Ser. Cient. INACH 41: 33 - 46, 1991.

Distribución de clorofila-*a* fraccionada por tamaño de partículas en el paso Drake y en el estrecho Bransfield (Antártica), durante febrero de 1990[1]

HUMBERTO GONZÁLEZ[2], JOSÉ L. IRIARTE[3], ANGÉLICA ACEVEDO[3], ALEJANDRA LLANOS[3], SANDRA MARÍN[3], PATRICIO BERNAL[4] y ALFREDO TRONCOSO[3]

RESUMEN

Durante febrero de 1990, se realizó un crucero en el área de las islas Shetland del Sur. En trece estaciones oceanográficas se recolectaron muestras de agua y red para el análisis de la distribución horizontal y vertical (1 y 50m) de la biomasa autotrófica por espectro de tamaño de partícula. La biomasa es expresada como clorofila-a y la información corresponde a las siguientes fracciones de tamaño: <1,8; 1,8-10; 10-25; 25-40; 40-80; 80-150; 150-210; 210-335 y > 335 µm.

Los resultados indican una gran predominancia de las fracciones de tamaño más pequeñas: <1,8 µm (X = 0,294 mg cl-a m^{-3}, d.s. = 0,150) en 50 m de profundidad y 1,8-10 µm (X = 0,264 mg cl-a m^{-3}, d.s. = 0,183), en 1 m de profundidad. Las fracciones menos abundantes correspondieron a 150-210 µm (X = 0,027, d.s. = 0,023) y 210-335 µm (X = 0,009, d.s. = 0,012) en 1 y 50 m, respectivamente.

La distribución vertical (1 y 50 m) de las nueve fracciones de tamaño consideradas, demostró que sólo el picoplancton aumentó hacia mayores profundidades.

La concentración de clorofila-a total registrada en el área de las islas Shetland del Sur fue relativamente baja durante todo el período de muestreo (rango 0,4 a 1,5 mg m^{-3}). El análisis estadístico de los datos de clorofila-a agrupada (picoplancton: <1,8 µm; nanoplancton: <25 µm, y plancton de red: >25 µm) demostró que existen diferencias significativas en la variable independiente "estación" (la biomasa incrementa hacia el SE de las islas Shetland del Sur) y la interacción de primer orden "estación × tamaño de partícula" (distribución heterogénea de la biomasa en función de la estación entre las diferentes fracciones de tamaño).

Palabras claves: Picoplancton, nanoplancton, fitoplancton de red, biomasa, islas Shetland del Sur.

Size-fractioned chlorophyll-*a* distribution in the Drake Passage and Bransfield Strait (Antarctica), during February 1990[1]

HUMBERTO GONZÁLEZ[2], JOSÉ L. IRIARTE[3], ANGÉLICA ACEVEDO[3], ALEJANDRA LLANOS[3], SANDRA MARÍN[3], PATRICIO BERNAL[4] y ALFREDO TRONCOSO[3]

ABSTRACT

During February 1990, a cruise in the South Shetland Islands area was carried out on board the M/N "Capitán Luis Alcázar". In thirteen oceanographic stations water and net samples were collected in order to assess the spatial distribution (both horizontal and vertical) of the size fractioned photoautotrophic biomass. The biomass is expresed as

[1]Proyecto 138 (1989-90), financiado por INACH.

[2]Alfred-Wegener Institut für Polar und Meeresforschung. An Handelhafen 12. D-2850, Bremerhaven, F.R.G.

[3]Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Talcahuano, Departamento de Ciencias del Mar, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

[4]Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Casilla 1287, Santiago, Chile.

chlorophyll-a, and information from the followin size fractions: <1.8; 1.8-10; 10-25; 25-40; 40-80; 80-150; 150-210; 210-335, and > 335 μm was available.

The results shown a predominance of the smallest size fractions: <1.8-10 μm (X = 0.264 mg chl-a m^{-3}, s.d. = 0.183) and <1.8 μm (X = 0.294 mg chl-a m^{-3}, s.d. = 0.150), in 1 and 50 m depth, respectively. The less abundant fractions were: 150-210 μm (X = 0.027 mg chl-a m^{-3}, s.d. = 0.023) and 210-335 μm (X = 0.009 mg chl-a m^{-3}, s.d. = 0.012) in 1 and 50 m depths, respectively.

The vertical distribution (1 and 50 m) of the autotrophic biomass of the nine size-fractions, showed that only the <1.8 μm fraction (picoplancton), increased toward the bottom.

Low values of total chlorophyll-a concentration (range 0.4 to 1.5 mg m^{-3}), were recorded for the South Shetland Islands area during the whole sampling period. Statistical analisys of chlorophyll-a data pooled in three group (pico-, nano- and net plankton), showed significant differences in the independent variable "station" (biomass increase toward the SE part of the South Shetland Island) and the first-order interaction "station × size-fraction" (heterogeneous distribution of biomass as a function of station among the different size fractions).

Key words: Picoplankton, nanoplankton, netplankton, biomass, South Shetland Islands.

INTRODUCCION

El Océano Austral presenta en general una biomasa de productores primarios muy baja con valores promedio < 1,0 mg cl-*a* m^{-3} en el área del mar de Weddell y mar de Scotia (Jacques y Panouse, 1989); sin embargo, la región costera de la península Antártica e islas Shetland del Sur ha demostrado ser un área que usualmente presenta altos valores de concentración de clorofila-*a*, aunque muy variable espacial y temporalmente. Altas concentraciones de clorofila han sido descritas para el estrecho de Gerlache (> 9 mg cl-*a* m^{-3}), las cuales van disminuyendo abruptamente hacia las islas Shetland del Sur (< 2 mg cl-*a* m^{-3}) (Cabrera *et al.*, 1987; Uribe, 1987).

Se ha establecido que la distribución de tamaño de los productores primarios juega un importante rol en la estructura de la comunidad y organización trófica del ecosistema marino (Malone, 1980; Harrison, 1986). La importancia cuantitativa de la biomasa y producción en las fracciones autotróficas más pequeñas (< 35 μm) ha sido ampliamente reconocida. Von Bröckel (1981) postula que en el ecosistema pelágico antártico, la mayor parte de la biomasa autotrófica está constituida por el nanoplancton (< 20 μm) el cual es responsable del 90% de la producción total. Estudios de fraccionamiento de partículas en la Antártica han demostrado que el nano y picoplancton son los componentes más importantes del fitoplancton durante los períodos en que no ocurren crecimientos masivos (bloom). El-Sayed y Turner (1977) señalan que durante el verano austral en el mar de Ross, los organismos < 10 μm contribuyeron con el 54% de la producción primaria total. Además, se ha indicado que el picoplancton (< 1 μm) contribuye entre un 20 y 80% de la producción primaria total (Gieskes *et al.*, 1979; Joint y Pomeroy, 1983).

La estructura de tamaño del fitoplancton fotoautotrófico determina la cantidad y calidad del alimento disponible a los herbívoros dominantes (por ejemplo, en especies clave, como el krill *Euphausia superba* Dana), y por tanto, su variabilidad espacio-temporal tendría un impacto significativo en la estructura trófica del ecosistema completo. El objetivo del presente trabajo es la determinación de la distribución espacial (horizontal y vertical) de la biomasa autotrófica. Además, se evalúa la distribución por tamaño de partícula, con un nivel fino de resolución para la individualización de la o las fracciones predominantes en el área de las islas Shetland del Sur.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre el 7 y 27 de febrero de 1990, se realizaron una serie de muestreos a bordo de la M/N "Capitán Luis Alcázar" en el área de las islas Shetland del Sur (Fig. 1).

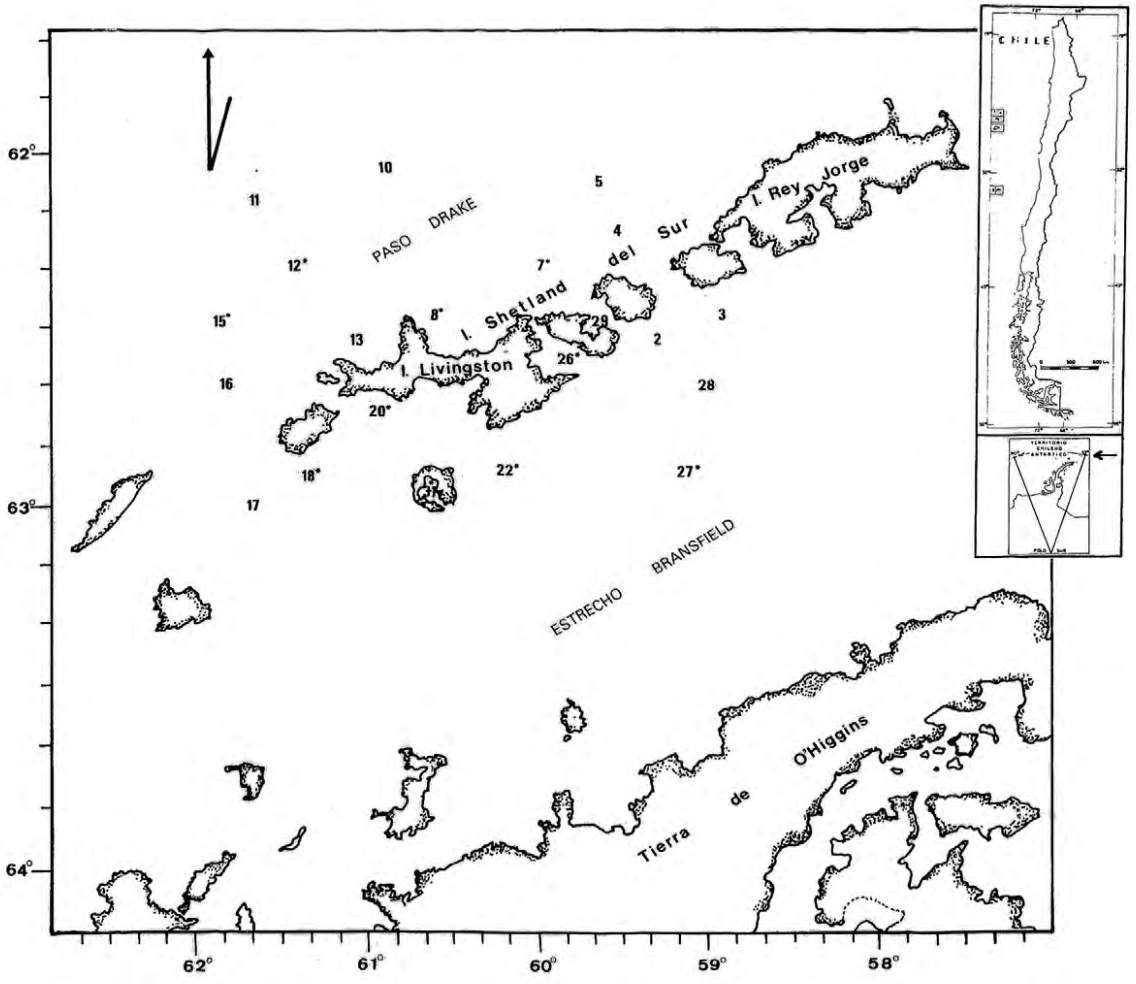

Figura 1: Distribución de las estaciones de muestreo alrededor de las islas Shetland del Sur.

En 13 estaciones distribuidas en el estrecho Bransfield (estaciones 2, 3, 22 y 27), paso Drake (estaciones 5, 7, 8 y 15) y zona costera, de canales o parcialmente enmarcada por las islas (estaciones 18, 20, 28, 29 y 31), se realizaron muestreos oceanográficos, utilizando botellas tipo Van Dorn (4,5 l) y redes cónicas para fitoplancton (40 μm de tamaño de trama). En cada estación se recolectaron muestras de agua en las profundidades de 1 y 50 m (excepcionalmente en 30 ó 100 m). Inmediatamente después de recolectadas, las muestras fueron cuidadosamente filtradas por gravedad, usando una batería de tamices. Éstos fueron dispuestos en una serie decreciente de tamaños de trama, para evitar una potencial obstrucción de los más finos (i.e. 10μm). Las siguientes fracciones de tamaño fueron obtenidas: total, <335, <210, <150, <80, <40, <25, <10 y <1,8 μm. Esta última fracción se obtuvo utilizando filtros de fibra de vidrio (Whatman® 934-AH).

La biomasa autotrófica mg cl-*a* m^{-3}) en las diferentes fracciones fue determinada *in vivo* (en triplicado) utilizando un fluorómetro Turner Designs Mod. 10-000R. Las categorías de pico-plancton, nanoplancton y fitoplancton de red serán asignadas en el texto a las fracciones de tamaño < 1.8; 1,8-25 y > 25 μm, respectivamente.

Muestras discretas en la columna de agua (0, 10, 30, 50 y 100 m) fueron recolectadas simultáneamente con botellas tipo Van Dorn para la determinación de la distribución vertical de la clorofila-*a*. Muestras de 0,5 a 2 l fueron filtradas (Millipore® 0,45 μm) y los filtros guardados a −10°C hasta su posterior análisis en un espectrofotómetro Shimadzu Mod. UV-190, de acuerdo con técnicas estándares (Strickland y Parsons, 1972). Submuestras de agua de mar fueron analizadas simultáneamente en el fluorómetro y espectrofotómetro, para la inter-calibración de la clorofila-*a* determinada a través de las lecturas de (i) fluorescencia *in vivo* y (ii) extracción con acetona.

RESULTADOS

La Tabla 1 y Figs. 2-6, muestran la distribución de clorofila-*a* fraccionada por tamaño de partícula, en diferentes áreas alrededor de las islas Shetland del Sur. Los resultados obtenidos demuestran la importancia de las fracciones pequeñas: < 1,8 (picoplancton) y 1,8-10 μm.

En superficie (1 m), la fracción de tamaño con mayor biomasa fue 1,8-10 μm, con un promedio de 0,264 mg cl-*a* m^{-3} (d.s. = 0,18, n=13) y un rango entre 2,6% (est. 2) y 45,7% (est. 15) de la clorofila-*a* total. La fracción cuantitativamente más reducida fue 150-210 μm, con un promedio de 0,027 mg cl-*a* m^{-3} (d.s. = 0,023, n=13) y un rango entre 0% (est. 31) y 9,62% (est.

Tabla 1:
VALORES DE CLOROFILA-*a* (mg m^{-3}) FRACCIONADA POR ESPECTRO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS, EN EL ÁREA DE LAS ISLAS SHETLAND DEL SUR, DURANTE FEBRERO DE 1990. A) 1 m, B) 30 m, C) 50 m, D) 100 m DE PROFUNDIDAD.

	Tamaño de partícula (μm)									
Estación	< 1,8	1,8 a 10	10 a 25	25 a 40	40 a 80	80 a 150	150 a 210	210 a 335	> 335	Total
3(a)	0,373	0,365	0,051	0,009	0,185	0,000	0,004	0,095	0,014	1,09
3(c)	0,645	0,157	0,083	0,000	0,145	0,005	0,014	0,021	0,088	1,156
5(a)	0,194	0,369	0,145	0,000	0,001	0,060	0,042	0,026	0,092	0,030
8(a)	0,176	0,134	0,023	0,004	0,009	0,000	0,014	0,046	0,004	0,411
8(b)	0,167	0,180	0,058	0,006	0,000	0,004	0,004	0,026	0,006	0,452
15(a)	0,295	0,482	0,118	0,003	0,119	0,000	0,004	0,035	0,000	1,056
15(c)	0,299	0,360	0,023	0,083	0,033	0,017	0,000	0,000	0,045	0,861
20(a)	0,123	0,279	0,026	0,139	0,100	0,000	0,009	0,122	0,096	0,895
20(c)	0,131	0,161	0,221	0,032	0,337	0,086	0,052	0,002	0,343	1,363
26(a)	0,212	0,121	0,065	0,026	0,052	0,004	0,004	0,009	0,028	0,522
26(c)	0,241	0,115	0,189	0,179	0,093	0,068	0,015	0,000	0,004	0,904
27(a)	0,288	0,155	0,114	0,002	0,031	0,015	0,032	0,010	0,004	0,651
27(c)	0,347	0,140	0,024	0,002	0,020	0,093	0,016	0,017	0,018	0,677
31(a)	0,176	0,692	0,597	0,015	0,000	0,000	0,000	0,029	0,029	1,537
31(c)	0,434	0,161	0,202	0,028	0,055	0,000	0,001	0,000	0,004	0,886
31(d)	0,320	0,028	0,000	0,017	0,000	0,023	0,023	0,004	0,026	0,442

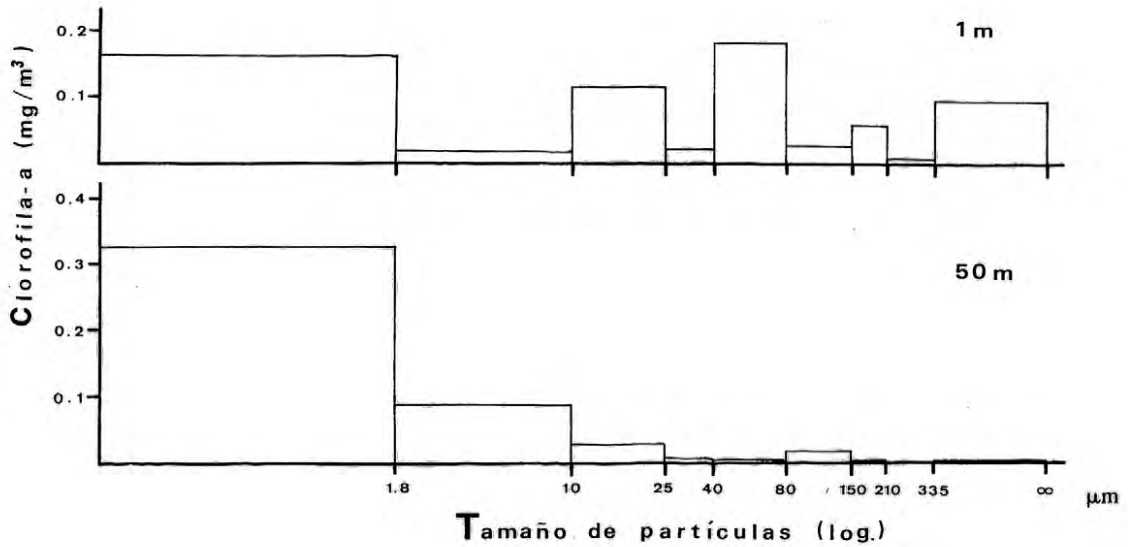

Figura 2: Distribución de la biomasa autotrófica (clorofila-*a* en mg m^{-3}), fraccionada por tamaño de partícula (µm) en dos profundidades (1 y 50 m) de la estación 2 (estrecho Bransfield). Note escala log. en el tamaño de partícula.

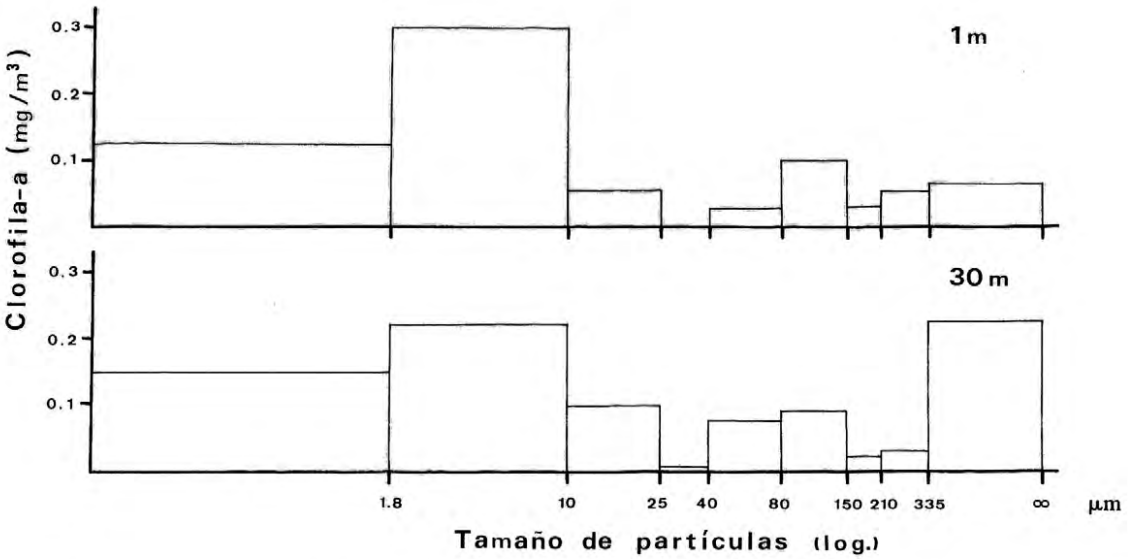

Figura 3: Distribución de la biomasa autotrófica (clorofila-*a* en mg m^{-3}), fraccionada por tamaño de partícula (µm) en dos profundidades (1 y 30 m) de la estación 7 (paso Drake). Note escala log. en el tamaño de partícula.

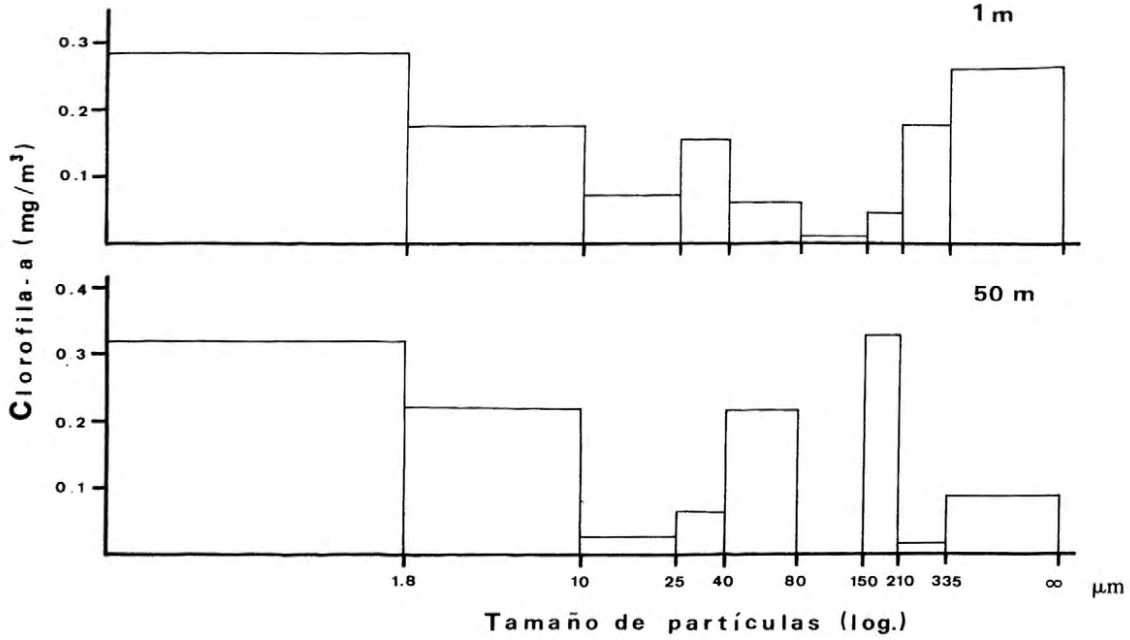

Figura 4: Distribución de la biomasa autotrófica (clorofila-*a* en mg m^{-3}), fraccionada por tamaño de partícula (µm) en dos profundidades (1 y 50 m) de la estación 18 (área SE de las islas Shetland del Sur). Note escala log. en el tamaño de partícula.

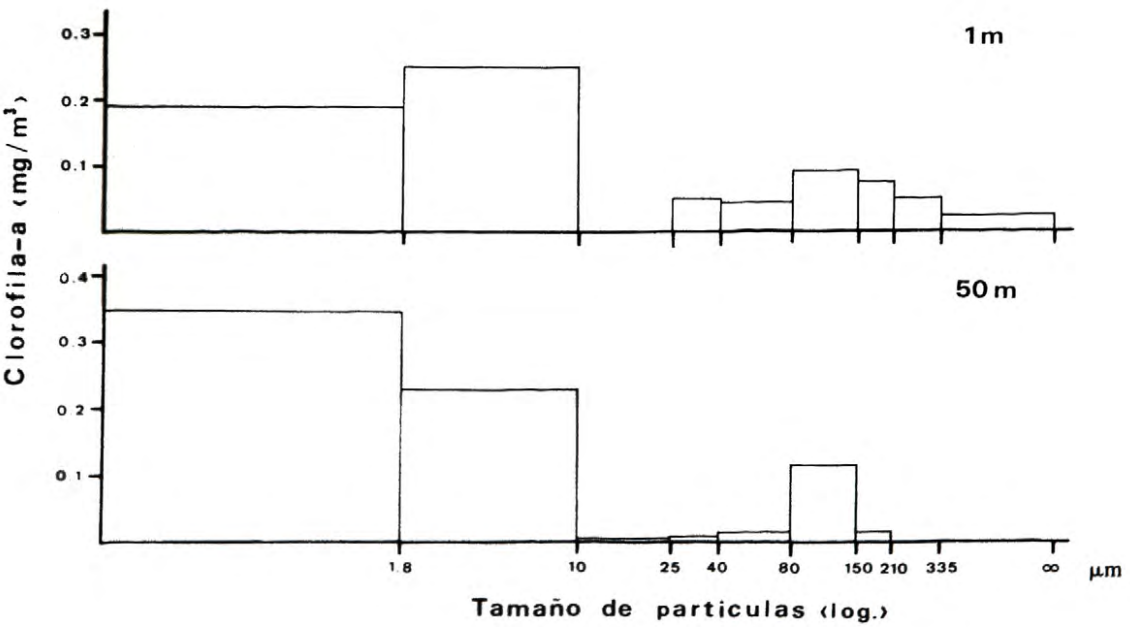

Figura 5: Distribución de la biomasa autotrófica (clorofila-*a* en mg m^{-3}), fraccionada por tamaño de partícula (µm) en dos profundidades (1 y 50 m) de la estación 22 (estrecho Bransfield). Note escala log. en el tamaño de partícula.

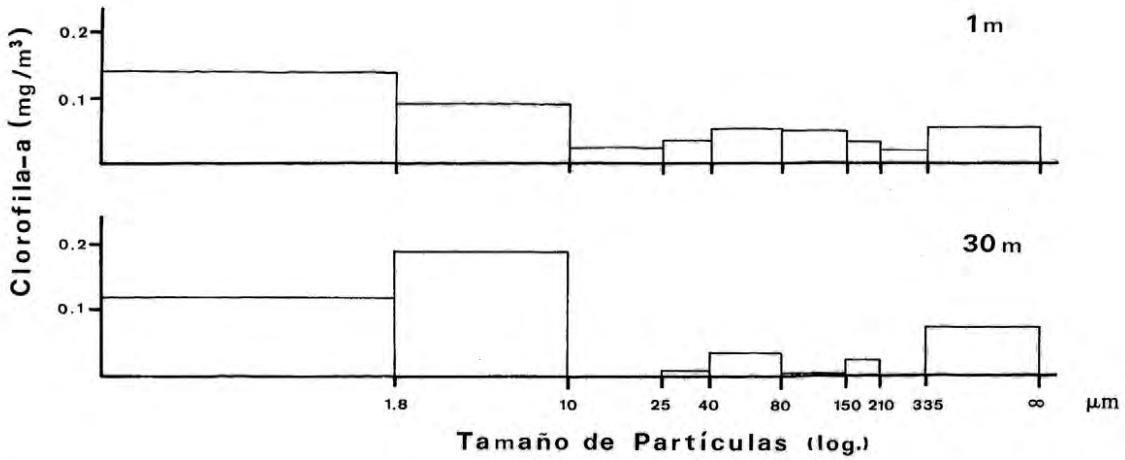

Figura 6: Distribución de la biomasa autotrófica (clorofila-*a* en mg m^{-3}), fraccionada por tamaño de partícula (µm) en dos profundidades (1 y 30 m) de la estación 29 (bahía Chile). Note escala log. en el tamaño de partícula.

22) de la clorofila-*a* total. En 50 m de profundidad, la fracción correspondiente al picoplancton fue la más abundante, con una biomasa promedio de 0,294 mg cl-*a* m^{-3} (d.s. = 0,150, n=12) y un rango entre 9,59% (est. 20) y 68,47% (est. 2) de la clorofila-*a* total. La fracción 210-335 µm fue la menos abundante, con una biomasa promedio de 0,009 mg cl-*a* m^{-3} (d.s. = 0,012, n=12) y un rango entre 0% (est. 31, 29, 26, 22, 15 y 2) y 5,78% (est. 8).

La fracción < 1,8 µm (picoplancton), fue la única que evidenció un incremento en abundancia relativa con la profundidad. Por ejemplo, en la estación 31, la abundancia relativa aumentó desde un 11% en superficie, a un 50 y 72% en las profundidades de 50 y 100 m, respectivamente (Fig. 7).

El análisis de los datos por categorías de tamaño mayores: Picoplancton (< 1,8 µm), nanoplancton (1,8-25 µm) y fitoplancton de red (> 25 µm), permiten una mejor comparación con la información existente para la Antártica (Fig. 8). Las estaciones ubicadas en el sector SE de las islas Shetland del Sur (est. 18, 20, 22 y 31), se caracterizaron por poseer la mayor concentración de clorofila-*a* total, y porque en esas estaciones el fitoplancton de red fue generalmente la fracción dominante (excepto est. 22 en 50 m y est. 31).

Un análisis de varianza (ANOVA) preliminar de los datos, demostró que no existen diferencias significativas entre las réplicas (triplicado) de las mediciones de fluorescencia *in vivo* (P > 0,99), por lo que sólo se consideraron posteriormente las siguientes variables independientes: estación, profundidad y fracción de tamaño, en el análisis de la variabilidad de la biomasa autotrófica. Los resultados (Tabla 2), indicaron que sólo la variable "estación" (P < 0,03) y una interacción de primer orden "profundidad x fracción de tamaño" (P < 0,003), explican una fracción significativa de la varianza de la biomasa fotoautotrófica en el área de las islas Shetland del Sur.

Los datos de clorofila-*a* fraccionada por tamaño indican que no existen diferencias significativas entre los valores de 1 y 50 m de profundidad (P > 0,9), con la excepción del picoplancton, el cual incrementa con la profundidad (muestras pareadas, test. t=2,45, P < 0,025). Sin embargo, los valores de biomasa determinados en 1 ó 50 m de profundidad son significativamente mayores que los registrados en 100 m (P < 0,0001, para la estación 31). Así mismo, las concentraciones de clorofila-*a* total son significativamente mayores en las estaciones ubicadas al SE de las islas Shetland del Sur (est. 15, 18, 20 y 31), en comparación con el resto de las estaciones (P < 0,002).

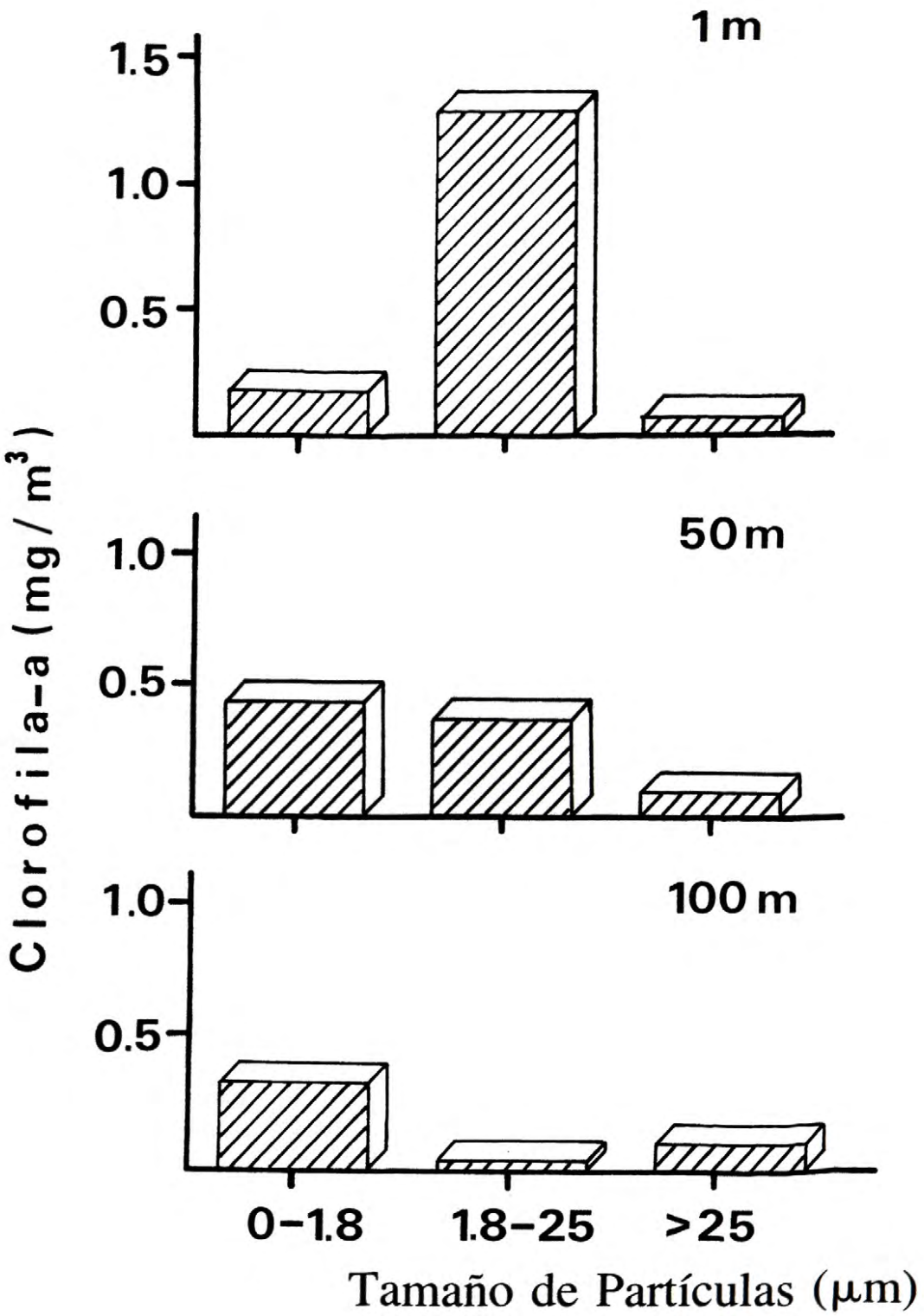

Figura 7: Valores de clorofila-*a* fraccionada en picoplancton (< 1.8 µm), nanoplancton (1.8-25 µm) y fitoplancton de red (> 25 µm), en tres niveles de profundidad (1, 50 y 100 m) de la estación 31 (isla Decepción).

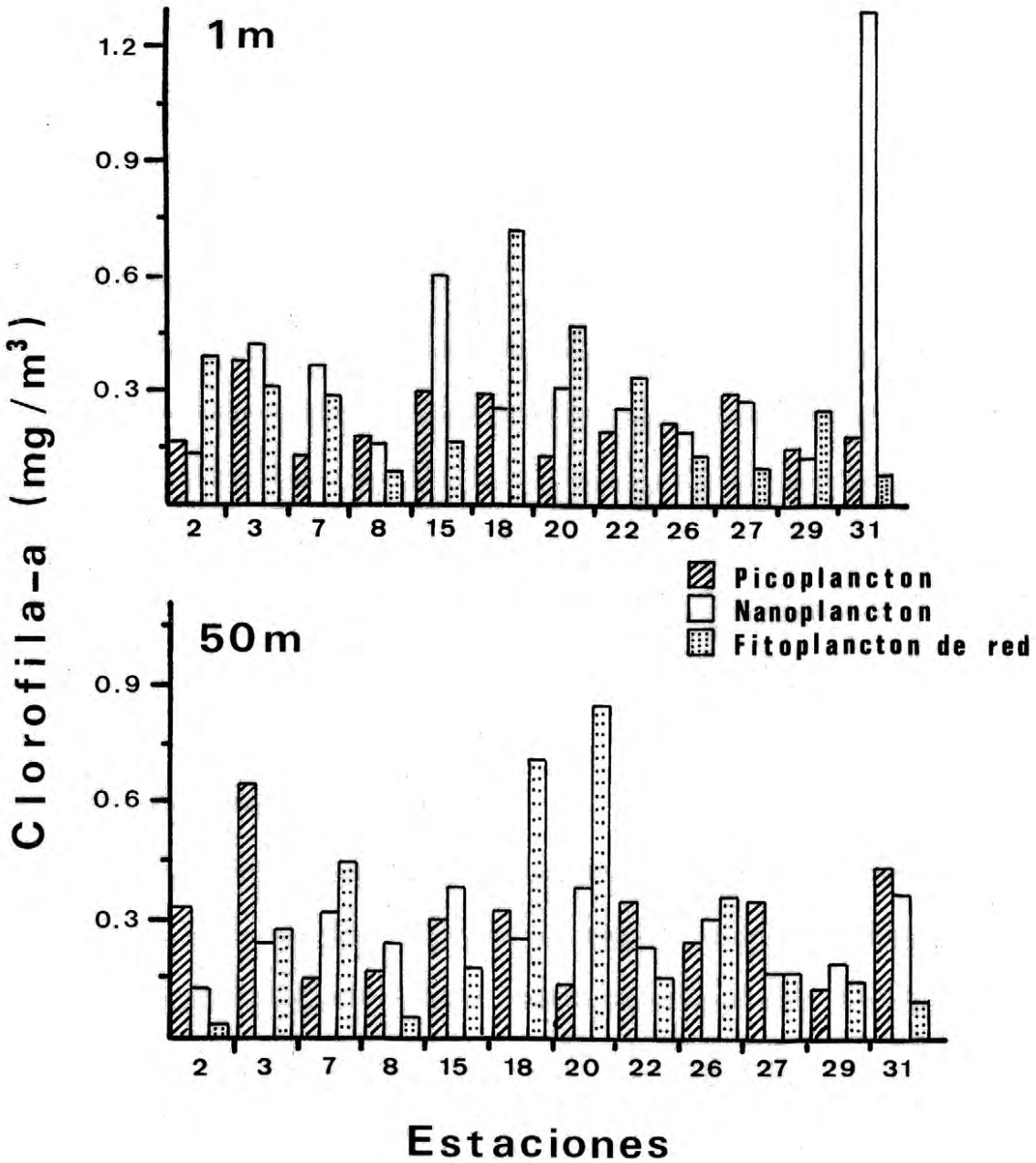

Figura 8: Valores de clorofila-*a* en las fracciones de tamaño correspondientes al picoplancton, nanoplancton y fitoplancton de red, en dos niveles de profundidad (1 y 50 m), en el área alrededor de las islas Shetland del Sur.

Tabla 2

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS DATOS DE CLOROFILA-*a*, CONSIDERANDO DOS PROFUNDIDADES (1 Y 50 M), TRES FRACCIONES DE TAMAÑO DE PARTÍCULA (PICOPLANCTON, NANOPLANCTON Y FITOPLANCTON DE RED) Y DIEZ ESTACIONES (2, 3, 7, 8, 15, 18, 20, 22, 26, Y 27).

SC = SUMA DE CUADRADOS,
GL = GRADOS DE LIBERTAD.

Fuente de variación	SC	GL	F calculado
Estación	0,393	9	2,765*
Profundidad	0,000	1	0,001
Fracción de tamaño	0,015	2	0,462
Est. × Profd.	0,254	9	1,791
Est. × Fracc. tam.	1,150	18	4,047**
Prof. × Fracc. tam.	0,005	2	0,154
Error	0,268	17	0,154

N = 59; * = $P < 0,01$; ** = $P < 0,001$.

DISCUSIÓN

A diferencia de las fracciones de tamaño correspondientes al nanoplancton y fitoplancton de red, las cuales no mostraron diferencias con la profundidad (1 y 50 m), el picoplancton evidenció una tendencia a incrementar con la profundidad en abundancia relativa (Fig. 7) y absoluta (Fig. 8). Esta observación puede estar relacionada con cambios en la cantidad y calidad de la radiación solar que penetra hacia los diferentes niveles de la columna de agua. Valores de profundidad de la capa fótica entre 12 m (est. 31) y 24 m (est. 29) fueron registrados durante este estudio (Iriarte *et al.*, 1990) y rangos mayores entre 7,2 y 57,0 m de profundidad han sido citados para el estrecho Bransfield durante el mismo período (Cabrera y Montecino, 1990). Se ha informado una estimulación en la tasa de producción primaria del picoplancton en condiciones de reducida intensidad luminosa *in situ* y en experimentos de laboratorios (Morris y Glover, 1981; Putt y Prézelin, 1985).

El análisis de la distribución espacial de clorofila-*a* demostró que ésta incrementa (valores de clorofila-*a* > 1 mg m^{-3}) en dos áreas:

(i) Estaciones en el sector SE de las islas Shetland del Sur. Este patrón de distribución que al parecer es relativamente estable en el tiempo y que ha sido anteriormente señalado (Uribe, 1987), sería el resultado del transporte de una fracción de la alta biomasa constantemente generada en el área del estrecho de Gerlache (Holm-Hansen *et al.*, 1987) y que se proyectaría hacia las islas Shetland del Sur, por cuanto Amos (1987) describió un fuerte flujo con dirección noreste, desde la isla Brabante hacia la isla Livingston.

(ii) Áreas semicerradas y/o protegidas (p. ej., est. 31). En estas áreas, una mayor estabilidad de la columna de agua podría aumentar el tiempo de permanencia del fitoplancton en la capa fótica y el posterior incremento en las concentraciones de clorofila-*a* en comparación con las estaciones más oceánicas.

Observaciones preliminares de muestras de agua utilizando microscopia de contraste de fase, demostraron que una gran proporción de la biomasa (clorofila-*a*) registrada en las fracciones de tamaño $< 1,8$ y 1,8-10 µm está principalmente constituida por la presencia de abundantes

flagelados autótrofos como *Cryptomona* sp., *Pyramimona* sp., *Phaeocystis pouchetii* y diatomeas como *Nitzschia curta* y *N. cylindrus*. Sin embargo, la presencia de un gran número de partículas inertes que contienen clorofila-*a* en los rangos de tamaño antes mencionados, por ej.; cloroplastos libres (200-666/ml) y minipellets producidos por protozoos (40-760/1), sustentan antecedentes previos que una gran actividad de depredación ejercida por metazoos (Gieskes y Elbrachter, 1986) y protozoos (Nöthing y von Bodungen, 1989), tiene lugar en aguas antárticas. No se midió la proporción de la clorofila-*a* total que estaría contenida en partículas inertes, pero estos antecedentes indican que en condiciones particulares (por ej., alta presión de pastoreo), podría llegar a ser significativa.

La importancia de la estructura de tamaños de las partículas que contienen clorofila-*a* radica en su impacto potencial en la trama trófica antártica, tanto en aquella tradicional de los metazoos (Hempel, 1985), como en los niveles tróficos inferiores (loop microbiano) (Hewes *et al.*, 1985). La eficiencia y tasa de filtración de los herbívoros depende de la disponibilidad y tamaño de las partículas alimenticias. Se ha señalado que el krill presenta mayores eficiencias de filtración para partículas grande (> 20 μm), comparado con partículas pequeñas (Meyer y El-Sayed, 1983; Quetin y Ross, 1985; Weber y El-Sayed, 1985). Por tanto, dos comunidades fitoplanctónicas iguales en términos de la concentración de clorofila-*a*, tendrían un impacto totalmente distinto en términos de alimento disponible para los herbívoros, según estén dominadas por pequeños flagelados o grandes cadenas de diatomeas.

En la última década, ha sido objeto de intenso estudio la paradoja de la oligotrofía del océano Austral, en un medio con abundantes nutrientes y alta disponibilidad de luz durante el período primavera-verano. Durante casi todo el año, la Antártica presenta una comunidad microbiana, dominada por pequeños heterótrofos (flagelados, ciliados, bacterias), siendo el período productivo restringido a un par de meses durante primavera-verano, en que se suceden numerosos pero transientes crecimientos masivos (blooms) de diatomeas (para una revisión extensa ver Priddle *et al.*, 1986; Smetacek *et al.*, 1990). El flujo de partículas también presenta gran estacionalidad en el área del estrecho Bransfield, donde aproximadamente un 97% del flujo de carbón anual, sedimenta en un período de dos meses (entre noviembre y enero) (Wefer, 1989; Wefer *et al.*, 1990).

Se han propuesto numerosas hipótesis para explicar la escasa biomasa de productores primarios usualmente presentes en aguas antárticas. Las que se mencionan comúnmente como las más aceptadas son la profunda capa de mezcla de las aguas circumpolares (Sakshaug y Holm-Hansen, 1984; Hayes *et al.*, 1984) y la fuerte presión de depredación ejercida por los metazoos (krill y copépodos, principalmente) y protozoos (dinoflagelados heterotróficos, radiolarios, tintínidos, foraminíferos, etc.) herbívoros. El krill, que durante el período de otoño-invierno se encuentra bajo la capa de hielo antártico, donde encuentra adecuado refugio y alimento "raspando" con sus apéndices torácicos el hielo que contiene abundantes microalgas (brown-ice) (Marschall, 1988; Smetacek *et al.*, 1990), durante el período de primavera-verano forma grandes agrupaciones (swarms), que consumen rápidamente la biomasa fitoplanctónica, representada por crecimientos masivos locales de grandes diatomeas. Durante noviembre, por ejemplo, se ha indicado que entre el 80 y 90% del flujo total del carbono orgánico en el estrecho Bransfield, está representado por material fecal producido por el krill (von Bodungen *et al.*, 1987). Además, durante enero de 1989, en el área del mar de Scotia, la biomasa fitoplanctónica disminuyó desde $> 2{,}5$ a $< 0{,}5$ mg cl-*a* m^{-3}, en un corto período (< 7 hr), después del paso de una gran agrupación de krill bajo el punto de muestreo (Jacques y Panouse, 1989). Por otro lado, los protozoos hervívoros, cumplen un importante rol en el consumo de un amplio espectro de tamaños de fitoplancton, produciendo en el área del estrecho Bransfield concentraciones de minipellets mayores de 800 por litro, los cuales contenían frústulos vacíos de las diatomeas dominantes en el área como *Porosira glacialis* y *Corethron criophilum* (González, datos no publicados).

Si las bajas concentraciones de clorofila-*a*, usualmente registradas en el océano Austral, están determinadas por un proceso de rápida sucesión desde un sistema dominado por autótrofos, a uno dominado por heterótrofos, y controlado por las disponibilidades de macronutrientes (por ejemplo, nitrato *vs.* amonio) y micronutrientes (por ejemplo, hierro, ver de Baar *et al.*, 1990), o si por otro lado, una fuerte y eficiente presión de pastoreo ejercida por metazoos y protozoos consume rápidamente la nueva biomasa generada, manteniéndola permanentemente en bajos niveles, son hipótesis que actualmente están en discusión.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Antártico Chileno por el financiamiento de la presente investigación a través del proyecto 138 incluido en la XXVI Expedición Científica Antártica. El Dr. V. Marín y los Sres. P. Eberhard y J.L. Blanco aportaron con sugerencias y colaboración durante las actividades de terreno. Deseamos agradecer además, la eficiente colaboración recibida por el capitán y tripulación de la M/N "Capitán Luis Alcázar" en las actividades de muestreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amos, A.F., 1987. RACER: Physical oceanography of the western Bransfield Strait. Antarct. Jour. U.S. 22: 137-140.

Cabrera, S., V. Montecino y M.E. Graf, 1987. Productividad primaria en muestras integradas de fitoplancton del estrecho Bransfield. Ser. Cient. INACH 36: 73-92.

Cabrera, S. y V. Montecino, 1990. Photosynthetic parameters of the entire euphotic phytoplankton of the Bransfield Strait, summer 1985. Polar. Biol. 10: 507-513.

Bodungen, B. von, G. Fisher, E.-M. Nöthing y G. Wefer, 1987. Sedimentation of krill faeces during spring development of phytoplankton in Bransfield Strait, Antarctica. En: Degens, E.T., S. Honjo y E. Izdar (Eds.). Particle flux in the ocean. Mitt. Geol.-Palaönt. Inst. Univ. Hamburgo. SCOPE/UNEP Sondserband 62: 243-257.

Bröckel, K. von, 1981. The importance of nanoplankton within the pelagic Antarctic ecosystem. Kiel. Meeresforsch. Sonderh. 5: 61-67.

De Baar, H.J.W., A.G.J. Buma, R.F. Nolting, G.C. Cadée, G. Jacques y P. Treguer, 1990. On iron limitation of the Southern Ocean: Experimental observations in the Weddell and Scotia Seas. Mar. Ecol. Prog. Ser. 65: 105-122.

El-Sayed, S.Z. y J.T. Turner, 1977. Productivity of the Antarctic and tropical subtropical regions: A comparative study. En: Dunbar, M.J. (Ed.) Proc. SCOR/SCAR Polar Oceans Conference, Canada, May 1974. Págs.: 463-504.

Gieskes, W.W. y M. Elbrächter, 1986. Abundance of nanoplankton-size chlorophyll-containing particles caused by diatom disruption in surface waters of the Southern Ocean (Antarctic, Peninsula Region). Neth. J. Sea Res. 20: 291-303.

Gieskes, W.W. Kraay, G.W. y M.A. Baars, 1979. Current ^{14}C methods for measuring primary production: Gross underestimates in oceanic waters. Neth. J. Sea Res. 13:58-78.

Harrison, W., 1986. Respiration and its size-dependence in microplankton population from surface waters of the Canadian Arctic. Polar Biol. 6: 145-152.

Hayes, P.K., T.M. Whitacker y G.E. Fogg, 1984. The distribution and nutrient status of phytoplankton in the Southern Ocean between 20° and 70°W. Polar Biol. 3: 153-165.

Hempel, G., 1985. Antarctic marine food webs. En: Siegfried, W.R., P.R. Condy y R.M. Laws (Eds.) Antarctic nutrient cycles and food webs. Springer, Berlin, Heildelberg. Págs.: 266-270.

Hewes, C.D., O. Holm-Hansen y E. Sakshaug, 1985. Alternate carbon pathways at lower trophic levels

in the Antarctic food web. En: Sigfried, W.R., P.R. Condy y R.M. Laws (Eds.) Antarctic nutrient cycles and food webs. Springer Verlag, Berlin, Heildelberg. Págs.: 277-283.

HOLM-HANSEN, O., R. LETELIER y B.G. MITCHELL, 1987. RACER: temporal and spatial distribution of phytoplankton biomass and primary production. Antarct. Jour. US. 22: 142-145.

IRIARTE, J.L., S. MARÍN, H. GONZÁLEZ, A. LLANOS, A. ACEVEDO y P. BERNAL, 1990. Producción primaria del nano y fitoplancton de red en aguas costeras de las islas Shetland del Sur, Antártica. En: Informe final sub-proyecto 138, XXVI Expedición Chilena Antártica. "Biomasa y producción autotrófica y heterotrófica fraccionada por tamaño en el ecosistema pelágico antártico". Págs.: 59-79.

JACQUES, G. y M. PANOUSE, 1989. Phytoplankton biomass distribution. En: I. Hempel, I., P.H. Schalk y V. Smetacek (eds.) The Expedition Antarktis VII/3 (EPOS Leg 2) of R/V "Polarstern" in 1988/89. Ber. Polarforsch. 65: 61-64.

JOINT, I.R. y A.J. POMROY, 1983. Production of picoplankton and small nanoplankton in the Celtic Sea. Mar. Biol. 77: 19-27.

MALONE, T.C., 1980. Algal Size. En: Morris, I. (Ed.) The physiological ecology of phytoplankton. Blackwell Sci. Publ., London, págs.: 433-463.

MARSCHALL, H.-P., 1988. The overwintering strategy of Antarctic krill under the pack-ice of the Weddell Sea. Polar Biol. 9: 129-135.

MEYER, M.A. y S.Z. EL-SAYED, 1983. Grazing of *Euphausia superba* Dana on natural phytoplankton populations. Polar Biol. 1: 193-197.

MORRIS, I. y H.E. GLOVER, 1981. Physiology of photosynthesis by marine coccoid cyanobacteria - some ecological implications. Limnol. Oceanog. 30: 957-961.

NÖTHIG. E.M. y B. VON BODUNGEN, 1989. Occurrence and vertical flux of faecal pellets of probably protozoan origin in the southeastern Weddell Sea (Antarctica). Mar. Ecol. Prog. Ser. 56: 281-289.

PRIDDLE, J., I. HAWES, J.C. ELLIS-EVANS y T.J. SMITH, 1986. Antarctic Aquatic Ecosystems as habitats for Phytoplankton. Biol. Rev. 61: 199-238.

PUTT, M. y B.B. PREZELIN, 1985. Observations of diel patterns of photosynthesis in cyanobacteria and nanoplankton in the Santa Barbara Channel during El Niño. J. Plankton Res. 7: 779-790.

QUETIN, L.B. y R.M. ROSS, 1985. Feeding by Antarctic Krill, *Euphausia superba:* Does Size Matter? En: Siegfried, W.R., P.R. Condy y R.M. Laws (Eds.) Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, págs.: 372-377.

SAKSHAUG, E. y O. HOLM-HANSEN, 1984. Factors governing pelagic production in polar oceans. En: Holm-Hansen, O., L. Bolis y R. Gilles (Eds.) Marine phytoplankton and productivity. Lecture notes on coastal and estuarine studies, 8:1-18. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg.

SMETACEK, V., R. SCHAREK y E.-M. NÖTHIG, 1990. Seasonal and regional variation in the pelagical and its relationship to the life history cycle of krill. En: Kerry, K.R. y G. Hempel (Eds.) Antarctic Ecosystems. Ecological Change and Conservation. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg. Págs. 103-114.

STRICKLALND, J.D.A. y T.R. PARSONS, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167: 1-310.

URIBE, E., 1987. Distribución de clorofila "a" en el estrecho Bransfield durante el verano austral 1985 (SIBEX - Fase II). Ser. Cient. INACH 36:93-106.

WEBER, L.H. y S.Z. EL-SAYED, 1985. Spatial variability of phytoplankton and the distribution and abundance of krill in the Indian sector of the Southern Ocean. En: Siegfried, W.R., P.R. Condy y R.M. Laws (Eds.). Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Springer Verlag, Berlín, Heidelberg. Págs.: 284-293.

WEBER, L.H. y S.Z. EL-SAYED, 1987. Contributions of the net, nano and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean. J. Plankton Res. 9 (5): 973-994.

WEFER, G., 1989. Particle flux in the ocean: Effects of episodic production. En: Berger, W.H., V.S. Smetacek y G. Wefer (Eds.). Particle flux ocean: Present and past. Dahlem Worshop Reps. Jojn Wiley & Sons, Chichester, New York. Págs.: 139-154.

Wefer, G., G. Fisher, D.K. Fütterer, R. Gersonde, S. Honjo y D. Ostermann, 1990. Particle sedimentation and productivity in Antarctic waters of the Atlantic sector. En: Bleil, U. y J. Thiede (Eds.) Geological History of the Polar Oceans: Arctic *versus* Antarctic. Kluwer Acad. Publ. Págs.: 363-379.

Recibido: 10.09.90. Aprobado: 14.02.91.