



**Universidad Austral de Chile**

**Escuela de Acuicultura y Pesquerías**

**VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DEL FITOPLANCTON  
ANTÁRTICO EN AGUAS ADYACENTES A LAS ISLAS SHETLAND DEL  
SUR, ANTÁRTICA**

**Tesis para Optar al Título de:  
Ingeniero en Acuicultura**

**Profesor Patrocinante:  
Dr. José Luís Iriarte.  
Instituto de Acuicultura.**

**ANDRÉS ALBERTO NÚÑEZ FERNANDEZ  
PUERTO MONTT – CHILE  
2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

“Las ideas son como las estrellas, no llegarás a tocarlas con las manos, pero como el marinero en el desierto de las aguas, las eliges como guía y si las sigues alcanzarás tu destino”. Carl Schurz

Para comenzar quisiera agradecer a mis padres Miguel y Patricia ya que sin su esfuerzo no hubiera llegado a este punto. A mis hermanos Miguel, Emerson, Pía y Laura, ya que gracias a ellos aprendí lo que significa compartir; a mis abuelos Andrés, Silvia, Alberto y Fresia ya que de ellos aprendí que la sabiduría no se haya en las paredes de las aulas sino en la capacidad de entender lo que nos rodea.

A mis Amigos Jessica, Guisella, Claudio, Guido e Israel, las cuales considero grandes e importantes personas, sin ellos mi vida diaria y universitaria no hubiera sido lo mismo. Gracias a Gonzalo quien en el mundo laboral es una de las personas de las cuales más he aprendido y estimo.

Y de manera especial y más que a nadie quiero agradecer a Elizabeth Soto ya que ella es la energía y el motor que mueve mi mundo.

Creo que el destino rara vez permite que conozcas a personas tan interesantes en tu camino me considero una persona afortunada de haberlos conocido y ser una pequeña parte de sus vidas. Gracias a Todos

Y que la Fuerza los acompañe.....Siempre

## INDICE DE CONTENIDOS

	Paginas
INDICE DE FIGURAS .....	4
INDICE DE TABLAS.....	5
1. RESUMEN.....	6
2. ABSTRACT .....	7
3. INTRODUCCIÓN.....	8-10
HIPOTESIS .....	10
4. OBJETIVOS .....	11
5. MATERIALES Y MÉTODOS	
5.1. Área de Estudio .....	12
5.2. Colecta de Muestras.....	13
5.3. Abundancia de Células .....	13-14
5.4. Análisis Estadístico .....	14
6. RESULTADOS	
6.1. Composición del Fitoplancton .....	15
6.2. Abundancia de los distintos Grupos Fitoplanctónicos .....	16-21
6.3. Abundancia Relativa de los Grupos Fitoplanctónicos.....	22
6.3.1. Distribución Espacial y Temporal del Fitoplancton Total.....	23
6.3.2. Relación entre los Grupos y sus respectivos Géneros y Especies .....	24-28
6.4. Análisis Dendograma (E. costera y E. oceánica).....	29
7. DISCUSIÓN.....	31-33
8. CONCLUSIÓN.....	34
9. BIBLIOGRAFIA .....	35-41

## INDICE DE FIGURA

<b>Figura 1: Ubicación de las estaciones de muestreo en aguas adyacentes a las Islas Shetland del Sur, Antártica, durante el verano austral (2004-2007).....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 2: Contribución de la abundancia de células de cada grupo a la abundancia total en la antártica durante los veranos 2004-2005-2006-2007 .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3: Distribución espacial y temporal (estaciones Costa- estaciones oceánicas) para abundancia relativa (%) del fitoplancton total en la antártica durante el mes de febrero 2004 a 2007.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4: Abundancia Relativa de los distintos géneros y especies encontrados en los Nanoflagelados .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5: Abundancia Relativa de los distintos géneros y especies encontradas en las Diatomeas Céntricas.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6: Abundancia Relativa de los distintos géneros y especies encontradas en las Diatomeas Pennadas. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7: Abundancia relativa de los distintos géneros y especies encontradas en los Dinoflagelados. ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 8: Análisis de agrupamiento, separado en sub-grupos de acuerdo a su nivel de similitud tanto en abundancia como en distribución de especies ..</b>	<b>30</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Número de estaciones Costeras y Oceánicas en aguas adyacentes a las islas Shetland del Sur, Antártica.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2: Abundancia total (cél/L) de los diferentes grupos fitoplanctónicos durante los años de Febrero en la Antártica (2004 – 2007) .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3: Composición y abundancia de Nanoflagelados en las estaciones costeras y oceánicas de la región Antártica en Febrero durante los cuatro años de estudio. ....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 4: Composición y Abundancia celular de las Diatomeas Céntricas, en las estaciones Costeras y Oceánicas de la región Antártica en Febrero durante los cuatro años de estudio .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 5: Composición y Abundancia celular de las Diatomeas Pennadas, en las estaciones costeras y oceánicas de la región Antártica en Febrero durante los cuatro años de estudio .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 6: Composición y Abundancia celular de los Dinoflagelados, durante los cuatro años de estudio .....</b>	<b>21</b>

## 1. RESUMEN

La comunidad fitoplanctónica es la base de la trama trófica del océano Austral y es la principal fuente de producción primaria y biomasa autótrofa en la región Antártica. El objetivo de esta tesis fue estudiar la variabilidad interanual (2004-2007) de los ensamblajes fitoplanctónicos en un gradiente costa-océano en las aguas adyacentes a las Islas Shetland del Sur, Antártica. Las muestras fueron recolectadas durante el mes de Febrero a través del programa Antártico AMLR-USA, entre los años 2004 al 2007. Las muestras se colectaron a 5 m de profundidad utilizando botellas Niskin y fueron cuantificadas en términos de abundancia y análisis de taxas utilizando microscopia. Se estudiaron tres Grupos Fitoplanctónicos: Nanoflagelados, Dinoflagelados y Diatomeas Céntricas y Pennadas. El grupo de Nanoflagelados fue el que presentó las mayores abundancias durante los cuatro años de estudio, con una contribución de un 32% en estaciones oceánicas (2005) hasta un 98,1% en las estaciones costeras (2007). El año 2005 se registraron las menores concentraciones de células fitoplanctónicas en las estaciones estudiadas (10.146 cél/L estación costera y 3500 cél/L estación oceánica), mientras que el 2006 se registraron las mayores concentraciones (15.954.937 cél/L estación costera y 17.714.222 cél/L estación oceánica). Durante los veranos se observó una segregación de los grupos en el gradiente océano-costa, con una mayor contribución de Nanoflagelados en las estaciones costeras y de Nanoflagelados y Dinoflagelados para la región oceánica.

## 2. ABSTRACT

The phytoplanktonic community is the base of the trophic plot of the Austral Ocean and it is the main source of primary production and autotrophic biomass at the antarctic region. The purpose of this work was the studying of year-on-year variability (2004-2007) of phytoplanktonic assemblies in a coast to ocean gradient, at the waters adjacentes to Shetland del Sur Islands, Antarctic. Samples was collected during February through the Antarctic Program AMLR-USA, between 2004 and 2007. Samples was collected at 5 meters depth using niskin bottles and it was quantified in terms of abundance and taxonomic analysis using microscope. Three phytoplanktonic groups was studied: Nanoflagellates, Dinoflagellates and Diatoms centric and pinnate. The Nanoflagellates group showed higher abundances during the four years study, with a contribution from 32% in oceanic stations (2005) to 98,1% in coastal station (2007). In 2005 the lower concentrations was registered, for the phytoplankton cells studied as for stations (10.146 cel/Liter at coastal station and 3.500 cel/Liter at oceanic station), meanwhile in 2006 the higher concentrations was registered (15.954.937 cel/Liter at coastal station and 17.714.222 cel/Liter at oceanic station). During the summer there was a segregation of groups in the gradient ocean area, with a greater contribution of Nanoflagellates in the coastal stations and Nanoflagellates and Dinoflagellates to the oceanic region.

### 3. INTRODUCCIÓN

El océano austral se extiende desde el continente antártico hasta la convergencia subtropical (50°S), ocupando un área de  $36 \times 10^6 \text{ Km}^2$ , aproximadamente un 10% del área total dominada por los océanos del mundo. El océano austral es dominado por dos corrientes, siendo estas las: Circumpolar Antártica y la Corriente Costera Antártica (Pridle et al., 1995). La Corriente Circumpolar es particular ya que es la única corriente zonal casi no obstaculizada por masas de tierra continental, siendo la mayor corriente que gira por tres océanos (Pacífico, Atlántico e Índico) llevando una dirección de oeste a este en esas regiones (Foster, 1984). La Corriente Costera Antártica gira de Este a Oeste en torno a la costa del continente antártico en forma discontinua ya que es interrumpida por una serie de giros provocados por témpanos que se dirigen al Norte entre 80° y 100° E desde la costa hacia la corriente circumpolar (Foster, 1984). Las aguas antárticas intermedias y profundas alimentan los procesos de afloramiento a lo largo de la Corriente de Humboldt. El afloramiento arrastra abundantes nutrientes (sales inorgánicas tales como nitrito, nitrato, silicato y fosfato) que son el sustento primero del ecosistema a través del proceso físico denominado *fotosíntesis* mediante el cual dichos nutrientes, gracias a la acción catalizadora de la luz solar, son metabolizados por el fitoplancton. Estos procesos combinados, facilitan la denominada *inversión térmica* mediante la cual las aguas frías del fondo ascienden a la superficie en la misma proporción en la que las aguas cálidas descienden. El ascenso o *afloramiento* de aguas frías se produce por lo general en las zonas costeras, tal como ya se ha indicado, transportando nutrientes inorgánicos a la superficie. Las corrientes antárticas y sub-

antárticas sub-superficiales alimentan este proceso que es el origen de la riqueza del ecosistema de Humboldt.

La mayor parte de las aguas del Océano Antártico sus temperaturas fluctúan entre  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $1^{\circ}\text{C}$ , las cuales muestran muy poca variabilidad entre el verano y el invierno. Cerca de la plataforma continental, la temperatura del agua es igual o inferior al punto de congelación de agua de mar ( $-1.86^{\circ}\text{C}$ ) (Kennett, 1982). Las características descritas anteriormente para el océano que circunda a la Antártica, permiten el desarrollo del fitoplancton, convirtiéndose en el principal constituyente de la flora oceánica y fuente de la producción primaria y biomasa autótrofa en el océano austral (Heywood & Whitaker, 1984). La composición, abundancia y distribución del fitoplancton se encuentra modulada por variables ambientales, oceanográficas y climáticas drásticas, a las cuales las poblaciones de fitoplancton se encontrarían adaptadas.

Dentro de algunas características importantes del sistema marino antártico se encuentran: 1. una alta concentración de nutrientes inorgánicos, (nitrato), 2 la presencia de una cubierta de hielo sobre el mar, la cual puede verse afectada en su aumento o disminución, por las fluctuaciones estacionales que se presentan en el entorno del continente antártico, 3 la gran variabilidad que presenta la incidencia de luz durante el ciclo anual (El-Sayed & Fryxell, 1993). Sin embargo, una característica importante de las aguas del continente antártico es la existencia de una gran concentración de nutrientes inorgánicos disueltos que no se corresponden con una alta producción primaria esperada ( $1-2 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ) y de biomasa ( $1-2 \text{ mg m}^{-3}$ ) fitoplanctónica lo cual es conocido como la “paradoja” del fitoplancton antártico (Holm-Hansen & Mitchell, 1991; Pridle, 1990; Heywood & Whitaker, 1984). Esta situación podría ser provocada

por diferentes factores bióticos y abióticos tales como la concentración de hierro, la alta profundidad de la capa de mezcla (Scholss & Ferreyra, 2002), que afectarían tanto la tasa de crecimiento como la acumulación de biomasa (Pridle et al., 1986).

La zona costera de la Península Antártica es considerada un área de gran riqueza biológica (Holm-Hansen & Mitchell, 1991), principalmente con grandes poblaciones de zooplancton (Krill) y poblaciones de mamíferos (Villafañe et al., 1993), La producción primaria en la zona costera de la Península Antártica e Islas Shetland del SurEste (Estrecho Bransfield) presentan altas concentraciones de clorofila a fines de Primavera e inicios de Verano ( $100 \text{ mg Clo a m}^{-2}$ ) (Huntley et al., 1991), con esta tesis se presentan resultados de la composición de fitoplancton de esta extensa región.

## **HIPOTESIS**

Dada la existencia de un gradiente espacial costa-océano en dada por la batimetría, se espera que exista una diferenciación en los grupos fitoplanctónicos en términos de mayor abundancia, con un mayor predominio del grupo de las Diatomeas en las estaciones costeras, ya que aquí se encuentran las mayores concentraciones de nutrientes liberados durante el derretimiento de hielos durante primavera-verano. En contraste, en condiciones oceánicas con características oligotróficas, se espera que los grupos de flagelados (Dinoflagelados  $> 20 \text{ um}$  y Nanoflagelados  $< 20 \text{ um}$ ) predominen durante condiciones de verano.

## 4. OBJETIVOS

### **Objetivo General.**

Estudiar la variabilidad interanual (2004 – 2007) de los ensamblajes fitoplanctónicos en un gradiente costa-océano en aguas adyacentes a las Islas Shetland del Sur, Antártica.

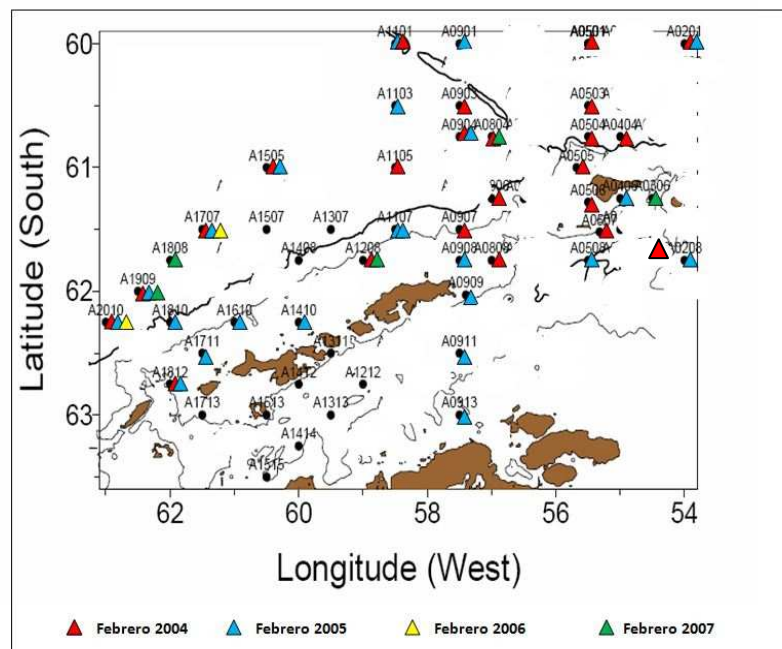
### **Objetivos Específicos.**

- Determinar la variabilidad interanual (2004 – 2007) de la abundancia de los grupos de Diatomeas y Dinoflagelados y Flagelados en un gradiente espacial costa-océano en las Islas Shetland del Sur, Antártica.
- Determinar si la co-ocurrencia de grupos de especies de Diatomeas y Dinoflagelados es modelada por la variabilidad temporal a escala interanual o por la variabilidad espacial a escala costa-océano.

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Área de Estudio

Las muestras obtenidas para el siguiente estudio fueron colectadas a través del programa Antártico AMLR-USA “Antartic Marine Living Resources - USA”, durante el mes de Febrero de los años 2004, 2005, 2006 y 2007. El área de estudio comprendió el sector del Paso Drake, correspondiente al sector oceánico y alrededor de las Islas Shetland del Sur (60°S, Antártica), correspondiente al sector costero (Fig. 1). El criterio utilizado para la separación de los dos grupos de estaciones costeras y oceánicas fue la isobata de 500 m de profundidad.



**Figura 1:** Ubicación de las estaciones de muestreo en aguas adyacentes a las Islas Shetland del Sur, Antártica, durante el verano austral (Febrero 2004-2007). Mapa obtenido desde el programa AMLR-USA.

## 5.2. Colecta de muestras

Las muestras fueron colectadas durante cuatro veranos australes (Febrero 2004, Febrero 2005, Febrero 2006, Febrero 2007) a la profundidad de 5 m. Para ello se utilizaron botellas oceanográficas (Niskin) con capacidad de 10 L, obteniéndose submuestras de 100 mL en frascos de vidrio-ámbar y fijadas con glutaraldehído (1% v/v). El número de estaciones analizadas en esta Tesis se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Número de estaciones Costeras y Oceánicas en aguas adyacentes a las islas Shetland del Sur, Antártica.

<b>Año</b>	<b>E. Costeras</b>	<b>E. Oceánicas</b>
<b>2004</b>	10	12
<b>2005</b>	13	10
<b>2006</b>	7	9
<b>2007</b>	7	6

## 5.3. Abundancia de Células

Para la cuantificación de la abundancia celular en los diferentes grupos fitoplanctónicos se utilizó la metodología propuesta por Utermohl (1931). Para ello se obtuvo un volumen determinado de muestra (50 mL) y vertido en una cámara de sedimentación por un período de 16 horas. De esta manera los organismos sedimentados en la base de la cámara fueron contabilizados en un microscopio invertido (modelo WILD) equipado con contraste de fase a una magnificación de 20X.

El conteo de células de fitoplancton se realizó mediante transectos longitudinales dependiendo de la abundancia de células en el fondo de la cámara. El conteo finalizó para cada muestras en un número superior a 300 células. Para la estimación de células por litro se midió el diámetro del campo, y con ello se determinó el área y volumen de

un cilindro, para posteriormente estimar abundancia de células por litro de los principales grupos.

En esta Tesis se entenderá como microfitoplancton a toda célula con un tamaño celular mayor a 10 y 20  $\mu\text{m}$ , correspondiendo en su mayoría a células de Diatomeas y Dinoflagelados. La fracción de tamaño de nanofitoplancton corresponderá a toda célula de tamaño entre 5 y 20 $\mu\text{m}$ , principalmente células del grupo Nanoflagelados.

#### **5.4. Análisis Estadístico**

Para determinar la variabilidad interanual, se utilizó estadística descriptiva, mediante gráficos y tablas dado que no corresponde a una serie de tiempo extensa. Para la determinación de potenciales grupos de taxas de fitoplancton co-ocurriendo en las estaciones muestreadas, se realizó un dendrograma, utilizando el programa Minitab 16. En este programa se ejecutó un análisis multivariado, con un conglomerado de variables. El análisis final del cluster se realizó mediante el método de vinculación McQuitty.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Composición del Fitoplancton

Los grupos fitoplanctónicos analizados en este estudio correspondieron a Nanoflagelados, Diatomeas (Céntricas y Pennadas) y Dinoflagelados. Dentro de los Nanoflagelados se destacó el género *Cryptomonas* spp. y taxa no identificadas y denominadas como “Flagelados”, separados según tamaño celular (Tabla 3). El grupo de las Diatomeas estuvo conformado por taxas Céntricas y Pennadas. Dentro de las Céntricas se destacan los géneros *Corethron criophyllum* (> 20  $\mu\text{m}$ ), *Thalassiosira* spp. y las especies *Chaetoceros dichaeta*, *Ch. neglectum* (> 20  $\mu\text{m}$ ), *Ch. “bulbosum”*, *aff. cryophyllum*, *Ch. neogracilis*) (Tabla 4). Las taxa *Navicula* spp., *Pseudo-nitzschia* y el grupo “Pennada” fueron las taxa mas importantes dentro de las Diatomeas Pennadas (Tabla 5). Finalmente, el grupo de los Dinoflagelados lo conformaron principalmente varias especies de tamaño pequeño incluidos en el grupo “Dino atecado” en sus diferentes tamaños (Tabla 6). La composición de los diferentes grupos de los ensambles fitoplanctónicos señaló una variabilidad a través de los años y de las estaciones (Tablas 4, 5, 6).

## 6.2. Abundancia de los grupos fitoplanctónicos

La abundancia de los diferentes grupos fitoplanctónicos durante los 4 años de muestreo fluctuó entre las 0 y 10.415.680 cél/L (Tabla 2). El año 2005, se registró la menor abundancia, con un total de 10.146 cél/L en la estación costera y 3.500 cél/L en la estación oceánica. Se puede observar que todos los grupos presentaron una disminución en el número de cél/L, en comparación a los otros años (Tabla 2). El año 2006 se registró la mayor abundancia en comparación a los otros años de muestro, con un total de 15.954.937 cél/L para la estación costera y 17.714.222 cél/L para la estación oceánica. Se observó que en las muestras fitoplanctónicas de Febrero 2004, no se observaron taxa de Diatomeas Pennadas, tanto en las estaciones costeras como en las oceánicas. Para este año se observó un predominio del grupo de los Nanoflagelados tanto en las estaciones costeras como oceánicas.

**Tabla 2:** Abundancia total (cél/L) de los diferentes grupos fitoplanctónicos durante los años de Febrero en la Antártica (2004 – 2007) .

Estación	Febrero 2004		Febrero 2005		Febrero 2006		Febrero 2007	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
<b>Grupos Fitoplanctónicos</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>
<i>Nanoflagelados</i>	1.759.708	760.669	7.039	1.120	10.415.680	10.114.105	7.515.689	1.609.071
<i>Diatomeas Céntricas</i>	75.786	110.855	517	1.029	259.414	234.243	32.874	10.195
<i>Diatomeas Pennadas</i>	-	-	293	175	4.563.569	2.728.324	78.412	39.266
<i>Dinoflagelados</i>	138.126	236.276	2.297	1.176	716.274	4.637.550	31.316	24.771
<b>Total</b>	<b>1.973.620</b>	<b>1.107.800</b>	<b>10.146</b>	<b>3.500</b>	<b>15.954.937*</b>	<b>17.714.222*</b>	<b>7.658.291</b>	<b>1.683.303</b>

### 6.2.1. Nanoflagelados

El grupo de los *Flagelados* < 5µm, presentaron abundancias muy heterogéneas al comparar los distintos años. La abundancia fluctuó entre una máxima de 10.229.155 cél/L y de 9.491.565 cél/L en Febrero 2006 en el grupo de las estaciones costeras y oceánicas, respectivamente, hasta abundancias de 3 cél/L y 12 cél/L en Febrero 2005, respectivamente. Se observó el predominio del grupo de los *Flagelados* < 5 µm, así como de *Flagelados* 5-15 µm durante todos los años de estudio, mientras que las especies *Cryptomonas* spp. y *Pyramimonas* spp. solo fueron observadas en los años 2004 y 2005 (Tabla 3).

**Tabla 3:** Composición y abundancia de Nanoflagelados en las estaciones costeras y oceánicas de la región Antártica en Febrero durante los cuatro años de estudio.

Estación	Febrero 2004		Febrero 2005		Febrero 2006		Febrero 2007	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
<b>Especies/Abundancia</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>
<i>Cryptomonas</i> spp	911.722	373.929	6.181	780				
<i>Pyramimonas</i> spp	260.110	130.998	451	50				
<i>Flagelados</i> < 5 µm	397.857	191.502	3*	12*	10.029.155*	9.491.565*	2.650.023	154.027
<i>Flagelados</i> 5-15 µm	190.019	62.812	404	278	213.618	574.323	4.800.819	1.401.668
<i>Flagelados</i> 10-20 µm	-				172.907	48.217	64.847	53.376
<i>Choanoflagellates</i>		879						
<i>Phaeocystis</i> sp		549						
<b>Total</b>	<b>1.759.708</b>	<b>760.669</b>	<b>7.039</b>	<b>1.120</b>	<b>10.415.680</b>	<b>10.114.105</b>	<b>7.515.689</b>	<b>1.609.071</b>

## **6.2.2. Diatomeas**

### **6.2.2.1. Diatomeas Céntricas**

La especie de diatomea céntrica que fue observada de manera dominante durante los períodos de muestreo correspondió a *Corethron criophyllum* (> 20µm), cuyas abundancias de este grupo fueron heterogéneas durante los años fluctuando entre 3 cél/L y 31.686 cél/L. Cabe mencionar que la especie *Corethron criophyllum*, se observó en todos los años de estudio. En el caso de la especie *Chaetoceros dichaeta* y el género *Thalassiosira spp.*, no se observaron en las estaciones costeras en los años 2005 y 2006. En el año 2006 se registraron las mayores abundancias, en comparación con los otros años, siendo la especie *Thalassiosira spp.* la más abundante para ambos grupos de estaciones (Tabla 4).

### **6.2.2.2. Diatomeas Pennadas**

Durante los años 2005, 2006, 2007 este grupo fue observado frecuentemente y concentró sus mayores abundancias en el año 2006, con abundancias de 4.563.569 cél/L y 2.728.324 cél/L para la estación costera y oceánica, respectivamente. El 2006, se observó un dominio del *Pennada 8* (3.75\*20 µm), y presentó una abundancia máxima de 3.229.925 cél/L en las estaciones costeras y para el grupo de las *Pennadas* (3.75-5\*15-70 µm) se observó una abundancia máxima de 2.211.907 cél/L para las estaciones oceánicas (Tabla 5).

**Tabla 4:** Composición y Abundancia celular de las Diatomeas Céntricas, en las estaciones Costeras y Oceánicas de la región Antártica en Febrero durante los cuatro años de estudio.

Estación	Febrero 2004		Febrero 2005		Febrero 2006		Febrero 2007	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
<b>D. Céntricas/Abundancia</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>
<i>Asteronphalus aff. hyalinus</i>		8.626		15	1.507	1.758		173
<i>Asteronphalus hookeri</i> (50 um)					251			
<i>Centrica</i>					15.119	41.277	23.704	3.114
<i>Corethron criohyllum</i> >20 um	22.321	31.686*	3*	17	3.265	3.616	346	193
<i>Chaetoceros dictyota</i>	2.031	5.261	1	47	25.114	26.369		2.076
<i>Chaetoceros neglectum</i> >20 um	45.363	48.901	1	1				
<i>Chaetoceros "bulbosum"</i>	5.495	5.422		1				
<i>Chaetoceros aff. cryophyllum</i>	576	10.739		7		753	865	173
<i>Chaetoceros neogracilis</i>						1.256		
<i>Chaetoceros spp.</i>			3	45				
<i>Chaetoceros</i> < 5 um					10.799	12.264		
<i>Chaetoceros</i> 10-20 um					502	4.772		
<i>Dactyliosolen tenuijunctus</i>			4	97				
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>				1				
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> >20 um				28	43.698	5.023	519	2.047
<i>Guinardia cylindrus</i>					1.758		173	
<i>Morfo coscinodiscus</i>						502	173	
<i>Proboscia alata</i>			2	19	5.274	19.993	346	
<i>Rhizosolenia aff. styliformis</i>			8	1		502		245
<i>Rhizosolenia spp.</i> >20 um				10				
<i>Rhizosolenia aff. hebetata</i>				2	502	753		400
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (2,5 um)					3.767	4.009		735
<i>Small centric diatom</i> <15 um			475	733				
<i>Thalassiosira spp</i>		220	20	5	147.860	111.397	6.748	1.038
<b>Total</b>	<b>75.786</b>	<b>110.855</b>	<b>517</b>	<b>1.029</b>	<b>259.414</b>	<b>234.243</b>	<b>32.874</b>	<b>10.195</b>

**Tabla 5:** Composición y Abundancia celular de las Diatomeas Pennadas, en las estaciones costeras y oceánicas de la región Antártica en Febrero durante los cuatro años de estudio

Estación	Febrero 2004		Febrero 2005		Febrero 2006		Febrero 2007	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
<b>D. Céntricas/Abundancia</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>	<b>cél/l</b>
<i>Nitzschia sp. 6</i>								
<i>Nitzschia aff. taeniiformis</i>				4				
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>			283	153				
<i>Cylindroteca sp.</i>								
<i>Cylindroteca closterium</i>						251	173	
<i>Plagiotropis sp.</i>			8	2	251			
<i>Nitzschia aff. pseudonana</i>								
<i>Pseudonitzschia</i> (1,25 * 37,5 - 62,5 um)					38.022	243.685	29.932	33.739
<i>Pseudonitzschia</i> (2,5 * 80 um)					37.319	56.318	1.384	
<i>Pseudonitzschia</i> ( 5-7,5 * 100 um)					14.064	51.953	173	764
<i>Fragiolaropsis</i>				16				
<i>Thalassiothrix spp.</i>			2					
<i>Pennada 7</i> (3,75*15 um)					341.665	27.497		346
<i>Pennada</i> (3,75-5 * 15-70um)					867.913	2.211.907	173	1.903
<i>Pennada 8</i> (3,75*20)					3.229.925	1.758		173
<i>Pennada 9</i> (< 5um)					3.767	77.612		
<i>Navicula spp</i>					30.392	57.345	45.712	1.802
<i>Membraneis</i>					251			
<i>Fragilaria</i>							865	346
<i>Pleurosigma</i>								193
<b>Total</b>	-	-	<b>293</b>	<b>175</b>	<b>4.563.569</b>	<b>2.728.324</b>	<b>78.412</b>	<b>39.266</b>
<b>Total Diatomeas</b>	<b>75.786</b>	<b>110.855</b>	<b>810</b>	<b>1.204</b>	<b>4.822.984</b>	<b>2.962.568</b>	<b>111.286</b>	<b>49.461</b>

### 6.2.3. Dinoflagelados

Para el grupo de los Dinoflagelados atecados, durante el año 2006 sus abundancias fluctuaron entre 699.950 cél/L y 4.617.960 cél/L para las estaciones costeras y oceánicas, respectivamente. Para los Dinoflagelados tecados, sus abundancias fluctuaron entre 14.315 cél/L y 19.086 cél/L en las estaciones costeras y oceánicas, respectivamente.

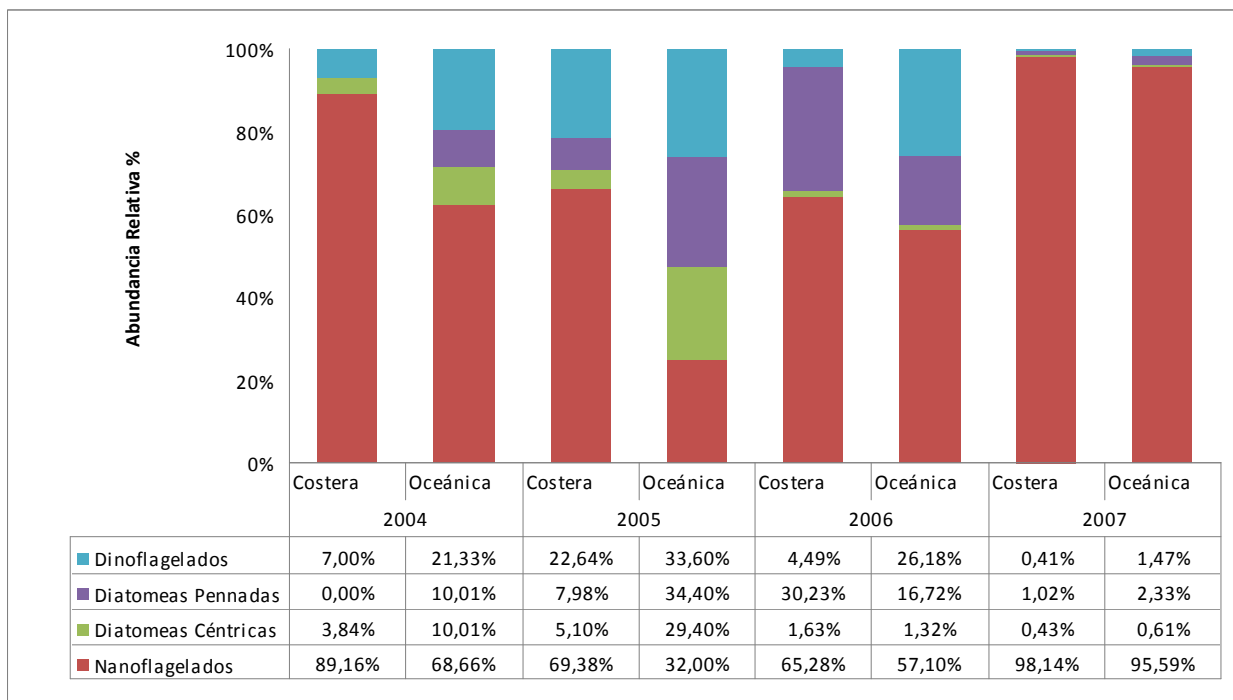
**Tabla 2:** Composición y Abundancia celular de los Dinoflagelados, durante los cuatro años de estudio.

Estación	Febrero 2004		Febrero 2005		Febrero 2006		Febrero 2007	
	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico	Costero	Oceánico
Especies/Abundancia	cél/l	cél/l	cél/l	cél/l	cél/l	cél/l	cél/l	cél/l
<i>Dinoatecado 2,5-5 um</i>					37.833	209.536		
<i>Dinoatecado 5-10 um</i>					335.516	3.601.437		
<i>Dinoatecado 10-20 um</i>					235.771	555.356	346	16.740
<i>Dinoatecado 20-30 um</i>					88.821	220.358	173	418
<i>Dinoatecado &gt;30 um</i>					2.009	31.273		
<i>Dinoflagelado 2,5-10 um</i>					3.265	1.507	173	
<i>Dinoflagelado 10-20 um</i>					9.543	17.077	21.627	6.056
<i>Dinoflagelado 20-30 um</i>					502	502	8.824	519
<i>Dinoflagelado &gt;30 um</i>					1.005		173	519
<i>Gyrodinium spp.</i>	8.564	14.927	10	19		251		519
<i>Gyrodinium lacryma</i>		660	20	23				
<i>Naked dinoflagellates 15-40 um</i>	18.866	74.571	93	144				
<i>Phalacroma sp.</i>		220		2				
<i>Protoperidinium aff. bispinium</i>		880	1					
<i>Protoperidinium aff. pellucidum</i>		2.573	17			2		
<i>Protoperidinium spp.</i>					2.009	251		
<i>Small naked dinoflagellates &lt;20 um</i>	110.696	140.833	2.156	988				
<i>Tecate dinoflagellate</i>		1.612						
<b>Total</b>	<b>138.126</b>	<b>236.276</b>	<b>2.297</b>	<b>1.176</b>	<b>716.274</b>	<b>4.637.550</b>	<b>31.316</b>	<b>24.771</b>

### 6.3. Abundancia Relativa de los Grupos Fitoplanctónicos

Durante los 4 años de estudio el grupo con los mayores aportes a la abundancia total fueron los Nanoflagelados (32 - 95%) (Fig. 2). Cabe mencionar que este grupo para el año 2007, realizó un aporte a la abundancia total, de un 98,14% para la estación costera y un 95,5% para la estación oceánica (Fig. 2).

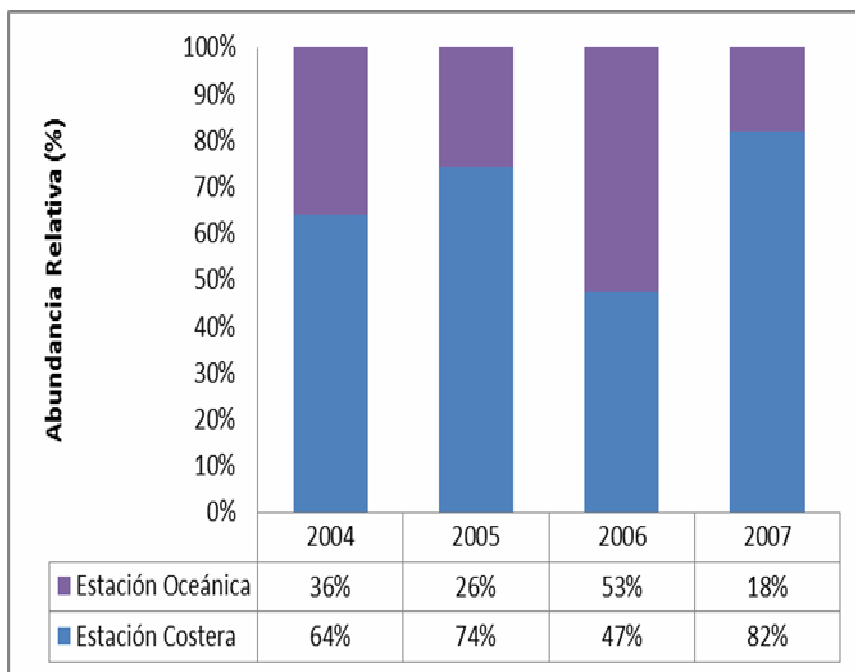
El año 2005 para la estación oceánica el aporte de cada grupo fue similar, aunque en conjunto las Diatomeas Pennadas y Céntricas realizaron el mayor aporte con un total de 63,8%. Las Diatomeas Céntricas fueron el grupo que señaló los menores aportes a la abundancia total durante los años de estudio.



**Figura 2:** Contribución de la abundancia de células de cada grupo a la abundancia total en la Antártica durante los veranos 2004, 2005, 2006, 2007.

### 6.3.1. Distribución Espacial y Temporal del Fitoplancton Total

Durante los años 2004, 2005 y 2007 los mayores aportes al Fitoplancton Total, fueron provenientes de las grupos identificados en la estación costera (> 64%), mientras que el año 2006 el aporte realizado en ambas estaciones fue similar (Fig. 3).

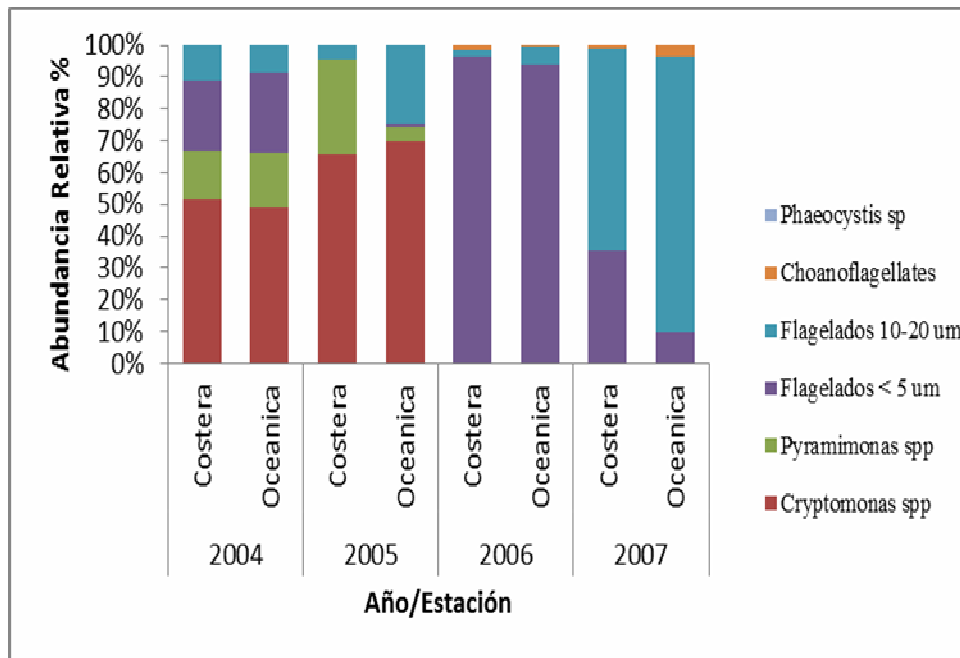


**Figura 3:** Distribución espacial y temporal (estaciones Costa – estaciones Oceánicas) para la Abundancia relativa (%) del Fitoplancton total en la Antártica durante el mes de Febrero 2004 a 2007.

### 6.3.2 Relación entre los Grupos y sus respectivos Géneros y Especies.

#### 6.3.2.1. Nanoflagelados

*Cryptomonas spp.* fue la taxa dominante representando un 49% del grupo de los nanoflagelados durante 2004 y una contribución mayor al 70% durante 2005, con una distribución similar en ambos grupos de estaciones. El grupo comprendido por *Flagelados < 5µm*, fue el de mayor representatividad en el año 2006, con una contribución mayor al 90% en las estaciones costeras y oceánicas. Durante los otros años su representatividad no supera el 35%, el cual se registró el año 2007. El grupo de los *Flagelados 10-20 µm* fueron dominantes el año 2007, con un 64% y 87% de representatividad en las estaciones costeras y oceánicas, respectivamente (Fig. 4).

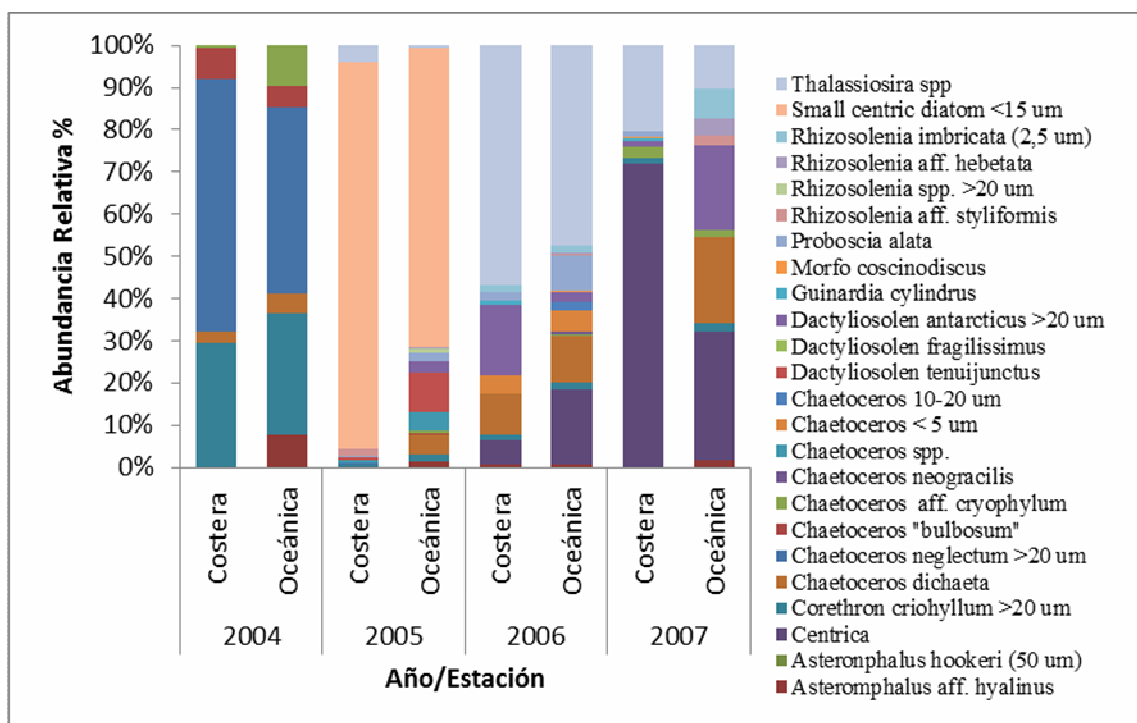


**Figura 4:** Abundancia Relativa de los distintos géneros y especies encontrados en los Nanoflagelados

### 6.3.2.2. Diatomeas

#### 6.3.2.2.1. Diatomeas Céntricas

La especie de diatomeas céntrica *Chaetoceros neglectus*, fue dominante el año 2004, con una representatividad de 60% en las estaciones costeras y de un 44% en las estaciones oceánicas. El grupo de *Diatomeas centricas pequeñas* < 15  $\mu\text{m}$ , solo fueron encontradas el año 2005 con una representatividad de un 92% y 71% en las estaciones costeras y oceánicas, respectivamente. El género *Thalassiosira spp* presentó una mayor dominancia el año 2006, con una contribución del 57% a la abundancia total en las estaciones costeras y de un 48% en las estaciones oceánicas. El grupo de Centricas fue el más dominante durante el 2007, con una contribución del 72% en las estaciones costeras y de un 31% en las estaciones oceánicas. Durante el año 2007 se observó una contribución de un 20% de la especie *Chaetoceros dichaeta* (Fig. 5).

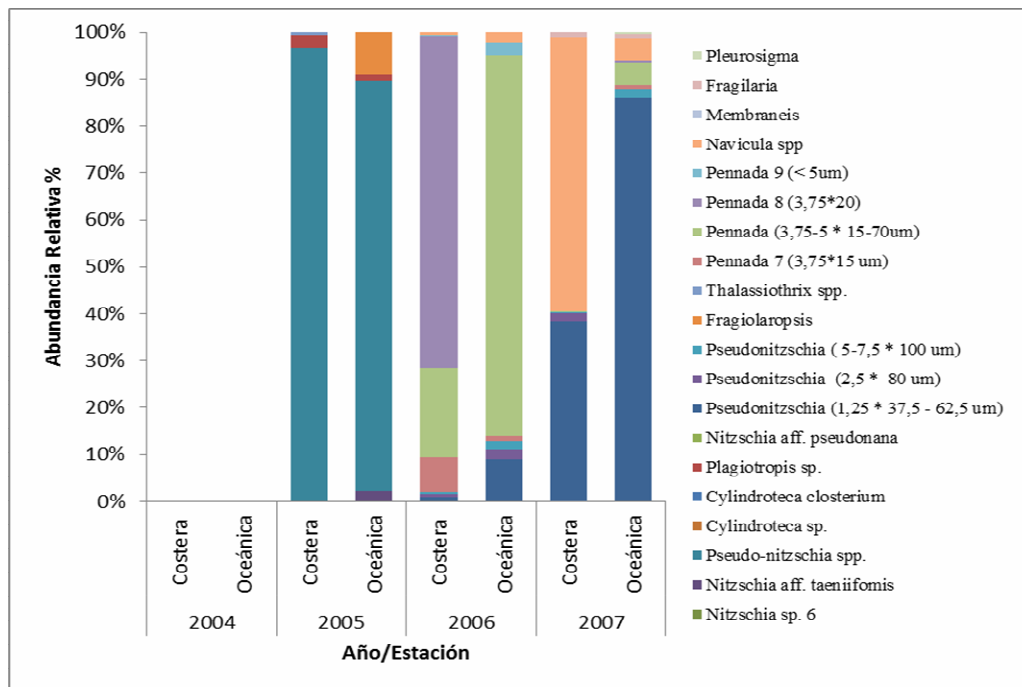


**Figura 5:** Abundancia Relativa de los distintos géneros y especies encontradas en las Diatomeas Céntricas.

#### 6.3.2.2.2. Diatomeas Pennadas

El grupo de especies de *Pseudo-nitzschia* spp, fue el grupo más dominante durante el 2005, con una contribución del 97% en las estaciones costeras y un 87% en las estaciones oceánicas. En Febrero 2006, se observó una dominancia del grupo de las diatomeas *Pennada* 8 (tamaño celular: 3,75\*20 µm) en las estaciones costeras con una contribución de un 70%, mientras que *Pennadas* (3,75-5\*20µm) fue el género dominante en la estación oceánica (81,07%).

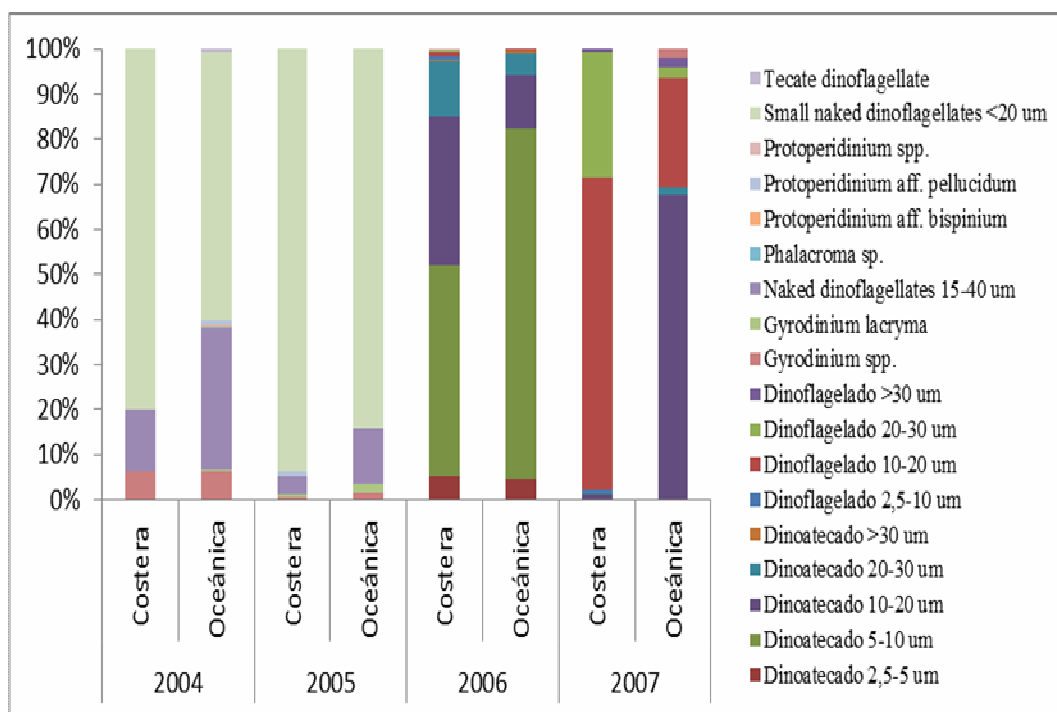
El grupo de las diatomeas *Pseudo-nitzschia* (tamaño celular: 1,25\*37,5-62,5µm) aportó un 38% a la abundancia total del fitoplancton el 2007 en las estaciones costeras y un 86% en las estaciones oceánicas. Específicamente una de las taxa más abundantes en el año 2007 fue el grupo *Pseudo-nitzschia* (tamaño celular: 1,25\*37,5-62,5µm), siendo el segundo grupo que más aportó en las estaciones costeras (38%) y dominando en las estaciones oceánicas (86%). El grupo de diatomeas *Navicula* spp., tuvo una representatividad de un 58% en las estaciones costeras en Febrero 2007.



**Figura 6:** Abundancia Relativa de los distintos géneros y especies observadas en las Diatomeas Pennadas.

### 6.3.3.3. Dinoflagelados

El grupo denominado como *Dinoflagelados desnudos pequeños* (< 20  $\mu\text{m}$ ), tuvo una contribución del 60% en las estaciones costeras y oceánicas, durante los años 2004 y 2005. Durante el 2006, el grupo de *Dino-atecado* (5-10  $\mu\text{m}$ ) mostró una contribución del 47% y un 78% en las estaciones costeras y oceánicas, respectivamente. Durante el 2007 el grupo de los *Dinoflagelados* (10-20  $\mu\text{m}$ ) señaló una contribución del 69% en las estaciones costeras, mientras que en las estaciones oceánicas el grupo *Dino-atecado* (10-20  $\mu\text{m}$ ) contribuyó con un 67,6%. (Fig. 7).

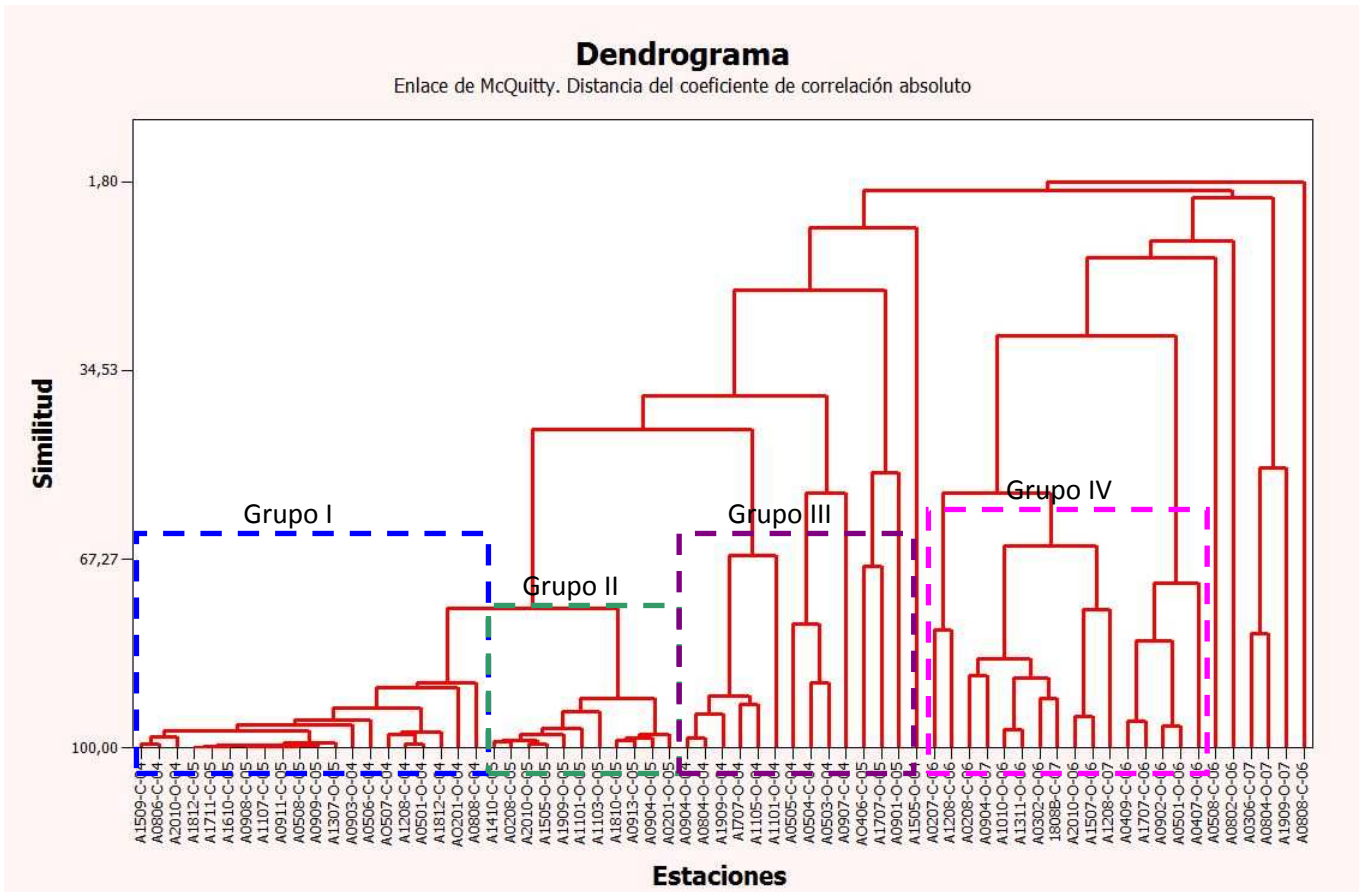


**Figura 7:** Abundancia relativa de los distintos géneros y especies encontradas en los Dinoflagelados.

#### 6.4. Análisis dendograma (Estación costera y oceánica)

Del análisis de agrupamiento (Fig. 8) al aplicar un valor límite de similitud del 60% de similitud, se puede sugerir la existencia de 4 grupos de estaciones los cuales son similares tanto en su abundancia como en co-ocurrencia de especies. Al analizar estos grupos por separado se logró determinar cuales especies estuvieron co-ocurriendo tanto espacial como temporalmente en el periodo de estudio.

Los taxones que estuvieron co-ocurriendo tanto temporal como espacialmente en el “grupo I” fueron *Chaetoceros neglectum* y *Dinoflagelados desnudos pequeños* (<20  $\mu\text{m}$ ), mientras que el “grupo II” presento una co-ocurrencia entre *Pequeñas Diatomeas Céntricas* (<15  $\mu\text{m}$ ), *Pseudo-nitzschia spp.* y *Dinoflagelados desnudos pequeños* (<20  $\mu\text{m}$ ). En tanto, los taxones *Corethron criophyllum*, *Chaetoceros neglectum* y *Dinoflagelados desnudos pequeños* (<20  $\mu\text{m}$ ) fueron las especies co-ocurrente en el “grupo III”. Finalmente el “grupo IV” presentó la mayor de las co-ocurrencias de especies en el período en que se realizó el estudio, cuyas especies correspondieron a *Pseudos-nitzschia* (2 grupos), *Flagelados* (5-10  $\mu\text{m}$ ), *Flagelados* (10-20  $\mu\text{m}$ ) y *Dinoflagelados* (10-20  $\mu\text{m}$ ).



**Figura 8:** Análisis de agrupamiento, separado en sub-grupos de acuerdo a su nivel de similitud tanto en abundancia como en distribución de especies.

## 7. DISCUSIÓN

El Océano Antártico es considerado una región con características de alta concentración de nutrientes, baja biomasa fitoplanctónica (HNLC) y baja producción primaria (HNLP) (Treguer y Jacques, 1992). En la región costera de la Antártica los perfiles verticales de nutrientes disueltos señalan altas concentraciones en superficie: Nitrato (5-20  $\mu\text{M}$ ), Fosfato (2-5  $\mu\text{M}$ ), Silicato, (5-25  $\mu\text{M}$ ). Las altas concentraciones de nutrientes permiten una mayor abundancia de células de fitoplancton en la capa superficial. En este estudio se observó una marcada distribución espacial donde las mayores abundancias de fitoplancton total se observaron en las muestras obtenidas desde las estaciones costeras. Nuccio et al. (1992) para un ambiente muy similar, indicaron como áreas de alta productividad el estrato superficial, sobre los 50 m de profundidad con abundancias de 250.000  $\text{cél/L}$  las que fueron dominadas por algunas especies principalmente del grupo de los Nanoflagelados. Otros estudios evidencian una mayor abundancia celular en los primeros 25 m con abundancias superiores a las 500.000  $\text{cél/L}$  principalmente en las zonas marginales de la Antártica (Sánchez y Villanueva, 2001). Las máximas abundancias de fitoplancton total encontradas durante este estudio, principalmente el año 2006, pertenecieron al grupo de los Nanoflagelados con una abundancia total de 10.415.680  $\text{cél/L}$  principalmente en estaciones costeras. Las concentraciones de Diatomeas para los cuatro años fluctuaron desde las 0  $\text{cel/L}$  durante el 2004 y 4.822.983  $\text{cel/L}$  como máximo durante el 2006. La importancia de conocer la abundancia y escasez de los grupos fitoplanctónicos, radica en que estos podrían considerarse como indicadores de cambios ambientales, por ejemplo el "Fenómeno del Niño", esto puede ser comparado con los resultados obtenidos por

Marinez, (1993), quien demostró la importancia de entender la variabilidad de las poblaciones biológicas por su valor científico intrínseco y por sus aplicaciones prácticas, una de estas aplicaciones podría permitir que con la información obtenida se logre predecir las variaciones temporales de las poblaciones (Tont, 1987) y estas a su vez podrían explicar futuros cambios climáticos tanto anuales e interanuales.

La fracción de tamaño nanoplanctónica ( $< 20 \mu\text{m}$ ) es típica de las primeras fases de sucesión (Margalef, 1958). Durante la última década se ha enfatizado la importancia relativa de las clases de tamaño menor a  $20\mu\text{m}$  del fitoplancton (Pico-Nanoplancton). El género Nanoflagelado fue el de mayor contribución y presencia durante los cuatro años de estudio en las estaciones muestreadas en la Antártica.

Estudios realizados con anterioridad (Febrero 1990) revelaron que el Nanofitoplancton contribuyó mayoritariamente a las aguas oceánicas de Paso Drake y Estrecho de Bransfield, mientras que el microfitoplancton ( $>20\mu\text{m}$ ) aportó mayoritariamente a las áreas costeras alrededor de las Islas Livingston, Bahía Chile, y en el Estrecho de Morton (Bidigare et al., 1996).

De los distintos grupos fitoplanctónicos estudiados en aguas superficiales de la antártica, la distribución y abundancia espacio temporal estuvo caracterizado por una significativa contribución del componente de especies de Nanoflagelados, que en general dominan en las estaciones costeras y oceánicas. El grupo de las Diatomeas Pennadas dominaron sobre las Céntricas en tres de los cuatro años de estudio, tanto en las estaciones Costeras como las Oceánicas. en tanto el grupo de los Dinoflagelados presentó una abundancia relativa desde el 21% al 33% del fitoplancton

total, observado en las estaciones Oceánicas durante los años 2004, 2005, 2006, decayendo su abundancia para el año 2007.

Las diferencias espaciales en la contribución de estos grupos fitoplanctónicos pueden ser explicados por: (1) las diferencias en las magnitudes de los nutrientes inorgánicos disueltos, principalmente  $\text{NO}_3$ , y Si, los cuales son nutrientes claves para el crecimiento del grupo de las diatomeas; (2) las bajas concentraciones de micronutrientes tal como el hierro (0.01 nM, Martin & Fritzwater 1988), elemento esencial para los procesos metabólicos mediados por reacciones enzimáticas, principalmente la vía de reducción de nitrato a amonio. Estudios recientes indicaron que el hierro (Fe) juega un rol esencial en la regulación de la producción primaria en el ambiente antártico (Martín & Fritzwater, 1988).

El dendrograma realizado determinó que la co-ocurrencia esta modelada por la variabilidad espacial a escala costa-océano, esto debido a que las similitudes mas altas tanto en abundancia como especies por cada estación corresponden a los mismo años. Es importante mencionar que este análisis se realizó aplicando una línea de corte al 60% de similitud, ya que a ese porcentaje se observó la separación de grupos, si bien este criterio fue considerado en forma arbitraria, se consideraron los estudios realizados por Laboratorio Tecnológico del Uruguay, en 2011, el cual utilizo un criterio del 40% de similitud para separar grupos en su cluster, mientras que Macias en 2010 utilizó un criterio de corte del 70% en sus clusters.

## 8. CONCLUSIÓN

El grupo de los Flagelados de diferentes tamaños los cuales pertenecen al grupo de los Nanoflagelados, con una contribución superior al 70% en estaciones costeras y oceánicas durante los años de estudio. La composición taxonómica estuvo caracterizada por el género *Cryptomonas spp.*

Los grupos de Diatomeas y Dinoflagelados realizaron un aporte no superior al 30% durante el período de estudio en ambos grupos de estaciones. Las Diatomeas y Dinoflagelados estuvieron caracterizados por *Thalassiosira spp.* y *Gyrodinium spp.* respectivamente.

El año 2006 se registraron las mayores concentraciones celulares, para los tres grupos que se mencionan en este estudio, con un total de 15.954.937 cél/L y un 17.714.222 cél /L, para la estación costera y oceánica, respectivamente.

Las estaciones costeras contribuyeron a las mayores aportes al Fitoplancton total superando el 64% entre los años 2004, 2005 y 2007.

Durante los años 2004 a 2007, existió una marcada diferencia en términos de abundancia entre los grupos fitoplanctónicos, dado un gradiente espacial costa-océano, en las estaciones costeras la mayor contribución fue realizada por el grupo de los Nanoflagelados el cual contribuyó con un 77% de la abundancia, mientras que las Diatomeas solo tuvieron una participación del 20%; para las estaciones oceánicas los grupos predominantes correspondieron a los Nanoflagelados y Dinoflagelados con un 61% y 24% respectivamente, con los resultados obtenidos no podemos validar la hipótesis en su totalidad, debido a que el comportamiento de los grupos de Diatomeas no fue el esperado, esto al no dominar en las estaciones costeras.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. BIDIGARE, R., J.L. IRIARTE, S.-H. KANG, D. KARENTZ, M.E. ONDRUSEK & G.A. FRYXELL (1996). Phytoplankton: quantitative and qualitative assessments. Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula. Antarctic Research Series, 70: 173-198.
2. BROCKEL, K. (1981). The importance of nanoplankton within pelagic antarctic ecosystem. Kiel Meeresforsch Sonderhf Vol. 5 pp 61-67.
3. CAMPBELL, J.W & T. AARUP (1989) Photosynthetically available radiation at high latitudes. Limnol. Oceanogr., 34 (8): 1490-1499. CLARKE, A. (1988). Seasonality in the Antarctic marine environment. Comp. Biochem. Physiol.
4. DETMER, A.E. & U.V. BATHMANN (1997). Distribution patterns of autotrophic pico-and nanoplankton and their relative contribution to algal biomass during spring in the Atlantic sector of the Southern Ocean. Deep-Sea Res. II 44: 299-320.
5. EASTMAN, J.T (1993). Antarctic fish biology. Evolution in a unique environment. Academic Press, San Diego, 365 pp.
6. ESCUERO, L. & D. MARÍN (2001). Correlación de las variables oceanográficas en función de la distribución vertical del Krill (*Euphausia superba*) a lo largo del Estrecho del Bransfield. Verano Austral 1999.
7. EL-SAYED, S. (1984). Productivity of Antarctic water. In: Holm-Hansen O., L. Bolis & R. Gilles (eds). Marine phytoplankton y productivity. Springer. Verlag. Berlin: 19-34.

8. EL-SAYED, S. (1984). Productivity of Antarctic water. In: Holm-Hansen O., L. Bolis & R. Gilles (eds). Marine phytoplankton y productivity. Springer. Verlag. Berlin: 19-34.
9. EL-SAYED S.Z. & G.A. FRYXELL (1993) Phytoplankton. in Antarctic Microbiology, edited by E.I. Friedmann, Inc., New York,pp. 65-122.
10. EL-SAYED, S. & E. MYELLI, (1965). Primary production y stying crop of phytoplankton in the Wedell Sea y Drake Passage. Antarctic Research series American Geophysical Union. Biology of the Antarctic Seas. Vol 5: 87-106.
11. EL-SAYED,S. Z. & S. TAGUCHI (1981). Primary production and standing crop of phytoplankton along the ice - edge in the Weddell Sea. Deep –Sea, Res., 28: 1017-1032.
12. EL-SAYED, S. Z., & J. T. TURNER (1977). Productivity of the Antarctic and tropical subtropical regions: a comparative study, pp. 463-503. In M. J. Dunbar (ed.), Polar Oceans. Arctic Inst. N. America, Calgary.
13. FOSTER,T. D. (1984). The marine enviroment, in: Laws R.M. (edt.). Antartic Ecology. Academic Press, Londres. Vol. П: 345-371.
14. FRIEBELE, E.S., D.L. CORREL & M.A. FAUST (1978). Relationship between phytoplankton cell size and the rate of orthophosphate uptake: in situ observations of an estuarine population. Mar. Biol. 45: 39-52.
15. FROST, B.W.E., & N.C. FRANZEN (1992). Grazing and iron limitation in the control of phytoplankton stock and nutrient concentration: a chemostat analogue of the Pacific equatorial upwelling zone. Mar. Ecol. Prog. Ser. 83: 291-303.

16. FUKUCHI, M. (1980). Phytoplankton chlorophyll stocks in the Antarctic Ocean. Soc. Jpn. 36: 73-84.
17. GONZÁLEZ, H., J.L. IRIARTE, A. ACEVEDO, A. LLANOS, S. MARÍN, P. BERNAL & A. TRONCOSO (1991). Distribución de clorofila a fraccionada por tamaño de partículas en el sector del Paso Drake y en el Estrecho de Bransfield (Antártica), durante febrero de 1990. Ser. Cient. Inach, 41: 33-46.
18. GLIBERT, P. M. (1982). Regional studies of daily, seasonal and size fraction variability in ammonium remineralization. Mar. Biol. 70: 209-222.
19. HART, T.J., (1942). Phytoplankton periodicity in Antarctic surface water. Discovery Rep., 21: 263-348.
20. HAYES, P.K., T. M. WHITAKER & G. E. FOGG (1984). Distribution and nutrient status of phytoplankton in the Southern Ocean between 20 and 70°W. Polar Biol. 3: 153-165.
21. HAYES, P.K., T. M. WHITAKER & G. E. FOGG (1984). Distribution and nutrient status of phytoplankton in the Southern Ocean between 20 and 70°W. Polar Biol. 3: 153-165.
22. HEYWOOD, R.B., T.M. WHITAKER (1984). The Antarctic Marine. In: Laws, R.M. (ed). Antarctic Ecology. Academic Press, London, pp. 373-419.
23. HOLM-HANSEN, O. B.G. MITCHELL (1991). Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region. Deep-Sea Research II 38: 961- 980.

24. HOLM-HANSEN, O., B.G. Mitchell, C.D. Hewes, & D.M. Karl (1989). Phytoplankton blooms in the vicinity of Palmer Station, Antarctica. *Polar Biology*, 10: 49-57.
25. HUNTLEY, M., M. KARD, P. NIILER & O. HOLM-HANSEN (1991). Research on Antarctic Coastal Ecosystem Rates (RACER): an interdisciplinary field experiment. *Deep – Sea Res.*, 38: 911-941.
26. JACQUES, G., & M. PENOUSE (1991). Biomass and composition of size fractionated phytoplankton in the Weddell Scotia. Confluence area, *Polar Biolo.*, 11: 315-328.
27. KENNETT, J.P. (1982). *Marine Geology*. Ed., Prentice-Hall, Inc. 752 pp
28. KOIKE, I., U. RUNNER, & O. HOLM-HANSEN. (1981). Microbial nitrogen metabolism in the Scotia Sea. *Antarctic J.* 16: 165-166.
29. KREBS, W.N. (1983). Ecology of neritic diatoms, Arthur Harbor, Antarctica. *Micropaleontology* 29: 267-297.
30. MAGAZZU, G. & F. DECEMBRINI (1990). Primary production y picoplankton assimilation in the Ross Sea (Antartic). *Nat. Sc. Com Ant. Ocean. Camp.* 1987-88. Data Rep. I: 107-157.
31. MAGAZZU, G. & F. DECEMBRINI (1990). Primary production y picoplankton assimilation in the Ross Sea (Antartic). *Nat. Sc. Com Ant. Ocean. Camp.* 1987-88. Data Rep. I: 107-157.
32. MALONE, T.C. (1980). Size–fractionated primary productivity of marine phytoplankton. In: *Primary Productivity in the Sea*, Plenum, New York. pp: 301-319.

33. MARAÑÓN, E., P.M. HOLLIGAN, M. VARELA, B. MOURIÑO & J. Bale (2000). Basin-scale variability of phytoplankton biomass, production and growth in the Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research. Part I*, 47: 825-857.
34. MARTIN, J.H., GORDON, R.M. & FITZWATER, S.E. (1991). Iron limitation? The case for iron. *Limnol. Oceanogr.* 36(8): 1793-1802.
35. MARTINEZ, A. (1993). Efectos del evento "El Niño" 1982-83 en la estructura del fitoplancton de la Costa Occidental de Baja California Sur. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Secretaria de Educación Publica.
36. NUCCIO, C., M. INNAMORATI, L. LAZZARA and G. MORI (1992). Poblaciones de fitoplancton en Bahía Terra Nova, Mar de Ross. *Oceanografía en la Antártica*. Gallardo, V. A. O. Ferrati y H. Moyano (eds) Enea. Proyecto Antarctic Italia. Centro EULA.U. CONCEPCIÓN Chile: 253-262
37. PRIDDLE J., HAWES & J.C. ELLIS-EVANS (1986). Antarctic aquatic ecosystems as habitats for phytoplankton. *Biology. Rev.*, 61: 199-238.
38. PRIDDLE, J. (1990). The Antarctic planktonic ecosystems. In: Medlin, I.K., Priddle, J. (ed). *Polar Marine Diatoms*. British Antarctic Survey, Cambridge. UK, 25-34.
39. PRIDDLE, J., F. BRANDINI, M. LIPSKI, & M. R. THORLEY (1994). Pattern and variability of phytoplankton biomass in the Antarctic Peninsula region: An assessment of the biomass cruises, pp. 49-61. In S.Z. El- Sayed (ed.), *Southern Ocean ecology: The biomass perspective*. Cambridge.
40. PRIDDLE, J., R. LEAKEY, C. SYMON, M. WHITEHOUSE, D. ROBINS, E. MURPHY & N. OWEN (1995). Nutrient cycling by Antarctic marine microbial plankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 116: 181-198.

41. PRIDDLE, J., R. LEAKEY, C. SYMON, M. WHITEHOUSE, D. ROBINS, E. MURPHY & N. OWEN (1995). Nutrient cycling by Antarctic marine microbial plankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 116: 181-198.
42. PROBYN, T.A. & S.J. PAINTING (1985). Nitrogen uptake by size-fractionated phytoplankton population in Antarctic surface waters. *Limnol. & Oceanogr.* 30: 1327-1332.
43. QUEGUINER, B., P. TREGUER, I. PEEKEN & R. SCHAREK (1997). Biogeochemical dynamics and the silicon cycle in the Atlantic sector of the Southern Ocean during austral spring 1992. *Deep-Sea Research II*, 44: 69-89.
44. SANCHEZ, S. & P. VILLANUEVA (2001). Composición del Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el verano austral de 1999. *Rev. Peru.*
45. SCHLOSS, I. & M. ESTRADA (1994). Phytoplankton composition in the Weddell-Scotia confluence area during austral spring in relation to hydrography. *Polar Biol* 14:77–90.
46. SIEVERS, H.A & W.D. NOWLIN (1988). Upper ocean characteristics in Drake Passage and adjoining areas of the Southern Ocean, 39° W-95°W. *Antarctic ocean and Resources variability* (Ed. By D. Sahrhage). Springer – Verlag Berlin. 57-80.
47. SULLIVAN, C. W., C.R. MCCLAIN, J. C. COMISO, & W. O. SMITH (1988). Phytoplankton standing crops within an Antarctic ice edge assessed by satellite remote sensing. *J. Geophys. Res.* 93: 12,487-12,498.

48. TAFT, J.L., M.E. LOFTUS & W.R. TAYLOR (1977). Phosphate uptake phosphomonoesters by phytoplankton in the Chesapeake Bay. *Limnol. & Oceanogr.* 22: 1012-1021.
49. TEIXEIRA, C., F. BRANDINI, E. ARAGO & C. SARTI (1986). Primary Production and Phytoplankton Standing Stock along the Bransfield Strait (Antarctica). *An Acad. Bras. Cienc.* 58 (suplemento).
50. TONT, S. 1976. Short- period climatic fluctuations: Effects on diatom biomass. *Science* 194; 942; 944
51. TREGUER, P. & G. JACQUES (1992). Dynamics of nutrients and phytoplankton, and fluxes of carbon, nitrogen and silicon in the Antarctic Ocean. *Polar Biol.* 12: 149-162.
52. UTERMÖHL H. (1931). Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons *Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 5: 567 –596.
53. VILLAFANE, V. E.W HELBLING & O. HOLM-HANSEN (1993). Phytoplankton around Elephant Island, Antarctic. *Polar Biol.*, 13: 183-191.
54. WEBER, L.K. & S.Z EL-SAYED, (1987). Contribution of the net nano and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean. *Journal of Plankton Research* 9: 973-994.
55. YANG, S.R. S.-H. KANG & SHLEE (1998). Carbon and nitrogen primary productivities in the Weddell Sea and the Bransfield Strait, Antarctica. *Kor. J. Pol. Res.* 9: 55-62.