	-0,768*	0,075	1,00

\* Correlaciones significativas

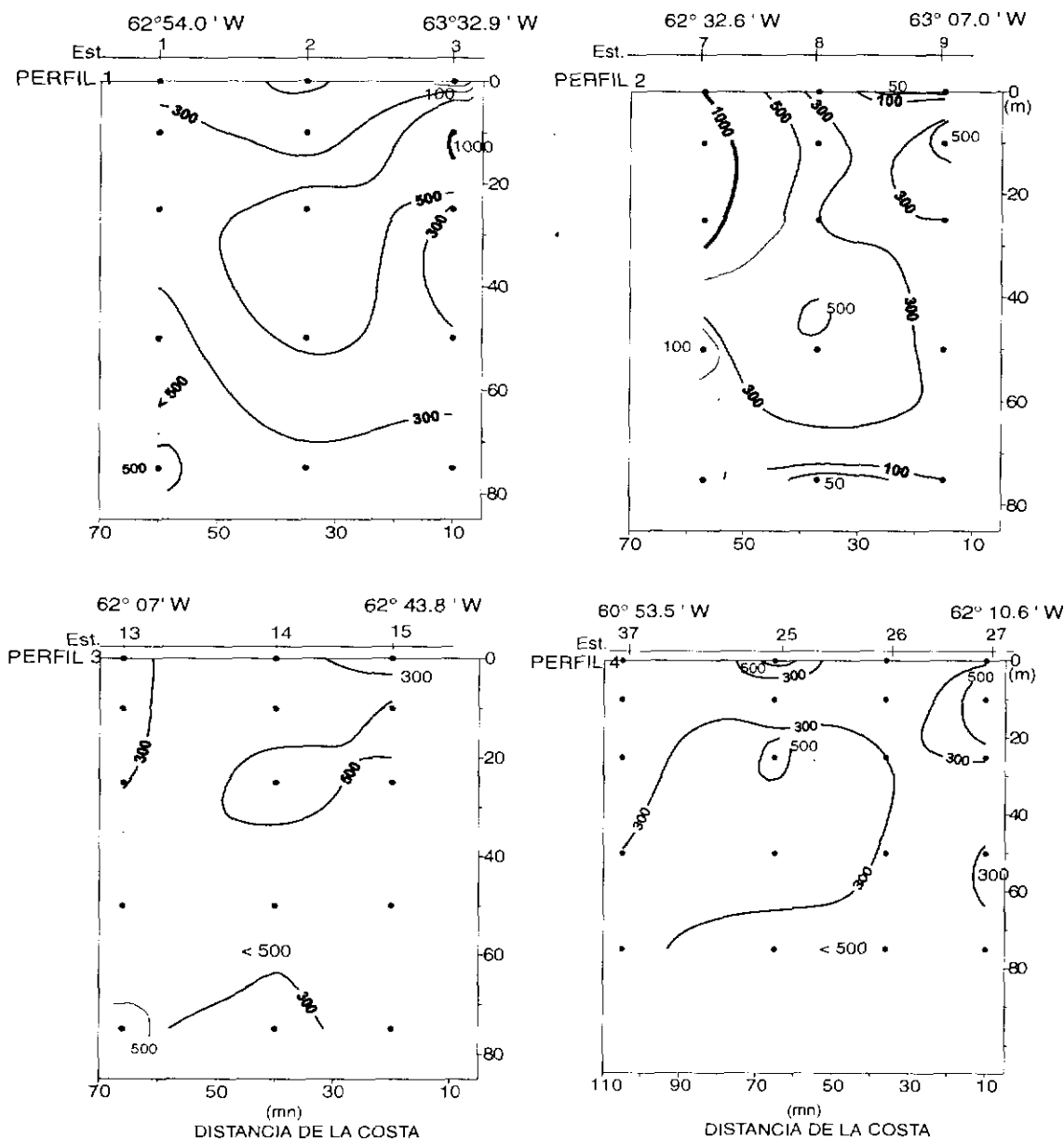


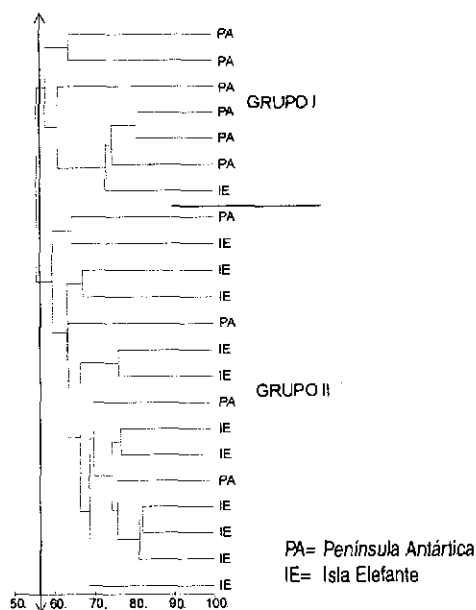
FIGURA 9. Distribución vertical de fitoplancton Nº cel/mL. Operación Penú ANTAR X.

En cuanto al Índice de Diversidad ( $H'$ ), se observaron, en general, valores entre 0,01 como mínimo y 2,5 bits  $cel^{-1}$  como máximo. Entre los 50 y 75 m de profundidad se presentaron los valores más bajos, menores a 1 bits  $cel^{-1}$ , asociados a una baja riqueza de especies (<10 especies). Valores mayores a 2,0 bits  $cel^{-1}$  se observaron esporádicamente, principalmente a 50 m de profundidad en los alrededores de la Isla Elefante (estación 37) y en el Estrecho de Bransfield (estaciones 1 y 13) asociados a una alta riqueza de especies (>25 especies).

Entre la superficie y 25 m de profundidad, el  $H'$  mostró una distribución homogénea, predominando valores entre 1,0 y 1,9 bits  $cel^{-1}$ , a excepción de las estaciones 1 y 8 del Estrecho de Bransfield y estaciones 32 y 31 de la Isla Elefante en las cuales se presentaron valores mayores a 2,0 bits  $cel^{-1}$  asociados a una riqueza de 20 especies.

El análisis comunitario para el verano 1999, al 58% de similaridad, define 2 grupos de estaciones. El Grupo I aglomeró principalmente las estaciones del Estrecho de Bransfield, siendo posible diferenciar dos subgrupos, uno correspondiente a estaciones cercanas al continente (*Pseudonitzschia delicatissima*, *P. pseudodelicatissima* y *Thalassiosira antarctica*) y el otro a estaciones de la parte central del Estrecho (*Corethron criophilum*, *Pseudonitzschia prolongatoides*, *P. heimii*, *Gyrodinium lachryma* y *Skeletonema costatum*). El Grupo II asoció estaciones localizadas alrededor de la Isla Elefante y, a diferencia del grupo I, no se observaron cambios significativos en la estructura comunitaria del fitoplancton, la cual presentó una distribución homogénea. Entre las especies que caracterizaron este grupo están *Pseudonitzschia heimii*, *P. pseudodelicatissima*, *P. prolongatoides*, *Phaeocystis antarctica* y *Thalassiosira hispida* (Fig. 10).

Perú ANTAR X, BIC Humboldt 9901  
(0 m)



a) Perú ANTAR I, BIC Humboldt 8802

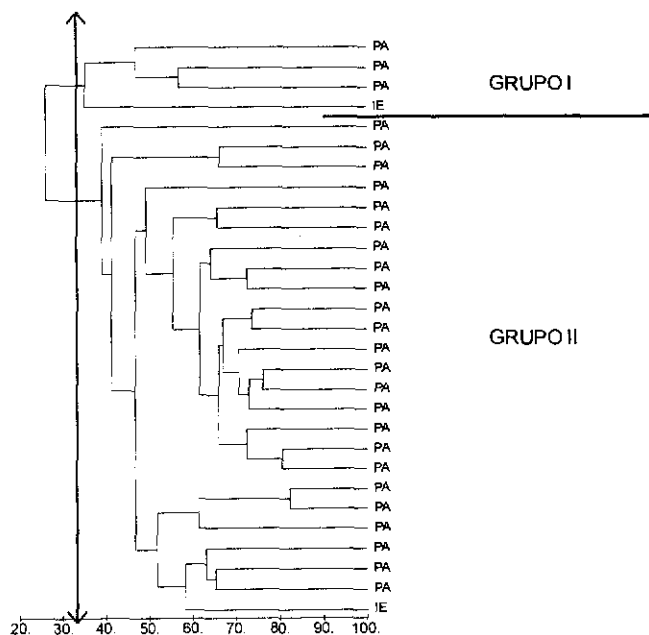
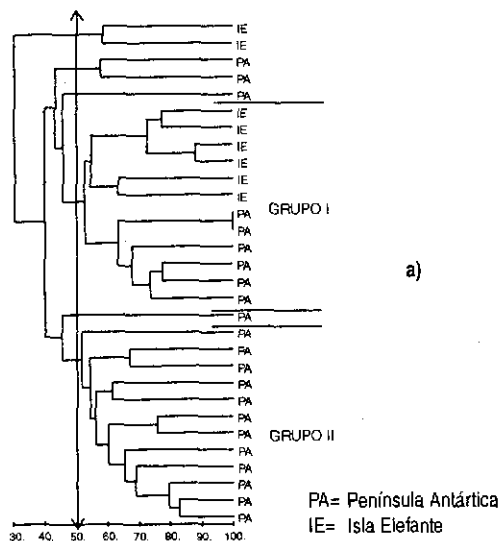
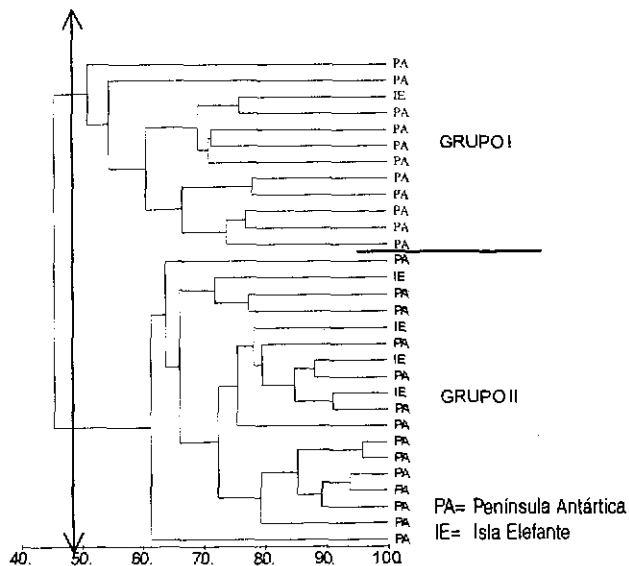


FIGURA 10. Dendrograma de similaridad (Índice Bray-Curtis) Perú ANTAR X, BIC Humboldt 9901 (22-29 enero de 1999).

a) Perú ANTAR III, BIC Humboldt 9101-02



b) Perú ANTAR II, BIC Humboldt 8902



b) Perú ANTAR IX, BIC Humboldt 9801

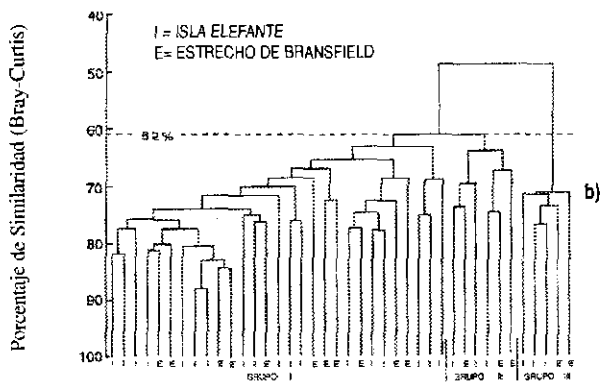


FIGURA 11. Dendrograma de similaridad (Índice Bray-Curtis) a) ANTAR I (BIC Humboldt 8802) b) ANTAR II (BIC Humboldt 8902)

Las especies que por sus elevadas dominancias tipificaron en general toda el área en estudio fueron *Leucomicroptus marina* y Monadas.

El análisis de Cluster en verano de 1988, al 32% de similaridad separa 2 asociaciones. El Grupo I con estaciones correspondientes a la región oceánica, caracterizado por la presencia de *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros tortissimus* y organismos del nanoplancton. El Grupo II, conformado a su vez

FIGURA 12. Dendrograma de similaridad (Índice Bray-Curtis) a) ANTAR III (BIC Humboldt 9101-02) b) ANTAR IX (BIC Humboldt 9801)

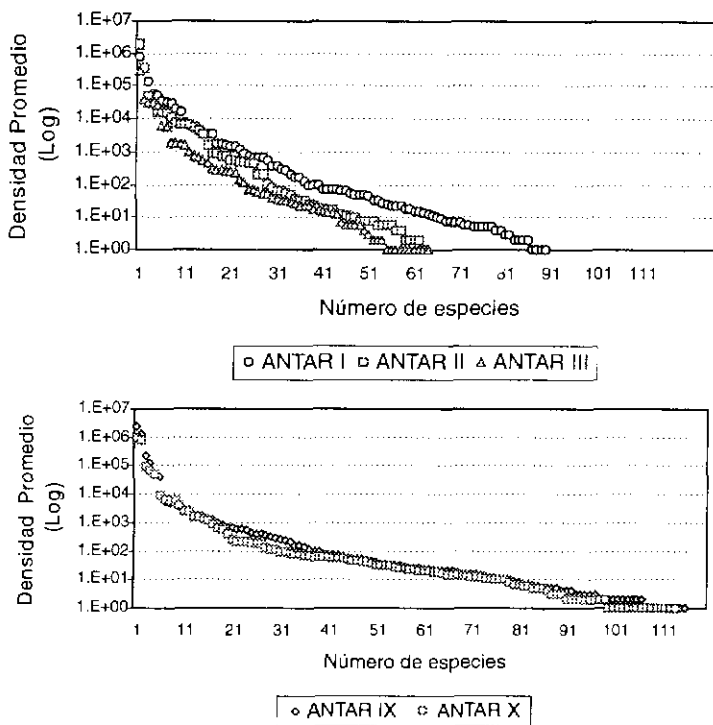


FIGURA 13. Curva distribucional (Ranking) del número de especies observadas y sus densidades promedio (Log) durante las Expediciones Antártida 1988-1999.

por dos conglomerados: el primero, con las estaciones cercanas a la Península Antártica e islas Shetly del Sur con las especies *Pseudonitzschia prolongatoides*, *Eucampia antarctica*, *Odontella weisflogii* y *Chaetoceros tortissimus* y el segundo, con las estaciones localizadas en la parte central del Estrecho de Bransfield, caracterizado por la presencia de *Leucocryptos marina*, Monadas, *Pseudonitzschia prolongatoides* y *Thalassiosira* sp. (Fig. 11a).

Los veranos de 1989, 1991 y 1998 (DELGADO 1999) (Figs. 11b ; 12a y b), muestran una estructura comunitaria muy similar entre ellos, tipificada por el predominio en toda el área en estudio de los organismos del nanoplancton (*Leucocryptos marina* y Monadas). Esta predominancia no permite visualizar las diversas asociaciones comunitarias características de los ambientes costeros y oceánicos como fue posible diferenciar en el verano 1988; sin embargo, se han diferenciado algunas agrupaciones en base a las especies codominantes. Así se tiene que para el verano de 1989 con el 50% de similaridad se observa un grupo de estaciones cercanas al continente con la presencia de *Pseudonitzschia prolongatoides*, *P. seriata*, *R. castracanei* y *Thalassiosira* sp. y un segundo grupo de estaciones conformado por *Gymnodinium* sp., *Corethron criophilum*, *Pseudonitzschia prolongatoides* y *P. seriata*, en la parte central del Estrecho de Bransfield.

En el verano 1991 (Fig. 12a), con el 50% de similaridad, se observó un primer grupo en los alrededores de la isla Elefante y estaciones próximas a la Isla Shetland del Sur y un segundo grupo con las estaciones ubicadas en la parte central del Estrecho de Bransfield. En ambos casos la comunidad estuvo caracterizada por la presencia de *Thalassiosira antarctica*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. prolongatoides* y *Proboscia alata* f. *inermis*. Para el verano 1998 (Fig. 12b), reconoce con el 62% de similaridad tres grupos basados en la distribución y concentración celular, destacando el nanoplancton y las diatomeas *Actinocyclus chlonoky*, *A. octonarius* y *Chaetoceros* spp (DELGADO 1999).

La curva distribucional del número de especies y las densidades promedio (Log), realizada para las diferentes expediciones, denotan una disminución gradual de las concentraciones fitoplanctó-

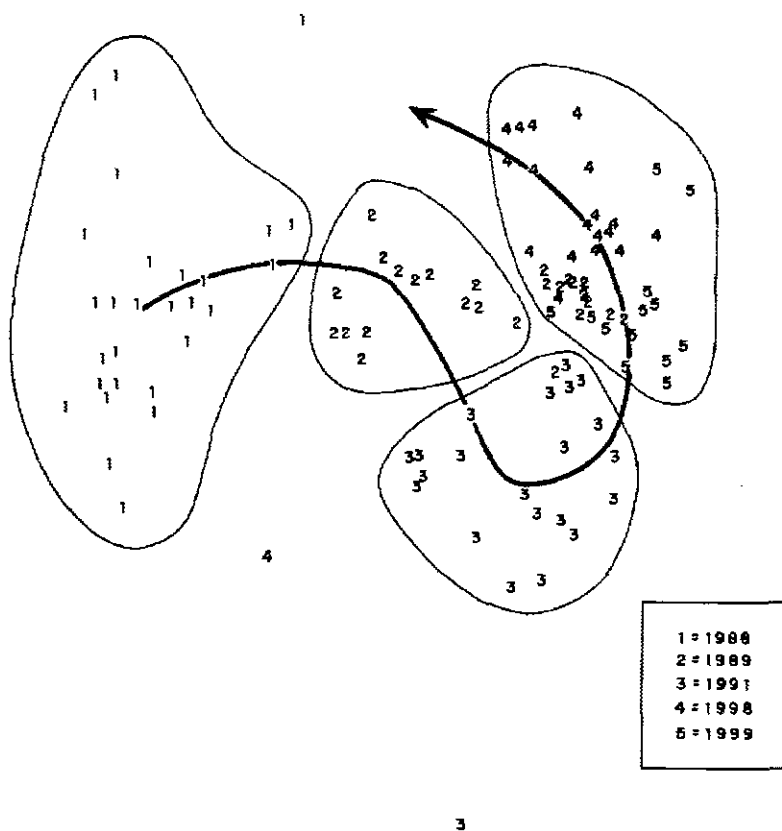


FIGURA 14. Ordenación MDS por años de concentración de fitoplancton. Antártida (1988-1999). Stress = 0,18.

nicas asociadas al número de especies. En verano 1998 se observó un creciente aumento en el número de espe-

TABLA 3. Relación de los diversos informes sobre fitoplancton efectuados en las Expediciones ANTAR (1988-1999)

Expedición Perú	Fecha	Año	Mayor Producción	Nº de especies	Autor
ANTAR I	Feb 88	Normal	0 - 30 m	75	GÓMEZ (1989)
ANTAR II	Feb 89	Normal	0 - 30 m	55	ANTONIETTI (1989)
ANTAR III	25 Ene 03 Feb 91	El Niño 91-92	0 - 50 m	67	GÓMEZ (1991) DELGADO (1999)
ANTAR IX	12-24 Ene 98	El Niño 97-98	0 - 50 m	120	
ANTAR X	22-28 Ene 99	Post Niño	0 - 30 m	112	

cies fitoplanctónicas (120 especies.) y que se mantiene en la presente evaluación (112 especies) (Tabla 3 y Fig. 13).

Con la información cuantitativa del fitoplancton en los diversos veranos australes, se realizó el análisis de conglomerados (al 45% de similaridad) así como la ordenación MDS (Stress = 0,18). En forma general se observa un desplazamiento progresivo de las comunidades a partir de 1988 hacia el lado derecho y un retroceso posterior hacia el lado izquierdo. El punto de inflexión donde se inicia el retroceso está asociado al año 1991, 1998 y 1999 (Fig. 14).

## DISCUSIÓN

La estructura de la comunidad fitoplanctónica observada en el verano austral 1999 en la Antártida ha mostrado una sustancial variabilidad espacio-temporal coincidente con anteriores prospecciones (GÓMEZ 1991, ANTONIETTI 1989, DELGADO 1999), confirmando la existencia de un fuerte gradiente espacial de la biomasa fitoplanctónica.

NUCCIO *et al.* (1992) catalogaron como áreas de alta productividad a los estratos arriba de 50 m de profundidad con concentraciones de 250 cel/mL. Los resultados obtenidos en la presente expedición, evidencian una alta producción biológica localizada principalmente en las regiones más costeras (Península Antártica, Isla Shetland del Sur y parte oeste de Isla Elefante), con concentraciones superiores a 1000 cel/mL y una menor producción en la parte central del Estrecho de Bransfield. Se obtuvieron correlaciones poco significativas entre la cantidad de nutrientes y la biomasa fitoplanctónica indicando que estos factores no serían limitantes para su producción, como lo demostraron BURKOLDER y SIEBURTH (1961).

Diversas investigaciones hacen referencia a los "blooms" de verano, los cuales están dados por las diatomeas (>20 µm); sin embargo, se ha podido observar que, con excepción de la expedición Perú ANTAR I, las expediciones ANTAR II, III, IX e inclusive ANTAR X, han mostrado un predominio del nanoplancton autotrófico

(<20 µm) el cual mostró altas concentraciones en toda el área (más del 90%), dando correlaciones positivas con la clorofila-a. SCHYELMEIER y ALEXYSER (1981), HOLM-HANSEN y MITCHELL (1991), KARL *et al.* (1991) afirmaron que esta comunidad está mejor desarrollada entre diciembre y enero después de los "blooms" de primavera para luego decaer en marzo o abril al producirse el repunte de las diatomeas. Estas características estarían evidenciando que nos encontramos con una comunidad típica de estadios tempranos de la sucesión, presente antes del "bloom" de verano, con valores relativamente bajos de diversidad (MARGALEF 1958).

Es necesario considerar que este predominio de los microflagelados sobre las diatomeas estaría favorecido por la compleja hidrografía, inestabilidad en la columna de agua y mezcla vertical, asociados a la presencia de importantes poblaciones de krill (KOPCZYNSKA 1992).

En cuanto a la distribución espacial del fitoplancton cabe resaltar la existencia de dos grupos de comunidades, ambas asociadas al predominio de nanoplancton autotrófico. Un grupo corresponde al borde de la plataforma continental, donde resaltaron las diatomeas Pennales; y el otro grupo en la parte central del Estrecho de Bransfield, donde resaltaron las diatomeas Centrales.

Las mismas asociaciones de diatomeas fueron observadas en anteriores expediciones peruanas siendo más evidentes en el verano 1988. TANIGUCHI *et al.* (1976), SCHYELMEIER y ALEXYSER (1981), KIM *et al.* (1991), en áreas cercanas a la costa, sobre la influencia de los deshielos, identificaron densas poblaciones de pennales (*Pseudonitzschia* spp., *Navicula* spp. y *Thalassiosira* spp.), mientras que en las estaciones asociadas a la plataforma continental se encontraban especies de los géneros *Chaetoceros* que representarían las primeras especies a iniciar el "bloom" del verano.

Otro factor importante a ser considerado en las escalas de variabilidad del fitoplancton está en relación a los cambios climáticos a nivel global, y por ende su repercusión en el continente Antártico, que ocasionaron respuestas biológicas tendientes a reflejarse en la composición y distribución de la comunidad fitoplanctónica. HOLM-HANSEN y MITCHELL (1991), HONG *et al.* (1991), CLARKE y LEAKEY (1996) señalaron que la permanencia y cobertura de hielo en el continente, así como los largos períodos de invierno seguidos de veranos fríos pueden imponer una fuerte estacionalidad de la producción primaria. Los mismos investigadores señalaron que los años de 1988-89 y 1990-91, caracterizados por inviernos muy largos, seguidos de veranos fríos, estuvieron asociados a concentraciones altas de nanoplancton.

Las densidades medias de fitoplancton así como la riqueza de especies entre 1988 y 1999 (Tabla 3), muestran un descenso gradual en 1989, en contraste a lo registrado por DELGADO (1999, El Niño 1997-98), quien observó una

mayor riqueza de especies así como de las densidades medias, característica que se viene manteniendo en la presente evaluación.

Las técnicas de análisis multivariado constituyen herramientas necesarias para detectar cambios en la comunidad marina afectada por perturbaciones ambientales naturales. En este contexto, se puede asumir una inmediata respuesta de la comunidad asociada a un cambio de dirección de la misma (Fig. 13), coincidiendo con los periodos El Niño 1991-92 y 1997-98. Estas variaciones podrían estar relacionadas al incremento de horas de luz, ya que se observó que en periodos normales y Post-Niño, la capa de mayor producción primaria estaba comprendida entre 0-30 m (GÓMEZ 1988 y ANTONIETTI 1989), mientras que en periodos El Niño se encontraba entre 0-50 m de profundidad (GÓMEZ 1991 y DELGADO 1999), lo que se asociaría a una mayor incidencia luminosa dentro de la zona eufótica.

En cuanto al fitoplancton como alimento disponible, es conocido que las poblaciones de krill (*Euphausia superba*) prefieren alimentarse de diatomeas (>20 µm) siendo menos eficientes en atrapar partículas <20 µm (microflagelados). La distribución bastante homogénea de este recurso (entre 10 y 50 m), asociada a altas salinidades y bajas temperaturas para el área (ESCUADERO Y MARÍN 1999, ESCUDERO *et al.* 1999), podría ser otro factor que afecte la estructura de la comunidad fitoplanctónica, ocasionando bajas concentraciones de diatomeas y altas poblaciones de organismos del nanoplancton. La presencia de un buen porcentaje de organismos autotróficos ha llevado a pensar en incluir esta componente dentro de la cadena alimenticia (KITTEL Y SICINSKI 1991, KOPCZYNSKA 1992), ya que no se puede descartar su importancia en la organización trófica de todo ecosistema pelágico.

## CONCLUSIONES

1.- La estructura de la comunidad fitoplanctónica para el verano austral de 1999 presenta un fuerte gradiente espacial; altas concentraciones celulares (1000 cel/mL) se localizaron en las regiones más costeras y una menor producción en la parte central del Estrecho de Bransfield.

2.- El nanoplancton autotrófico tipificó a la comunidad fitoplanctónica con dominancias que alcanzan más del 90%, destacando *Leucocryptos marina*, *Phaeocystis antarctica* y Monadas. Las diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados mostraron una relativa importancia.

3.- La mayor producción fitoplanctónica estuvo dada entre 0 y 30 m de profundidad, determinándose un total de 112 especies: 85 diatomeas, 22 dinoflagelados, 3 fitoflagelados y 2 silicoflagelados.

4.- Las diversas variaciones en las densidades medias del fitoplancton, así como el número de especies en la región Antártica pueden ser atribuidos a los diversos cambios naturales producidos entre 1988 - 1999, entre ellos "El Ni-

ño", el cual influyó positivamente en la comunidad fitoplanctónica.

## Agradecimientos

A la bióloga FLOR CHANG L. por su participación en los análisis de las muestras, y a la bióloga CARLA AGUILAR por su apoyo en la obtención bibliográfica. De la misma manera, a todas las personas que de alguna otra forma hicieron posible la realización del presente trabajo.

## Referencias

- ANTONIETTI, E. 1989. Microplancton del Estrecho de Bransfield. Verano de 1989 (Perú ANTAR II). Informe Científico de la Segunda Expedición Peruana a la Antártida: 9-44.
- BALECH, E. 1958. Plancton de la Campaña Antártica Argentina. 1954-1955. Buenos Aires. PHYSIS XXI (60): 60 pp.
- BALECH, E. 1971. Microplancton de la Campaña Oceanográfica. Productividad III Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Hidrob. Tomo III Revista 1. 75 pp.
- BALECH, E. 1973. Segunda Contribución al conocimiento del Microplancton del mar de Bellinghausen. Contribución del Instituto Antártico Argentino (107): 80 pp.
- BURKOLDER, P. Y J. SIEBURTH. 1961. Phytoplankton and chlorophyll in the Gerlache and Bransfield Strait of Antarctica. *Limnol. Oceanog.* Vol 6: 45-52.
- CLARKE, A. Y R. LEAKEY. 1996. The seasonal cycle of phytoplankton, macronutrients, and the community in a nearshore antarctic marine ecosystem. In: *Limnology and Oceanography*. 41 (6):1281-1294.
- CLARKE, A. Y R. WARWICK. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environmental Research Council, UK. 144 pp.
- DELGADO, E. 1999. Fitoplancton del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el verano austral 1998. Resultados del programa de Investigación Antártica del Instituto del Mar del Perú Verano Austral 1998. Perú ANTAR IX. Segunda parte. Crucero BIC Humboldt 9801. *Inf. Inst. Mar Perú* 145:7-46.
- EL-SAYED, S. 1984. Productivity of Antarctic waters. In: HOLM-HANSEN O., L. BOLIS R. GILLES (eds.). *Marine phytoplankton and productivity*. Springer-Verlag. Berlin: 19-34.
- EL-SAYED, S. Y E. MYELLI. 1965. Primary production and standing crop of phytoplankton in the Weddell Sea and Drake Passage. *Antarctic Research Series-American Geophysical Union. Biology of the Antarctic Seas. Vol. 5: 87-106.*
- ESCUADERO, L. Y D. MARÍN. 1999. Correlación de las variables oceanográficas en función de la distribución vertical del krill (*Euphausia superba*) a lo largo del Estrecho de Bransfield. Verano Austral 1999. Informe sobre las actividades científicas de la décima expedición peruana a la Antártida. CONCYTEC: 145-157.
- ESCUADERO, L., D. MARÍN Y A. GONZÁLEZ. 1999. Performance de la red de arrastre pelágica tipo Engel 988/400 utilizada en la operación ANTAR X. Informe sobre las actividades científicas de la décima expedición peruana a la Antártida. CONCYTEC: 59-63.
- ESCUADERO, L., D. MARÍN Y A. GONZÁLEZ, L. CALDERÓN. 1999. Distribución, concentración y biomasa del krill (*Euphausia superba*) Verano Austral 1999 (ANTAR X). Informe sobre las actividades científicas de la décima expedición peruana a la Antártida. CONCYTEC: 17-25.

- FERREYRA, G. y M. FERRARIO. 1983. Observaciones Sistemáticas y Autoecológicas sobre Diatomeas Antárticas. I. *Coscinodiscus asteromphalus*. Ehr. Contribución N° 127. Dir. Nac. del Inst. Antártico Argentino. Bs. As.: 120 pp.
- FRENGUELLI, J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del Sur. Revista del Museo de La Plata. Tomo V. Botánica (21). Inst. del Museo Antártico Argentino. Publicación N° 5: 110 pp.
- FRENGUELLI, J. 1960. Diatomeas y Silicoflagelados recogidos en Tierra Adelia durante las expediciones Polares Francesas de Paul Emile Victor (1950-1952). Revue Algologique. Nouvelle Serie. Tomo V. Fasc. 1: 75 pp.
- FRENGUELLI, J. y H. ORLANDO. 1958. Diatomeas y Silicoflagelados del Sector Antártico Sudamericano. Instituto Antártico Argentino. Publicación N° 5: 98 pp.
- GÓMEZ, O. 1988. Microplankton del Estrecho de Bransfield durante el verano de 1988. Scientific Report of First Peruvian Expedition to Antartida. National Commission of Antarctic Affairs (CONAAN): 115-170.
- GÓMEZ, O. 1991. Microplankton del Estrecho de Bransfield durante el verano de 1991. Informes Científicos de la III Expedición del Perú a la Antártida. Comisión Nacional de Asuntos Antárticos (CONAAN): 109-164.
- HASLE, G.R. 1964. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes I. Some marine species of the group *Nitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps -Akademi I Oslo I. Mat.-Naturv. Klasse. Ny Serie N° 16. 55 pp.
- HASLE, G.R. 1965(a). *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes II. The group *Pseudonitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps -Akademi I Oslo I. Mat.-Naturv. Klasse. Ny Serie N° 18. 67 pp.
- HASLE, G.R. 1965(b). *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscope III. The genus *Fragilariopsis*. Skr. Norske Videnskaps Akademi I Oslo I. Mat.- Naturv. Klasse. Ny Serie N° 21. 49 pp.
- HASLE, G.R. y E. SYVERTSEN. 1985. A guide to Marine Planktonic Diatoms. International Phytoplankton Course 1-21 July 1985. Stazione Zoological Naples: 75 pp.
- HECQ, J.H. y L. GUGLIELMO. 1992. Structure and functioning of the Ross Sea Pelagic Ecosystem: An interdisciplinary approach. En: Oceanografía en Antártica. V.A. GALLARDO, O. FERRATI y H. MOYANO (eds.). Proyecto Antártica - Italia. Centro EULA. U. Concepción, Chile: 227-233.
- HENDEY, I. 1937. The Plankton diatoms of the Southern Seas. Discovery Reports Vol. XVI:151-364.
- HOLM-HANSEN, O. y G. MITCHELL. 1991. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait Region. Deep Sea Research. Vol. 38 (8-9): 961-980.
- HONG, G.H., D.Y. KIM, H. CHUNG y S. PAE. 1991. Coastal and inshore water interactions, mixing and primary productivity in the Bransfield Strait. Antarctica during austral summer 1989-90. Korea Journal of Polar Research. 2(1):43-89.
- IBÁÑEZ, F. y F. SEGUIN. 1972. Etude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs methodes d'analyses multivariables: composantes principales. Inv. Pesq. 36:81-108.
- KARL, D.M., O. HOLM-HANSEN, G. TAYLOR, G. TIEN y D. F. BIRD. 1991. Microbial biomass and productivity in the western Bransfield Strait. Antarctica during the 1986-87 austral summer. Deep-Sea Research 38(8-9):1029-1055.
- KIM, Y.D., S. KIM, K. IL YOO, M.S. HAN y Y.O. KIM. 1991. Distribution and abundance of planktonic organisms in Bransfield Strait, during austral summer 1989-1990. Korea Journal of Polar Research 2(1):17-27.
- KITTEL, W. y J. SICINSKI. 1991. Population structure of krill (*Euphausia superba* Dana) near sea-ice zone between Elephant Island and South Orkney Islands. Korea Journal of Polar Research 2 (1):29-35.
- KOPCZYNSKA, E. 1992. Dominance of microflagellates over diatoms in the Antarctic areas of deep vertical mixing and krill concentrations. Journal of Plankton Research 14(8):1031-1054.
- MAGAZZU, G. y F. DECEMBRINI. 1990. Primary Production and Picoplankton assimilation in the Ross Sea (Antarctica). Nat. Sc. Com. Ant. Ocean. Camp. 1987-88. Data Rep. 1:107-157.
- MYELLI, E. y P.R. BURKHOLDER. 1966. Primary productivity in the Gerlache and Bransfield of Antarctica. Journal of Marine Research 24(1):15-27.
- MANGUIN, E. 1957. Premier Inventaire des Diatomees de la Terre Antarctique Revue Algologique, Especies Nouvelles Serie. Tome III. Fasc. 3. 35 pp.
- MARGALEF, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. En: A.A. BUZZATI-TRAVERSO (ed.). Mar. Biol. University of California Press, Berkeley, Los Angeles: 232-329.
- MEDLIN, L. y J. PRIDDLE. 1990. Polar Marine Diatoms. British Antarctic Survey natural Environment Research Council. High Cross. Madingley Road. Cambridge. CB3 0et. UK. 214 pp.
- NUCCIO, C., M. INNAMORATI, L. LAZZARA y G. MORI, 1992. Poblaciones de fitoplancton en Bahía Terra Nova, Mar de Ross. En Oceanografía en Antártica. V.A. GALLARDO, O. FERRATI y H. MOYANO (eds.) ENEA . Proyecto Antártica-Italia. Centro EULA. U. Concepción, Chile: 253-262.
- PRIDDLE, J. y G. FRYXELL. 1985. Hybook of the Common Plankton Diatoms of the Southern Ocean: Centrales except genus *Thalassiosira*. British Antarctic Survey: 159 pp.
- SMAYDA, T. 1958. Biogeographical studies of marine Phytoplankton. Oikos II(9). 62 pp.
- SHANNON, C. y W. WEAVER. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press Urbana: 125 pp.
- SCHYELMEIER, L. y V. ALEXYER. 1981. An analysis of the influence of ice on spring phytoplankton population structure in the south-east Bering Sea. Limnol. Oceanogr. 26(5):935-943.
- SYVERTSEN, E. 1977. *Thalassiosira rotula* and *T. gravida*. Ecology and morphology. Simonsen R. (de.) Fourth Symposium on Recently Fossil Marine Diatoms Oslo August 30 - Sept. 3, 1976. Proceeding 1977. Bound Beiheft 54. Zur Nova Hedwigia. VIII: 414pp.
- SYVERTSEN, E. y G. HASLE. 1983. The diatoms genus *Eucampia*. Morphology and Taxonomy Bacillaria 6. Braunschweig J. Cramer. 512 pp.
- TANIGUCHI, A., K. SATO, A. KOYAMA y M. FUKUCHI. 1976. Phytoplankton communities in the Bering Sea y adjacent seas. I. Communities in early warming season in Southern areas. J. Oceanogr. Soc. Jap. 32(3):93-106.
- WEBER, L.H. y S.Z. EL-SAYED. 1987. Spatial variability of phytoplankton biomass in the Indian sector of the Southern Ocean. Antarctic Journal USA 16(5):135-136.