

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR**

**Distribución temporal de zooplancton a microescala y su
relación con las condiciones oceanográficas en
Bahía Fildes, Islas Shetland del Sur, Antártica
(diciembre 2010 - enero 2011)**

Trabajo de Titulación para optar al Título de Oceanógrafo

por

Héctor Gonzalo Mora Henríquez

Valparaíso

2012

Comisión de Titulación:

Profesor Guía: Dr. Sergio Palma González. _____

Profesor : M.Sc. Nelson Silva Sandoval. _____

Profesor : M.Sc. José Iván Sepúlveda Vidal. _____

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este Trabajo de Titulación como último requisito para la obtención del título de Oceanógrafo, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este documento sólo con fines académicos.

Héctor Gonzalo Mora Henríquez

DEDICATORIA

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Si tuviera que escribir los nombres de cada una de las personas que colaboraron y que de alguna u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo “final”, necesitaría más de una página, pero como no se permite dicha expresión, debo limitar mis agradecimientos y extraer de una inmensa lista a las siguientes personas: A mis padres: Elena Henríquez y Manuel Mora por su total apoyo, comprensión y amistad durante la vida y transcurso de mi carrera universitaria. A Ursula Cifuentes por su agradable compañía, cariño y gran ayuda durante los años de estudiante y en la realización de esta tesis. A Oscar Pizarro y Nadin Ramírez por la facilitación del CTD e instrucción en su manejo. A los profesores de la comisión señores Nelson Silva y José Iván Sepúlveda, por sus aportes en el desarrollo del escrito. De manera especial al profesor Sergio Palma por abrirme las puertas del Laboratorio de Planctología y haberme apoyado profesionalmente en todo el proceso de mi trabajo de titulación (postulación a INACH, apoyo en la campaña en terreno y guía en el desarrollo de mi Trabajo de Titulación). También deseo agradecer al profesor Eduardo Quiroga, quien a pesar de no ser parte de esta comisión, siempre dispuso de su tiempo para responder mis consultas.

Finalmente, quiero agradecer al Programa de Apoyo a Tesis de Pregrado en Temas Antárticos otorgado por el Instituto Antártico Chileno (INACH) en convenio con la empresa Correos Chile y la Fuerza Aérea de Chile (FACH). Quienes hicieron posible el éxito de la campaña en terreno en el territorio Antártico.

CONTENIDO

Portada	
Comisión de Titulación	i
Autorización de uso	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
INDICE	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
MATERIALES Y MÉTODOS	5
RESULTADOS	9
DISCUSIÓN	15
CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	25
FIGURAS	29
TABLAS	39

RESUMEN

Se analizó la distribución temporal de zooplancton y su relación con las condiciones oceanográficas de temperatura, salinidad y densidad ($\sigma\text{-t}$) en bahía Fildes, Isla Rey Jorge, Antártica, durante un periodo de 42 días de colectas semanales en tres estaciones oceanográficas efectuadas entre el 5 de diciembre de 2010 y 15 de enero de 2011. La recolección de zooplancton se realizó mediante arrastres verticales desde 40 m de profundidad a superficie con una red Norpac de 350 μ . Se determinó un total de 12 taxa zooplanctónicos, de los cuales copépodos (76,6%), eufáusidos (8,7%) y apendicularias (6,1%) fueron dominantes. En copépodos y eufáusidos se determinó que una fracción importante de su abundancia, correspondió principalmente a estados larvales de desarrollo. El área de estudio se caracterizó por una baja diversidad específica de los taxa dominantes, identificándose cinco especies de copépodos, una de eufáusido y una de apendicularia. Las especies dominantes fueron *Oithona similis*, *Fritillaria* sp., *Calanoides acutus*, *Thysanoessa macrura* y *Sapphirina* spp. Se determinó un fuerte incremento de abundancia, la cual aumentó de un promedio de 663 ind·100 m⁻³ en diciembre a 3.694 ind·100 m⁻³ en enero, este incremento estuvo asociado principalmente al aumento de la temperatura registrada entre ambos meses, indicando que los organismos zooplanctónicos aprovechan rápidamente el periodo de mayor productividad biológica durante el corto verano antártico. Las características oceanográficas obtenidas con un CTD al interior de la bahía, mostraron un notorio incremento de la temperatura entre diciembre de 2010 y enero de 2011, las cuales variaron de 0,2-1,0°C en diciembre a 1,0-2,8°C en enero. En cambio, la variabilidad de salinidad fue mucho menor y fluctuó entre 33,9 y 34,3 psu, mientras que la densidad ($\sigma\text{-t}$) fluctuó entre 27,0 y 27,6 kg·m⁻³ durante el periodo analizado.

ABSTRACT

The temporal distribution of zooplankton and its relationship to oceanographic conditions of temperature, salinity and density was analyzed (σ_t) in Fildes Bay, King George Island, Antarctica. The study was carried out during a period of 42 days through weekly collections in three oceanographic stations between December 5, 2010 and January 15, 2011. Zooplankton collection was performed by vertical hauls from 40 m depth to surface with a Norpac net of 350 μm in mesh open. A total of 12 zooplankton taxa were determined, from which copepods (76.6%), euphausiids (8.7%) and appendicularians (6.1%) showed the highest abundances. In copepods and euphausiids a significant fraction of their abundance, was encompassed mainly of larval stages in development. The study area was characterized by low species diversity of dominant taxa, identifying 5 species of copepods, 1 appendicularia and 1 euphausiid. The dominant species were *Oithona similis*, *Fritillaria* sp., *Calanoides acutus*, *sapphirina* spp and *Thysanoessa macrura*. A strong increase in abundance was determined in summer, which increased from an average of 663 ind $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$ in December to 3.694 $\cdot 100 \text{ ind m}^{-3}$ in January. Such an increase was mainly associated with increase in temperature recorded between the two months, indicating that zooplankton organisms rapidly took advantage of the period of greatest biological productivity, during the short Antarctic summer. The oceanographic characteristics obtained with a CTD into the bay, showed a marked increase in temperature between December 2010 and January 2011, which ranged from 0.2 to 1.0 $^{\circ}\text{C}$ in December to 1.0 to 2.8 $^{\circ}\text{C}$ in January. However, the variability of salinity was much lower and ranged between 33.9 and 34.3 psu, while the density (σ_t) fluctuated between 27.0 and 27.6 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ during the period analyzed.

INTRODUCCIÓN

La distribución biogeográfica de las comunidades pelágicas alrededor de la Antártica se puede entender haciendo referencia a las principales características hidrológicas del Océano Austral: las corrientes, frentes y giros y su relación con aguas de la plataforma continental, plataforma de hielo y batimetría de los canales, fiordos y estrechos. La circulación de las masas de agua está determinada por un complejo sistema de frentes: Frente Subantártico (SAF), Frente Polar (PF, $\sim 50^{\circ}\text{S}$) y Divergencia Antártica (DA, $\sim 65^{\circ}\text{S}$). Entre el Frente Polar y la Divergencia Antártica, las aguas se desplazan hacia el este por la Corriente Circumpolar Antártica (CCA) a una velocidad media de 0,5 nudos (Razouls *et al.*, 2000). Esta intensa corriente fluye continuamente alrededor del continente antártico y conecta los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, separando las aguas frías polares de las aguas más cálidas del norte, imponiéndose como una gran barrera oceánica que da a los ecosistemas antárticos un especial interés científico. Esto sucede no solo por sus características oceanográficas extremas, sino también por el alto porcentaje de especies endémicas, debido a que tienen escasa interacción con sistemas ecológicos adyacentes, por lo cual se considera un ecosistema muy particular (Mujica & Torres, 1982).

Debido a la gran dimensión que posee el Océano Austral es imposible describirlo como un sistema único de características similares en toda su extensión (Nemoto & Harrison, 1981; Piatkowski, 1989). Por esta razón, algunos autores lo han zonificado latitudinalmente relacionando estas regiones con algunos organismos típicos. Al respecto, se han descrito tres subsistemas de gran escala que coinciden con la distribución de masas de agua y las zonas cubiertas de hielo: a) La zona oceánica libre de hielo de la Deriva de los Vientos del Oeste (West Wind Drift) dominada por salpas, eufáusidos y copépodos herbívoros relativamente pequeños, b) la zona de hielo estacional de la Deriva de los Vientos del Este (East Wind Drift) con el krill (*Euphausia superba*) como su principal componente, y c) la zona de hielo permanente que incluye agua fría a lo largo de la plataforma continental de la península antártica con el krill (*Euphausia crystallorophias*) y copépodos como organismos planctónicos más abundantes (Schnack-Schiel & Mujica, 1994 *vide* Hempel, 1985)

No obstante, existe otra división de los ecosistemas antárticos propuesta por Chiba *et al.* (2001), quienes determinaron dos grupos de zooplancton constituidos por especies indicadoras de singular distribución geográfica. El Grupo 1, en el Frente Polar dentro de la zona libre de hielo (~56°S), caracterizado por la presencia de *Eucalanus longiceps* y *Limacina retroversa*, y el Grupo 2 en la zona de formación de hielo estacional dentro de la Corriente Circumpolar Antártica, representado por *Ctenocalanus citer*, *Oithona frigida*, *O. similis* y *Oncaea antarctica* que dominaron el norte de la CCA y las especies *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, *Metridia gerlachei* y *Rhincalanus gigas* dominantes al sur de la CCA.

En general, se ha observado un notable interés por el estudio del zooplancton en el océano Austral, particularmente por el krill, que por su abundancia constituye el organismo clave del ecosistema antártico (El-Sayed, 1988). Por esta razón, se ha efectuado una serie de estudios cooperativos antárticos que contó con la participación de varios países, durante el desarrollo del programa BIOMASS (Investigaciones Biológicas de Sistemas y Stock Marinos Antárticos), en que participaron científicos de diversos países (Argentina, Brasil, Chile, Alemania, Inglaterra, Polonia y USA).

En el marco del Programa BIOMASS, se efectuaron los Experimentos Biológicos Internacionales FIBEX y SIBEX-Fases I y II, realizados en los veranos 1981 y 1984-85 respectivamente, en los alrededores de la península Antártica, correspondientes al mar de Bellingshausen, mar de Weddell y estrecho Bransfield. Estos estudios han permitido conocer la estructura, distribución y dinámica de zooplancton en el área geográfica mencionada. La mayoría de estos estudios se han focalizado en el análisis de organismos quitinosos, como copépodos y eufáusidos, debido a su abundancia y al importante rol que desempeñan en la trama trófica antártica (Mujica & Torres, 1982; Mujica & Asencio, 1985, 1990; Piatkowski, 1989; Schnack-Schiel & Mujica, 1994). Sin embargo, el zooplancton gelatinoso ha recibido escasa atención, a pesar que existen bastantes antecedentes que indican la presencia de densas agregaciones de salpas, medusas y apendicularias en la región polar (Mujica & Asencio, 1985; Huntley *et al.*, 1989; Smith & Schnack-Schiel,

1990; Schnack-Schiel & Mujica, 1994; Marchant & Murphy, 1994; Nishikawa *et al.*, 1995; Pagès *et al.*, 1994; Pagès, 1997; Tsujimoto *et al.*, 2006).

En el sector noroeste del océano Austral, la Deriva de los Vientos del Oeste influye sobre las masas de agua del Paso Drake, mares de Bellingshausen y Weddell. Estas masas de agua se encuentran y se mezclan en el Estrecho Bransfield, creando frentes hidrográficos que afectan la distribución de zooplancton epipelágico (Piatkowski, 1989). Estudios realizados en el estrecho de Bransfield muestran que la circulación superficial presenta una dirección general de occidente a oriente, prácticamente paralelo al eje del estrecho (Sievers, 1982, Kelly *et al.*, 1985). Este estrecho, en conjunto con el estrecho de Gerlache se caracteriza por su alta productividad biológica (Uribe, 1982; Cabrera *et al.*, 1987; El-Sayed, 1988; Barcena *et al.*, 2005).

Al noroeste de la península Antártica, entre el estrecho de Bransfield y el Paso Drake se encuentran las islas Shetland del Sur, en este archipiélago entre las islas Rey Jorge y Nelson se ubica bahía Fildes. Esta bahía tiene una longitud de 14 km y su ancho fluctúa entre 6 y 14 km, es uno de los fiordos profundos en forma de U localizado en el margen sur de las islas Shetland del Sur, su profundidad aumenta gradualmente desde la línea de costa hasta 200 m y luego cae abruptamente hasta 550 m. La capa de agua superficial permanece regularmente congelada en invierno (fines de julio hasta mediados de septiembre), mientras que en verano presenta una capa superficial más cálida con temperaturas que fluctúan de 0-1,04°C, salinidades de 33,85-34,00 psu sobre una capa subsuperficial más fría (-0,34 a 0°C) y más salina (34,00-34,53 psu) (Khim & Yoon, 2003).

La carencia de investigaciones oceanográficas en bahía Fildes no permite una adecuada caracterización. Sin embargo, por su localización geográfica podría tener condiciones hidrográficas similares a las que presenta el estrecho de Bransfield, debido a su exposición directa hacia este estrecho.

En vista que las investigaciones mencionadas anteriormente corresponden, principalmente, a estudios realizados generalmente en aguas abiertas. En el presente trabajo se analiza la diversidad, abundancia y distribución temporal de los principales grupos de zooplancton y su asociación con las variables ambientales de temperatura, salinidad y densidad en bahía Fildes.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la diversidad y distribución temporal de los principales grupos de zooplancton y su asociación con las variables ambientales de temperatura, salinidad y densidad en la bahía Fildes, isla Rey Jorge, entre el 5 de diciembre de 2010 y 15 de enero de 2011.

Objetivos específicos

- a) Determinar la diversidad y distribución temporal de los taxa dominantes de zooplancton colectados en bahía Fildes, durante el período de estudio.
- b) Estimar los parámetros comunitarios de los taxa analizados (diversidad, dominancia y frecuencia).
- c) Determinar la relación entre la abundancia de zooplancton y las variaciones de temperatura, salinidad y densidad registradas durante el periodo de estudio al interior de la bahía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica al interior de bahía Fildes ($62^{\circ}13,2'S$, $58^{\circ}45,6'W$), Isla Rey Jorge, Shetland del Sur. Al noroeste de la península Antártica entre las islas Rey Jorge y Nelson, la bahía Fildes está separada de éstas por el estrecho Fildes que conecta el sector suroeste de la bahía con el Mar de Drake, mientras que al sureste se encuentra directamente conectada con el estrecho Bransfield (Fig. 1).

Obtención de muestras zooplanctónicas y datos oceanográficos

Durante el periodo de estudio comprendido entre el 5 diciembre de 2010 y el 15 enero de 2011, se realizó un estudio oceanográfico en que se efectuaron 24 muestreos de zooplancton en tres estaciones localizadas al interior de bahía Fildes y posicionadas geográficamente con GPS. En cada estación se efectuaron semanalmente muestreos de zooplancton mediante pescas verticales (0-40 m de profundidad) con una red Norpac de 45 cm de diámetro de boca y $350\ \mu$ de abertura de malla. Simultáneamente, se realizaron lances de CTD (Seabird 19) para obtener perfiles verticales de temperatura, salinidad y densidad de la columna de agua (0-40 m). La recolección de muestras y lances de CTD se realizaron con un bote zodiac perteneciente al Instituto Antártico Chileno (INACH).

Análisis de muestras zooplanctónicas y procesamiento de datos

Para su preservación, las muestras de zooplancton se fijaron con formalina al 5% en agua de mar neutralizada con tetraborato de sodio y se almacenaron en frascos plásticos que fueron guardados en el laboratorio de la Base Científica “Profesor Julio Escudero”, durante el periodo de permanencia en la Antártica. Posteriormente, fueron transportadas a Valparaíso y analizadas en el Laboratorio de Planctología de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

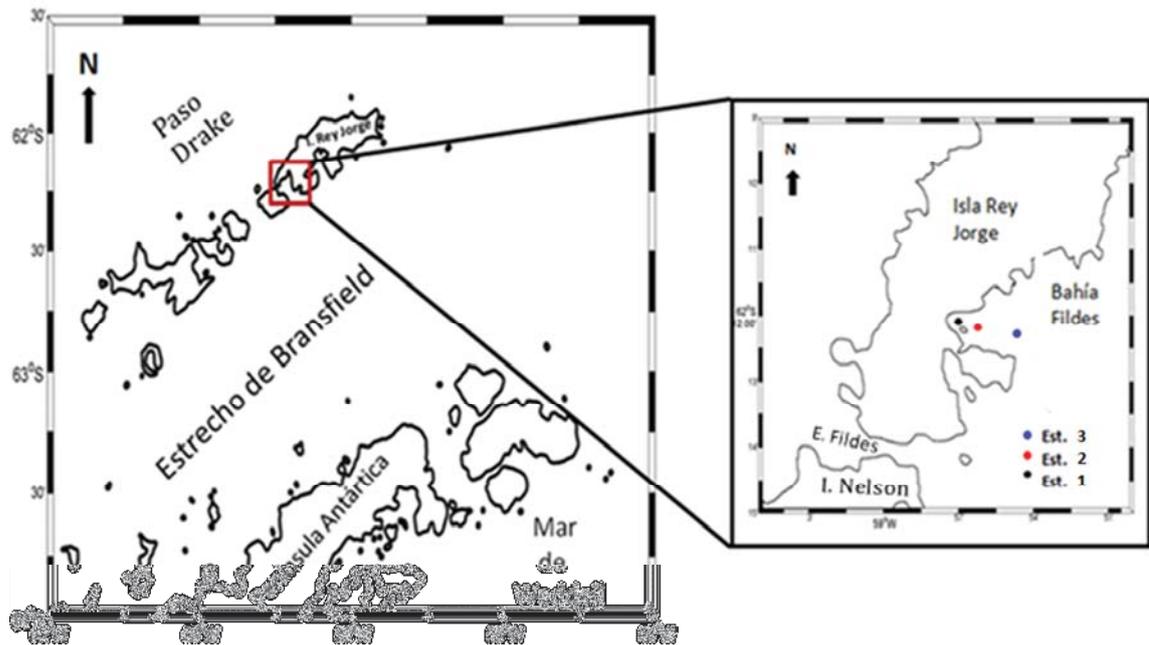


Figura 1. Estaciones de muestreo oceanográfico en bahía Fildes, Isla Rey Jorge.

De las muestras obtenidas, se efectuó en primera instancia la separación y cuantificación de cada grupo de zooplancton. Luego se efectuó la identificación y cuantificación a nivel de especie de los taxa dominantes, que correspondieron a copépodos, apendicularias y eufáusidos. Debido a la alta abundancia de estadios larvales de copépodos, estos solo fueron contados y clasificados como copepoditos.

Para determinar los patrones de distribución temporal de zooplancton, el número de individuos por grupo y especie se expresó en número de individuos por 100 m^3 ($\text{ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$). Adicionalmente, a la identificación específica de los grupos dominantes de zooplancton, se determinaron los siguientes índices comunitarios: diversidad, uniformidad, dominancia y frecuencia de ocurrencia de acuerdo a las siguientes expresiones:

Para determinar la diversidad específica de zooplancton en el área de estudio, se utilizó el Índice de Shannon-Weaver (H'):

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i * \log_2 p_i$$

donde:

p_i : probabilidad de ocurrencia de cada especie procedente de una población infinita
n: número total de especies

Los resultados del índice se expresan en bits/individuo (Pielou, 1969), en el caso de esta investigación el resultado fue expresado en bits/individuo/100 m³.

Posteriormente, y en base a este índice, se obtuvo el índice de uniformidad específica (J) (Pielou, 1969), para realizar comparaciones entre las distintas estaciones, según la siguiente expresión:

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

donde:

H' : diversidad de Shannon-Weaver

H'_{max} : diversidad máxima de Shannon-Weaver

Para la caracterización oceanográfica de la zona de estudio, se utilizaron las variables ambientales de temperatura, salinidad y densidad (sigma-t) de la columna de agua. Debido a que los parámetros ambientales fueron medidos a profundidades discretas y las muestras de zooplancton fueron obtenidas integrando la columna de agua entre aproximadamente 0 y 40 m, para relacionar la abundancia específica con los parámetros ambientales, se calculó solo un promedio por muestreo de cada variable oceanográfica, ya que los perfiles verticales mostraron una alta homogeneidad de la columna de agua (~0-40 m), en la mayoría de los muestreos. Por lo tanto, los resultados de este estudio muestran

principalmente la variación de las condiciones oceanográficas en el tiempo y no en el espacio.

Para determinar la relación entre los parámetros oceanográficos de temperatura, salinidad y densidad con la abundancia de zooplancton, se realizó un análisis de correlación de Pearson que estima la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas.

RESULTADOS

Características oceanográficas

Los resultados obtenidos de las mediciones con CTD en cada una de las estaciones, mostraron una alta homogeneidad de los perfiles verticales de temperatura, salinidad y densidad en la columna de agua (0-40 m) (Fig. 2) Por esta razón, se utilizó solo un valor promedio por muestreo de cada una de estas variables.

La temperatura mostró un incremento sostenido durante el periodo de muestreo, variando de 0,2-1,0°C en diciembre a 1,0-2,8°C en enero (Fig. 3a). En diciembre, las mayores temperaturas fueron de 1,0°C y se registraron en la estación 2 (5 de diciembre). En enero la temperatura aumentó notoriamente y los máximos se registraron en las estaciones 1 y 2 con 2,7°C (15 de enero), mientras que en la estación 3 el máximo fue de 1,8°C (10 de enero) (Fig. 3a).

La salinidad fluctuó entre 33,9 y 34,3 psu (Fig. 3b), registrándose a principios de diciembre bajos valores (34,0 psu) en todas las estaciones, que fueron aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo el 5 de enero (34,3 psu). Sin embargo, posterior a esta fecha, se observó una disminución de la salinidad, que fue más marcada en las estaciones 1 y 2, con valores de 33,9 psu (Fig. 3b).

Durante el periodo de estudio la densidad (σ_t) fluctuó entre 27,0 y 27,6 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. En diciembre, particularmente durante los tres primeros muestreos se observó un aumento paulatino de la densidad, con valores de 27,2 a 27,5 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fig. 3c). En enero la densidad alcanzó los máximos valores ($\sim 27,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) registrados el 5 de enero en las tres estaciones (Fig. 3c), Sin embargo, posteriormente se determinó una disminución en densidad, especialmente en las estaciones más costeras (estaciones 1 y 2).

Composición faunística y distribución temporal de zooplancton

Durante el periodo de estudio, la composición faunística de zooplancton estuvo constituida principalmente por copépodos (76,6%), eufáusidos (8,7%) y apendicularias (6,1%), que fueron los taxa dominantes (Fig. 4). Sin embargo, es importante destacar que en copépodos, los estados de desarrollo copepoditos (67,1%) constituyeron una fracción importante de la abundancia, al igual que en el caso de los eufáusidos, donde en su mayoría los especímenes colectados correspondieron a estados larvales de calytopis (56,1%) y furcilia (26,8%). Respecto a la frecuencia de ocurrencia, los mayores valores correspondieron en orden decreciente, a copépodos (95,8%), eufáusidos (70,8%), isópodos (41,7%) y anfípodos (37,5%) (Fig. 5).

En general, los resultados obtenidos mostraron una escasa presencia de zooplancton gelatinoso, a excepción de apendicularias y salpas. Los organismos gelatinosos no superaron el 1% del zooplancton total recolectado. Sin embargo, a pesar de la ausencia de salpas en las muestras de plancton, el 13 de enero de 2011 se observó sobre la zona intermareal de la playa de bahía Fildes, la presencia de una varazón que fluctuó entre 21 y 116 ind·m⁻² de blastozoides de *Salpa thompsoni*, las que permanecieron aproximadamente durante dos días en el área.

Al comparar la cantidad de zooplancton entre diciembre de 2010 y enero de 2011, se determinó un fuerte incremento en la abundancia que fue aproximadamente 5,6 veces mayor, pasando de un promedio 663 ind·100 m⁻³ en diciembre a 3.694 ind·100 m⁻³ en enero (Tablas 1 y 2).

Entre ambos meses se detectaron cambios en la composición por taxa, así los ctenóforos solo se colectaron en diciembre (Tabla 1). Mientras que apendicularias, poliquetos y quetognatos se colectaron exclusivamente en enero, siendo las apendicularias uno de los taxa dominantes (7,2%) en este mes (Tabla 2). La mayoría de los taxa mostró un fuerte incremento de abundancia en enero, que estuvo sustentado fundamentalmente por

copépodos, eufáusidos y apendicularias, y secundariamente por pterópodos y anfípodos (Tablas 1 y 2). Cabe señalar que la abundancia de copépodos y eufáusidos estuvo sustentada fundamentalmente por estados larvales de copepoditos, y calytopis y furcilia respectivamente.

Al comparar la frecuencia de ocurrencia entre diciembre y enero, se observó que en diciembre solamente copépodos y eufáusidos presentaron valores superiores al 50%. En cambio en enero, se determinó un incremento en los valores de frecuencia en todos los taxa, incluso en copépodos, eufáusidos, apendicularias, isópodos, anfípodos los valores fueron superiores al 50% (Tablas 1 y 2).

Composición específica de los taxa dominantes

La composición específica estuvo constituida por siete especies dominantes (Fig. 6), que en orden decreciente correspondieron a *Oithona similis* (33,3%), *Fritillaria* sp. (21,5%), *Calanoides acutus* (17,5%), *Thysanoessa macrura* (13,9%) y *Sapphirina* spp. (8,2%) (Fig. 7). Las especies con mayores porcentajes de frecuencia de ocurrencia, en orden decreciente, fueron *O. similis* (66,7%), *Calanoides acutus* (66,7%), *T. macrura* (62,5%), *Sapphirina* spp. (54,2%), *Calanus propinquus* (33,3%) y *Fritillaria* sp. (29,2%) (Fig. 8).

Al comparar la composición específica de copépodos, apendicularias y eufáusidos entre diciembre 2010 y enero 2011, se observó que en diciembre las especies dominantes fueron *Sapphirina* spp. (23,6%), *C. acutus*, (23,4%), *T. macrura* (19,5%), *Calanus propinquus* (17,5%) y *O. similis* (12,0%), mientras que *O. frigida* (3,9%) fue considerada como una especie accesoria (Tabla 3). En cambio, en enero las especies dominantes fueron *O. similis* (39,2%), *Fritillaria* sp (27,6%), *Calanoides acutus*, (15,9%) y *T. macrura* (12,4%), mientras que *Sapphirina* spp. (3,9%) y *Calanus propinquus* (1,1%) fueron consideradas como especies accesorias (Tablas 3 y 4).

Por su parte, la frecuencia de ocurrencia en diciembre y en orden decreciente estuvo representada por *Calanoides acutus*, (53,8%), *Sapphirina* spp. (53,8%), *T. macrura* (53,8%), *O. similis* (46,2%), *Calanus propinquus* (46,2%) y *O. frigida* (23,1%) (Tabla 3). En cambio en enero la frecuencia de ocurrencia estuvo representada por *O. similis* (90,9%), *Calanoides acutus*, (81,8%), *Thysanoessa macrura* (72,7%), *Fritillaria* sp (63,6%), *Sapphirina* spp. (54,4%) y *Calanus propinquus* (18,2%) (Tablas 3 y 4).

Distribución temporal de las especies dominantes

En general, en todos los muestreos se colectó al menos una especie dominante y en la mayoría, la cantidad de especies dominantes fue baja, variando entre 3 y 5. Solamente en el muestreo efectuado el 22 de diciembre se colectaron seis especies. Las menores cantidades (entre 1 y 2 especies) se registraron en las primeras dos semanas de diciembre y primera semana de enero (Fig. 9).

Al analizar la distribución semanal de los taxa dominantes, se observó que la cantidad de copépodos colectados en enero fue mucho mayor que en diciembre (Fig. 10). Los valores mínimos se obtuvieron el 5 de diciembre y gradualmente se fueron incrementando hasta alcanzar máximos el 11 de enero (Fig. 10). Si bien en enero la abundancia de copépodos aumentó considerablemente respecto a diciembre, con valores superiores a $700 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ en la mayoría de las estaciones, el 10 de enero se registró una disminución de ejemplares. En general, las mayores densidades se determinaron en las estaciones más alejadas de la costa (Estaciones 2 y 3) (Fig. 10).

La distribución temporal de los copepoditos se caracterizó por una marcada diferencia en abundancia entre diciembre ($< 300 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) y enero ($> 400 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) en las tres estaciones analizadas (Fig. 11).

Oithona similis fue la más abundante (33,3%) y frecuente (66,7%). Sin embargo, en diciembre su presencia fue esporádica y su abundancia no superó los $100 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, en

cambio, en enero se colectó en altas densidades superando los 200 ind·100 m⁻³ en las estaciones 2 y 3 (Fig. 12). *O. frigida* fue la especie menos abundante (0,9%) y menos frecuente (12,5%), solo se registró en diciembre y una vez en cada estación, con densidades inferiores a 18 ind·100 m⁻³ (Fig. 13).

Calanoides acutus se colectó durante todo el periodo de estudio, aunque con bajas densidades en diciembre. Los máximos de abundancia se registraron en enero, especialmente durante la segunda semana. (Fig. 14). *Calanus propinquus* presentó las mayores densidades en la segunda y tercera semana de diciembre, principalmente en la estación 1, mientras que en enero estuvo prácticamente ausente y solo se colectaron ejemplares en dos muestreos en la estación 1 (Fig.15).

Durante todo el periodo de estudio la presencia de *Sapphirina* spp. fue esporádica, aunque, en la tercera semana de diciembre estuvo presente en las tres estaciones, con máximos en la estación 1 (98 ind·100m⁻³) (Fig. 16).

Entre los eufáusidos, la única especie colectada fue *Thysanoessa macrura*, representada principalmente por estados larvales (82,9%) y escasos adultos (17,1%). Los estados larvales correspondieron a calyptopis (67,7%) y furcilia (32,3%). Esta especie se colectó durante todo el periodo de muestreo, pero al igual que en copépodos, las mayores densidades se determinaron en enero, con máximos entre el 10 y 15 de enero de 2011 (Fig. 17). En general, las menores densidades se registraron en la estación más cercana de la costa (Estación 1), donde su presencia fue esporádica, mientras que los máximos se obtuvieron en las estaciones 2 y 3 (Fig. 17).

Las apendicularias se capturaron solo entre el 10 y 15 de enero (Fig. 18). Los especímenes colectados correspondieron a *Fritillaria* sp., encontrándose una fuerte variabilidad de abundancia en las diferentes estaciones analizadas. En la estación 1 se capturaron especímenes en una sola ocasión (11 de enero); en la estación 2 se determinó una disminución gradual de individuos desde un máximo de 365 a un mínimo de 110

ind·100 m⁻³; mientras que en la estación 3, se detectó una tendencia inversa, pues las densidades aumentaron de 82 a 189 ind·100 m⁻³ (Fig. 18).

Índice de Shannon-Weaver y de Uniformidad de Pielou

La diversidad específica, calculada mediante el índice de Shannon-Weaver para cada una de las estaciones, presentó valores que fluctuaron entre 2,3 y 2,4 bits, mientras que la máxima diversidad fue de 2,8 bits. En general, los valores de diversidad específica fueron bajos y estuvieron determinados principalmente por la escasa cantidad de especies identificadas (siete especies). Debido a la corta distancia entre las estaciones no se observaron diferencias significativas entre los valores de diversidad determinados para cada estación.

El índice de uniformidad de Pielou mostró que la abundancia total media fue relativamente equitativa para cada una de las especies identificadas. En las estaciones analizadas se determinaron altos valores de uniformidad que fluctuaron entre 0,8 y 0,9, registrándose los máximos en la estación 1 y los mínimos en las estaciones 2 y 3.

Correlación de Pearson

Los resultados del análisis de correlación de Pearson ($P < 0,05$) indicaron que la apendicularia (*Fritillaria* sp.) presentó correlaciones negativas con la densidad (-0,85) y salinidad (-0,73) y positiva con la temperatura (0,88). *Thysanoessa macrura* presentó una correlación negativa con la salinidad (-0,77) y positiva con la temperatura (0,69), *Calanoides acutus* (0,75) y *Fritillaria* sp. (0,83). Finalmente, entre los parámetros oceanográficos, la densidad (sigma-t) presentó una correlación positiva con la salinidad (0,82) y negativa con la temperatura (-0,72).

DISCUSIÓN

Condiciones oceanográficas

Bahía Fildes está rodeada por bases científicas que pertenecen a Argentina, Corea, Uruguay, Rusia, China y Chile. Sin embargo, el conocimiento oceanográfico de esta área es escaso, debido principalmente a que las escasas investigaciones que se realizan en ella, no siempre son publicadas, lo que impide contar con una adecuada caracterización previa de la zona de estudio. No obstante, algunos trabajos realizados por Valencia *et al.* (1993) y Khim & Yoon (2003), han permitido conocer rasgos generales de algunos parámetros ambientales e hidrográficos de la bahía, como también la influencia que ejerce en ella el aporte de las aguas del estrecho Bransfield debido a la mezcla entre las aguas subsuperficiales de ambos cuerpos de agua.

En la mayoría de los muestreos efectuados en diciembre 2010 y enero 2011 los perfiles verticales de temperatura, salinidad y densidad no mostraron gradientes pronunciados en la columna de agua, indicando la existencia de una marcada capa de mezcla, la que se observó en toda la columna de agua muestreada (0-40 m) (Fig. 2). Los fuertes vientos/ventiscas, más el movimiento que producen las corrientes de marea y la circulación al interior de bahía Fildes, podrían ser los principales factores que hacen posible la notoria capa de mezcla. Sin embargo, Valencia *et al.* (1993) y Khim & Yoon, (2003) indican que el agua de la capa superficial de bahía Fildes en verano, está influenciada por agua dulce aportada por el derretimiento de los glaciares que rodean la bahía, con temperaturas de 0-1,04°C y salinidades de 33,85-34,00 psu, mientras que el agua subsuperficial estaría mezclada con aguas más frías (-0,34-0°C) y salinas (34,00-34,53 psu) provenientes del estrecho de Bransfield.

Durante el periodo de estudio, en bahía Fildes se registraron salinidades que fluctuaron entre 33,9 y 34,3 psu, las cuales no mostraron el aporte directo de agua dulce proveniente del derretimiento de los glaciares. No obstante, los aportes de agua dulce

pueden influir directamente sobre el agua de mar próxima a los glaciares. Al respecto, Povozhngy (com. pers.) registró salinidades superficiales $\sim 25,5$ psu en el sector cercano al glaciar Collins al interior de bahía Fildes. En general, la temperatura aumentó considerablemente durante el periodo de estudio, pasando de $0,2$ °C en diciembre a $2,8$ °C en enero. En diciembre el aporte de aguas frías provenientes del derretimiento de los hielos y la mezcla entre agua fría subsuperficial y superficial determinaron las bajas temperaturas registradas en la bahía ($0,2$ - $1,0$ °C), mientras que en enero el incremento de la temperatura fue principalmente debido al aumento de radiación solar durante el verano austral en la región Antártica (MeteoChile, 2012). Sin embargo, en las tres estaciones oceanográficas analizadas, la temperatura no siempre tuvo una tendencia ascendente entre dos muestreos consecutivos.

A pesar que bahía Fildes es un fiordo (Khim & Yoon, 2003), se discute la posibilidad que presente características de estuario, ya que al analizar los registros de temperatura, salinidad y densidad en las estaciones de muestreo, no se observó el comportamiento típico que presenta, en general, el campo de densidad en las aguas de estuarios tipo fiordo del sur de Chile. Los cuales están determinados por las grandes variaciones verticales/horizontales de salinidad en relación a las pequeñas variaciones de temperatura que ocurren en esas zonas. Por el contrario, en bahía Fildes la columna de agua muestreada (0-40 m), no presentó grandes variaciones verticales/horizontales de salinidad, observándose solo fluctuaciones temporales ($\sim 0,4$ psu), mientras que la temperatura aumentó notoriamente ($\sim 2,6$ °C) entre diciembre 2010 y enero 2011. Sin embargo, al superponer los perfiles de densidad y salinidad, estos presentaron curvas similares, registrándose los mínimos/máximos de densidad en las mismas ocasiones en que se observaron los mínimos/máximos de salinidad. Esta similitud en la superposición de los perfiles de densidad y salinidad, indica que la densidad del agua en bahía Fildes estuvo dominada principalmente por la salinidad y que la temperatura no influyó mayormente en este campo. No obstante, el análisis de correlación de Pearson indicó que la densidad del agua estuvo asociada positivamente con la salinidad (0,82), mientras que con la temperatura presentó una correlación negativa (-0,72). Estas asociaciones muestran el comportamiento

lógico de la densidad, ya que, al aumentar la salinidad aumenta también la densidad y al aumentar la temperatura la densidad disminuye, indicando así que la densidad del agua en bahía Fildes estaría determinada simultáneamente por la salinidad y la temperatura. Sin embargo, la correlación de Pearson solo muestra asociaciones estadísticas y no necesariamente el comportamiento real de la densidad en función de la temperatura y salinidad al interior de bahía Fildes.

Debido a la influencia que en bahía Fildes ejercen las aguas del estrecho de Bransfield, es posible esperar que las condiciones oceanográficas e hidrográficas como también la biocenosis de ambas áreas, sean similares.

El estrecho de Bransfield, al contrario de bahía Fildes ha sido objeto de estudios multidisciplinarios, que permiten contar con una mejor caracterización oceanográfica del área para comprender y comparar ambas zonas.

Al respecto, los resultados obtenidos por Sievers (1982), Kelly *et al.* (1985), Rojas (1985) y Kelly & Blanco (1986) coinciden en la distribución superficial (0–25 m) de temperatura, salinidad y densidad al interior del estrecho de Bransfield, pero estos estudios debido a que el muestreo solo es posible realizarlo en verano, no incluyen la variabilidad temporal de estos parámetros, sino más bien, señalan solo su variación espacial. Esto es, un aumento progresivo de la temperatura desde la península Antártica hacia las islas Shetland del Sur, con los menores valores hacia la península Antártica ($-0,5^{\circ}\text{C}$) y mayores en las cercanías de las Islas Shetland del Sur ($1,0\text{-}2,0^{\circ}\text{C}$) y mar de Bellingshausen ($>1,5^{\circ}\text{C}$), con isothermas paralelas al eje del estrecho. En general, se observaron altas salinidades en la zona cercana a la península Antártica y hacia el mar de Weddell ($\sim 34,4$ psu) y bajas hacia el mar de Bellingshausen ($\sim 34,0$ psu), Islas Shetland del Sur ($33,8\text{-}34,1$ psu) y boca del estrecho de Gerlache ($<33,6$ psu). La densidad ($\sigma\text{-t}$) presenta una conformación similar a la salinidad, con los mayores valores, en las cercanías de la península Antártica ($27,6$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) y en el sector del mar de Weddell, y menores valores en la boca del estrecho de Gerlache y mar de Bellingshausen ($<27,0$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Estas características definen al estrecho de Bransfield como un cuerpo de agua parcialmente mezclado donde se encuentran y se mezclan masas de aguas provenientes del mar de Weddell, mar de Bellingshausen y estrecho de Gerlache, En esta área también tiene relevancia el agua fría y salina que se forma en la zona adyacente a la península Antártica (Kelly *et al.*, 1985). Si bien, los valores de temperatura, salinidad y densidad registrados en bahía Fildes, no son totalmente similares a los resultados obtenidos por los autores mencionados anteriormente, se puede esperar que esta diferencia sea debido a la mezcla de estas masas de agua al interior del estrecho de Bransfield.

Composición faunística, abundancia y distribución temporal de zooplancton.

La subsistencia de los ecosistemas zooplanctónicos antárticos y su respectiva distribución biogeográfica en el Océano Austral, está determinada principalmente por un complejo sistema de corrientes, frentes y giros que impone la corriente Circumpolar Antártica alrededor del continente antártico. Pero también por la variedad de adaptaciones energéticas y estrategias reproductivas que desarrollan algunas especies zooplanctónicas, para soportar las extremas condiciones ambientales de esta zona (Hagen, 1999). Esta región se caracteriza por bajas temperaturas, pronunciada variabilidad estacional de la plataforma de hielo y limitados regímenes de luz en relación a la producción primaria.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante este estudio y en comparación con algunos trabajos realizados previamente por otros autores en el estrecho de Bransfield, la abundancia promedio de zooplancton (663 a 3.694 ind·100 m⁻³) podría considerarse relativamente baja respecto a años anteriores. Arcos & Bonilla (1989) registraron en el estrecho de Bransfield una menor abundancia de zooplancton, con valores de 1.304 ind·100 m⁻³, valores muy bajos en comparación a los registrados por Mujica & Asencio (1985, 1986) en la misma zona, donde la abundancia fluctuó entre 63 y 10.171 ind·100 m⁻³ en 1985, y entre 52 y 20.258 ind·100 m⁻³ en 1986.

Posteriormente, en el mismo estrecho de Bransfield, Guzmán (1988) y Girón & Carrasco (1991) registraron altas densidades de zooplancton con valores que fluctuaron entre 41 y 95.789 ind·100 m⁻³, y entre 2 y 10.001 ind·100 m⁻³, respectivamente (*vide* Ortega, 1998), mientras que Ortega (1998) encontró máximos de 6.913 ind·100 m⁻³. Por otra parte, Boysen-Ensen & Piatkowski (1988) registraron en el mar de Weddell densidades similares a las observadas en bahía Fildes, que fluctuaron entre 900 y 3.100 ind·100 m⁻³.

Las estrategias en los ciclos de vida de copépodos herbívoros y eufáusidos, hacen que constituyan la mayor fracción de la biomasa de zooplancton de la región polar. En bahía Fildes esto no fue la excepción, siendo los organismos más abundantes y frecuentes del zooplancton (Fig. 3). Las estrategias de estos organismos incluyen amplias migraciones estacionales verticales, periodos de latencia y acumulación de reservas de energía, que les permiten aprovechar completamente los cortos periodos de productividad que presenta el reducido verano austral en la región antártica (Hagen, 1999).

Esta es una de las razones principales por la cual algunos autores han registrado la presencia de las mismas especies, en distintas regiones del Océano Austral. Así por ejemplo, los copépodos dominantes en bahía Fildes: *Oithona similis* (33,3%) y *Calanoides acutus* (17,5%), junto a especies ocasionales como *Calanus propinquus* (4,7%) y *O. frigida* (0,9%), son también dominantes en las zonas centro y sur de la Corriente Circumpolar Antártica de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, como también en los mares de Ross y Weddell (Razouls *et al.*, 2000; Chiba *et al.*, 2001; Tsujimoto *et al.*, 2006).

Adicionalmente, en aguas de la península Antártica, Schnack-Schiel & Mujica (1994), señalan la dominancia de copépodos Cyclopoides (*Oithona* spp. y *Oncaea* spp), que en esa ocasión representaron entre un 40 y 80% de la abundancia total, mientras que los grandes copépodos Calanoides, como *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, *Rhincalanus gigas* y *Metridia gerlachei* constituyeron entre el 50 y 90 % de la biomasa total.

Los copépodos tienen una alta diversidad específica, que explica en parte la alta dominancia (75-85%) que poseen en todos los océanos del mundo (Raymont, 1983; Mujica & Asencio, 1985; Bradford-Grieve *et al.*, 1999). En aguas antárticas se estima que habitan 346 especies y de éstas, 57 son endémicas (Razouls *et al.*, 2000). En el Mar de Weddell 70 especies se han registrado sobre los 1.000 m de profundidad, mientras que en el estrecho de Bransfield, aproximadamente 30 especies se han identificado en los primeros 200 m de profundidad (Schnack-Shiel & Mujica, 1994).

Después de los copépodos, los organismos más abundantes en bahía Fildes fueron los eufáusidos (8,7%). Este grupo zooplanctónico constituye una de las agregaciones más grandes e importantes dentro del ecosistema antártico, y en algunos ambientes oceánicos exceden en número y biomasa a los copépodos. Son importantes intermediarios en la transferencia energética de los niveles primarios de la trama trófica marina y en zonas mesopelágicas de altas latitudes son los principales productores secundarios (Mujica & Pavez, 2008).

En el Océano Austral se han identificado siete especies de eufáusidos (Castañeda, 1998). Sin embargo, en bahía Fildes este grupo estuvo representado solamente por *Thysanoessa macrura*, siendo una de las especies más abundantes (8,7%) y frecuentes (70,8%). Los resultados del análisis de correlación de Pearson indicaron que la abundancia de *T. macrura* estuvo asociada al incremento de temperatura y disminución de salinidad y densidad. Esta especie es considerada como uno de los eufáusidos de más amplia distribución en aguas antárticas, y frecuentemente excede en número a las poblaciones de *Euphausia superba* (Schnack-Schiel & Mujica, 1994).

Los eufáusidos generalmente han sido registrados en aguas antárticas, sin embargo se han observado grandes variaciones interanuales en su abundancia (Mujica & Asencio, 1985). En el estrecho de Bransfield, Mujica & Torres (1982) registraron una alta dominancia de eufáusidos, que constituyeron más del 85% de los especímenes capturados. Por el contrario, Mujica & Asencio (1985) clasificaron como accesoria la abundancia de

eufáusidos (4,2%), no así su frecuencia de ocurrencia (97,9 %), siendo *T. macrura* la especie dominante (60%). Al año siguiente, Mujica & Asencio (1986) registraron abundancias relativamente mayores (7,9%), siendo nuevamente considerado como un grupo dominante en el estrecho de Bransfield.

Si bien, durante el periodo de estudio en bahía Fildes, la composición faunística de zooplancton estuvo constituida principalmente por copépodos (76,6%), eufáusidos (8,7%) y apendicularias (6,1%), es importante destacar que entre los copépodos, los estados tempranos de desarrollo copepoditos (67,1%) constituyeron una fracción importante de la abundancia, al igual que en los eufáusidos, donde la mayoría de los especímenes colectados correspondieron a estados larvales de calytopis (56,1%) y furcilia (26,8%).

Las densas agregaciones que conforman los estadios tempranos de desarrollo de algunas especies son componentes clave en la red trófica planctónica del Océano Austral (Dubischar *et al.*, 2002). Estas agregaciones coinciden espacial y temporalmente con la proliferación primaveral de fitoplancton. En el estrecho Bransfield a medida que avanza el veranos austral las larvas se distribuyen ampliamente a través de este, siendo transportadas por la circulación propia del estrecho (Nordhausen, 1992).

Es así también como en otras regiones del Océano Austral altas densidades de estadios tempranos de copépodos y larvas de eufáusidos, también han sido frecuentemente registradas, como en el Frente Polar, Atlántico sur, Mar de Escocia, Mar de Weddell y Paso Drake (Nordhausen, 1992; Dubischar *et al.*, 2002; Schnack-Schiel *et al.*, 2008).

El tercer grupo dominante en bahía Fildes, correspondió a las apendicularias (6,1%), donde *Fritillaria* sp. fue la especie predominante. El análisis de correlación de Pearson indicó que la abundancia de esta especie, al igual que *T. macrura*, estuvo asociada al aumento de temperatura y disminución de salinidad y densidad, lo cual fue consistente con el corto periodo en que aparecieron las apendicularias durante enero de 2011 (10 al 15 de enero), periodo en el cual la temperatura aumentó en más de 1°C y la salinidad disminuyó

levemente respecto a diciembre (33,8 psu v/s 34,0 psu). Estos organismos se encuentran en todos los océanos (Raymont, 1983; Esnal, 1999; Aravena & Palma, 2002). No obstante, en el estrecho de Bransfield y en el lado este del Océano Austral (140°E), su presencia fue considerada poco usual (Mujica & Asencio, 1986; Tsujimoto *et al.*, 2006).

En aguas antárticas, las apendicularias son muy abundantes, donde juegan un papel clave en la red trófica, debido a su impacto potencialmente alto en el pastoreo sobre nano y picoplancton autótrofo y heterótrofo (Hosie, 2004). Además, son una de las principales presas de quetognatos (Oresland, 1990). Sin embargo, la identificación específica de estos organismos, parece ser un problema para la mayoría de los investigadores. De hecho, la mayoría de los estudios realizados en aguas antárticas solo las describen a nivel de grupo y/o género (Mathew, 1986; Mathew & Vincent, 1986; Oresland, 1990; Hosie, 2004; Tsujimoto *et al.*, 2006).

Finalmente, es importante destacar que las agregaciones de *Salpa thompsoni* que permanecieron aproximadamente durante dos días varadas sobre el borde costero de bahía Fildes, sugieren una gran abundancia de esta especie en la columna de agua. Sin embargo, en ninguno de los muestreos se capturaron en las redes de plancton. Este comportamiento de *S. thompsoni* ha ocurrido en años anteriores en bahía Fildes (Povozhngy com. pers.), quien señala que a pesar de la ausencia de salpas en las redes de plancton, es frecuente la aparición de varazones en la playa durante el periodo estival.

Los estudios realizados en el estrecho de Bransfield y áreas adyacentes indican que *Salpa thompsoni* es la especie dominante de salpas (Mujica & Asencio, 1985; Ortega, 1998). Debido a la alta capacidad y eficiencia filtradora de estos organismos, se ha señalado que su presencia sería un factor limitante en la disponibilidad de alimento para los herbívoros menos eficientes, afectando la composición y estructura de las comunidades planctónicas. Es probable que como resultado de las densas agregaciones de salpas registradas durante el verano en aguas antárticas, se haya determinado una menor

diversidad de organismos en relación a años anteriores (Mujica & Asencio, 1985; Pagés *et al.*, 1994; Ortega, 1998; Pagés, 1997).

Por otra parte, los valores de diversidad, estimados en bahía Fildes fueron muy bajos (2,3-2,4) debido principalmente a la dominancia específica determinada en cada uno de los taxa analizados. Además la proximidad de las estaciones de muestreo, no permitió visualizar variaciones importantes en la diversidad al interior de bahía Fildes. Todo lo cual se vio corroborado por los altos valores de uniformidad (0,8-0,9) estimados en las tres estaciones de muestreo.

Sin duda, los resultados indican la necesidad de efectuar estudios zooplanctónicos con mayor periodicidad y que permitan cubrir una mayor extensión del verano austral en bahía Fildes, para comprender mejor la evolución y dinámica de las poblaciones zooplanctónicas en esta alejada zona geográfica.

CONCLUSIONES

- Se determinó un total de 12 taxa zooplanctónicos, de los cuales copépodos, eufáusidos y apendicularias fueron los grupos dominantes. En copépodos y eufáusidos se determinó que una fracción importante de su abundancia, correspondió a estados larvales de desarrollo.
- Se identificaron siete especies dominantes correspondientes a cinco copépodos (*Oithona similis*, *Calanoides acutus*, *Sapphirina* spp., *Calanus propinquus* y *Oithona frigida*), un eufáusido (*Thysanoessa macrura*) y una apendicularia (*Fritillaria* sp.).
- El fuerte incremento en la abundancia de zooplancton observado entre diciembre y enero, estuvo asociado al aumento de temperatura entre ambos meses (0,2-1,0°C y 1,0-2,8°C, respectivamente), indicando que los organismos zooplanctónicos aprovechan rápidamente el periodo de mayor productividad biológica durante el corto verano en el Océano Austral.
- Debido a la proximidad de las estaciones de muestreo y a la dominancia específica determinada en cada uno de los taxa analizados, se estimaron bajos valores de diversidad y altos valores de uniformidad.
- Los resultados obtenidos en este trabajo, no solo muestran la distribución temporal de zooplancton y su relación con las condiciones oceanográficas presentes en bahía Fildes, sino que también reflejan la influencia indirecta que ejercen en la bahía, distintos cuerpos de agua del Océano Austral.

REFERENCIAS

- Arcos, F. & M. Bonilla. 1989. Composición y distribución de La abundancia relativa de zooplancton em El estrecho Bransfield (Antártica) durante El verano austral de 1987-1988. Acta Antártica Ecuatoriana, PROANTEC, Ecuador, 1 (1).
- Antezana, T., N. Aguirre & R. Bustamante. 1976. Clave ilustrada y distribución latitudinal de los eufáusidos del Océano Antártico (Crustacea, Zooplancton). Ser. Cient. INACH, 4(1): 53-68.
- Aravena, G. & S. Palma. 2002. Identificación taxonómica de las apendicularias capturadas en aguas epipelágicas de la zona norte de Chile (Tunicata, Appendicularia). Rev. Chil. Hist. Nat., 75(2): 307-325.
- Barcena, M., J. Sesma, E. Isla & A. Palanques. 2005. Respuesta del registro sedimentario a la ciclicidad solar en el estrecho de Gerlache (Península Antártica). Geogaceta. 38: 179-182.
- Boysen-Ensen, E & U, Piatkowski. 1988. Meso- and macrozooplankton communities in the Weddell Sea, Antarctica. Polar Biol., 9: 17-35.
- Bradford-Grieve, J. M., E. L. Markhaseva, C. E. Rocha & B. Abiahy. In South Atlantic Zooplankton edit. D. Boltovskoy, 1999. Backhuys Publishers, Leiden, Vol. 2, pp. 869-1098.
- Cabrera, S., V. Montecino & M. Graf. 1987. Productividad primaria en muestras integradas de fitoplancton del estrecho Bransfield. Ser. Cient. INACH, 36: 73-92.
- Castañeda, P. 1998. Distribución, abundancia y estructura poblacional de los eufáusidos en el estrecho Bransfield (Antártida), durante el verano austral 1998. Acta Antártica Ecuatoriana, PROANTEC, Ecuador, 4 (1).
- Chiba, S., T. Ishimaru., G. Hosie & M. Fukuchi. 2001. Spatio-temporal variability of zooplankton community structure off east Antarctica (90 to 160°E). Mar. Ecol. Prog. Ser., 216: 95-108.
- Dubischar, C.D., R.M. Lopez & U.V. Bathmann. 2002. High summer abundances of small pelagic copepods at the Antarctic Polar Front - implications for ecosystem dynamics. Deep-Sea Research II, 49: 3871-3887.
- El-Sayed, S.Z. 1988. Productivity of the Southern Ocean: a closer look. Comp. Biochem. Physiol. B, Comp. Biochem., 90(3): 489-498.

- Esnal, G. B. In South Atlantic Zooplankton edit. D. Boltovskoy, 1999. Backhuys Publishers, Leiden, Vol. 2, pp. 1375-1399.
- Hagen, W. 1999. Reproductive strategies and energetic adaptations of polar zooplankton. In: Proceedings of the 8th International Congress on Invertebrate Reproduction and Development, Amsterdam, 10-14 August 1998, 36(1-3): 25-34.
- Hosie, G. 2004. Tackling fundamental issues in Southern Ocean plankton ecology-Japan and Australia's collaborative achievements. *Plankton Biol. Ecol.*, 51(2): 57-70.
- Huntley, M., P. Sykes & V. Marin. 1989. Biometry and trophodynamics of *Salpa thompsoni* Foxton (Tunicata: Thaliacea) near the Antarctic Peninsula in austral summer. *Polar Biol.*, 10: 59-70.
- Kelly, R., J. Blanco & M. Díaz. 1985. Hidrografía del Estrecho Bransfield durante el verano austral 1984 (Sibex-Fase I). *Ser. Cient. INACH*, 33: 15-48.
- Kelly, R. & J. Blanco. 1986. Hidrografía del Estrecho Bransfield durante el verano austral 1985 (SIBEX-Fase II). *Ser. Cient. INACH*, 35: 7-30.
- Khim, B. & H. Yoon. 2003. Postglacial marine environmental changes in Maxwell Bay, King George Island, West Antarctica. *Polar Res.*, 22(2): 341-353.
- Marchant, H. & E. Murphy. 1994. Interactions at the base of the Antarctic food web. En: S.Z. El-Sayed (ed.). *Southern Ocean ecology: the BIOMASS perspective*. Cambridge University Press, London, pp. 267-285.
- Mathew, K. J. 1986. Spatial Distribution of Krill (*Euphausia Superba*) and Other Zooplankton off Queen Maud Land, Antarctica. *Scientific Report. Third Indian Expedition to Antarctica Technical Publication. 1: 149-159.*
- Mathew, K. J. & D. Vincent. 1986. Latitudinal Distribution of Zooplankton in the Southern Ocean with Special Reference to Euphausiids. *Scientific Report. Third Indian Expedition to Antarctica. Technical Publication. 3: 161-174.*
- MeteoChile. 2012. Anuario Climatológico 2009 [<http://www.meteochile.cl/Anuario/Anuario-2009.pdf>]. Revisado: 27 de julio de 2012.
- Mujica, A. & V. Asencio. 1985. Larvas de peces, eufáusidos y estructura comunitaria del zooplankton del Estrecho Bransfield (Crucero Sibex-Inach, 1984). *Ser. Cient. INACH*, 33: 159-186.
- Mujica, A. & V. Asencio. 1986. Composición y abundancia relativa del zooplankton antártico en el Estrecho Bransfield (SIBEX-Fase II, Chile). *Ser. Cient. INACH*, 35: 95-104.

- Mujica, A. & V. Asencio. 1990. Composición y estados de desarrollo de Euphausiacea en el estrecho Bransfield (SIBEX-Fase II, Chile). Ser. Cient. INACH, 40: 55-69.
- Mujica, A. & C. Pavez. 2008. Eufáusidos de la zona central de Chile, archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas. Lat. Am. J. Aquat. Res., 36(2): 283-300.
- Mujica, A. & A. Torres. 1982. Análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton antártico. Ser. Cient. INACH, 28: 181-191.
- Nemoto, T., Harrison, G. (1981). High latitude ecosystems. In: Longhurst, A R. (ed) Analysis of marine ecosystems. Academic Press, London, p. 95-126.
- Nishikawa, J., M. Naganobu, T. Ichii, H. Ishii, M. Terazaki & K. Kawaguchi. 1995. Distribution of salps near the South Shetland Island during austral summer, 1990-1991 with special reference to krill distribution. Polar Biol., 15: 31-39.
- Nordhausen, W. 1992. Distribution and growth of larval and adult *Thysanoessa macrura* (Euphausiacea) in the Bransfield Strait Region, Antarctica. Mar. Ecol. Prog. Ser., 83: 185-196.
- Oresland, V. 1990. Feeding and predation impact of the chaetogth *Eukrohnia hamata* in Gerlache Strait, Antarctic Peninsula. Mar. Ecol. Prog. Ser., 63 (201-209).
- Ortega, D. 1998. Distribución y composición del macrozooplancton en bahía Chile y ensenada Guayaquil, Isla Grenenwich-verano austral 1998. Acta Antártica Ecuatoriana, PROANTEC, 4 (1).
- Pagès, F. & F. Kurbjewit. 1994. Vertical distribution and abundance of mesoplanktonic medusa and siphonophores from the Weddell Sea, Antarctica. Polar Biol., 14: 243-251.
- Pagès, F., M. White & P. Rodhouse. 1994. Abundance of gelatinous carnivores in the nekton community of the Antarctic Polar Frontal Zone in summer 1994. Mar. Ecol. Prog. Ser., 142: 139-147.
- Pagès, F. 1997. The gelatinous zooplankton in the pelagic system of the Southern Ocean: a review. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 73(2): 139-158.
- Piatkowski, U. 1989. Macroplankton communities in Antarctic surface waters: spatial changes related to hydrography. Mar. Ecol. Prog. Ser., 55: 251-259.
- Pielou, E. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley Interscience, New York, 286 pp.
- Razouls, S., C. Razouls & F. De Bovée, 2000. Biodiversity and biogeography of Antarctic copepods. Antarctic Sci., 12(3): 343-362.

Raymont, J. 1983. Plankton and productivity in the oceans. II. Zooplankton, Pergamon Press, London, pp. 166-228.

Rojas, R. 1985. Descripción de la estructura térmica del estrecho Bransfield a base de observaciones de XBT (SIBEX -FASE I-CHILE). Ser. Cient. INACH 33: 89-120.

Schnack-Schiel, S. & A. Mujica. 1994. The zooplankton of the Antarctic Peninsula region. En: S.Z. El-Sayed (ed.). Southern Ocean ecology: the BIOMASS perspective. Cambridge University Press, London, pp. 79-92.

Schnack-Schiel, S., J. Michels, E. Mizdalski, M. Schodlok & M. Schröder. 2008. Composition and community structure of zooplankton in the sea ice-covered western Weddell Sea in spring 2004-with emphasis on calanoid copepods. Deep Sea Research II, 55 (1040-1055).

Sievers, H. 1982. Descripción de las condiciones oceanográficas físicas, como apoyo al estudio de la distribución y comportamiento del krill. Ser. Cient. INACH, 28: 87-136.

Smith, S. & S. Schnack-Schiel. 1990. Polar Zooplankton. En: W.O. Smith Jr. (ed.). Polar oceanography. Part B: Chemistry, biology and geology. Academic Press, London, pp. 527-598.

Tsujimoto, M., K. Takahashi, T. Hirawake & M. Fukuchi. 2006. Unusual abundance of appendicularians in the seasonal ice zone (140°E) of the Southern Ocean. Polar Biosci., 19: 133-141.

Uribe, E. 1982. Influencia del fitoplancton y producción primaria de las aguas antárticas en relación con la distribución y comportamiento del krill. Ser. Cient. INACH, 28: 163-180.

Valencia, M., A. Rodríguez de Morán & M. Vega. 1993. Características hidroquímicas de las Bahías Chile, Almirantazgo y Fildes. Acta Antártica Ecuatoriana, 3 (1).

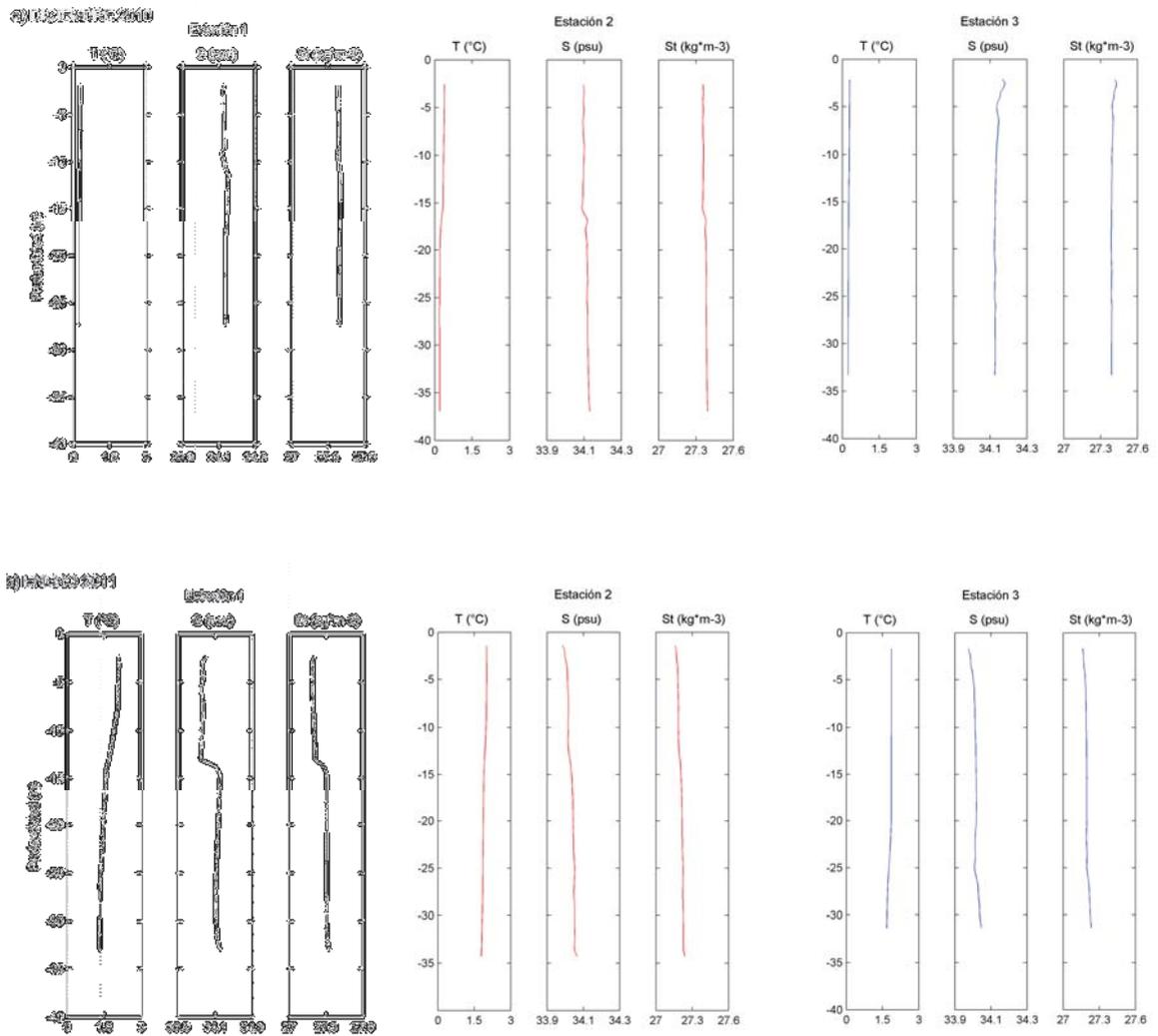


Figura 2. Perfiles verticales de (T) temperatura (°C), (S) salinidad (psu) y (St) sigma-t (kg·m⁻³), obtenidos en las tres estaciones oceanográficas en a) diciembre de 2010 y b) enero de 2011.

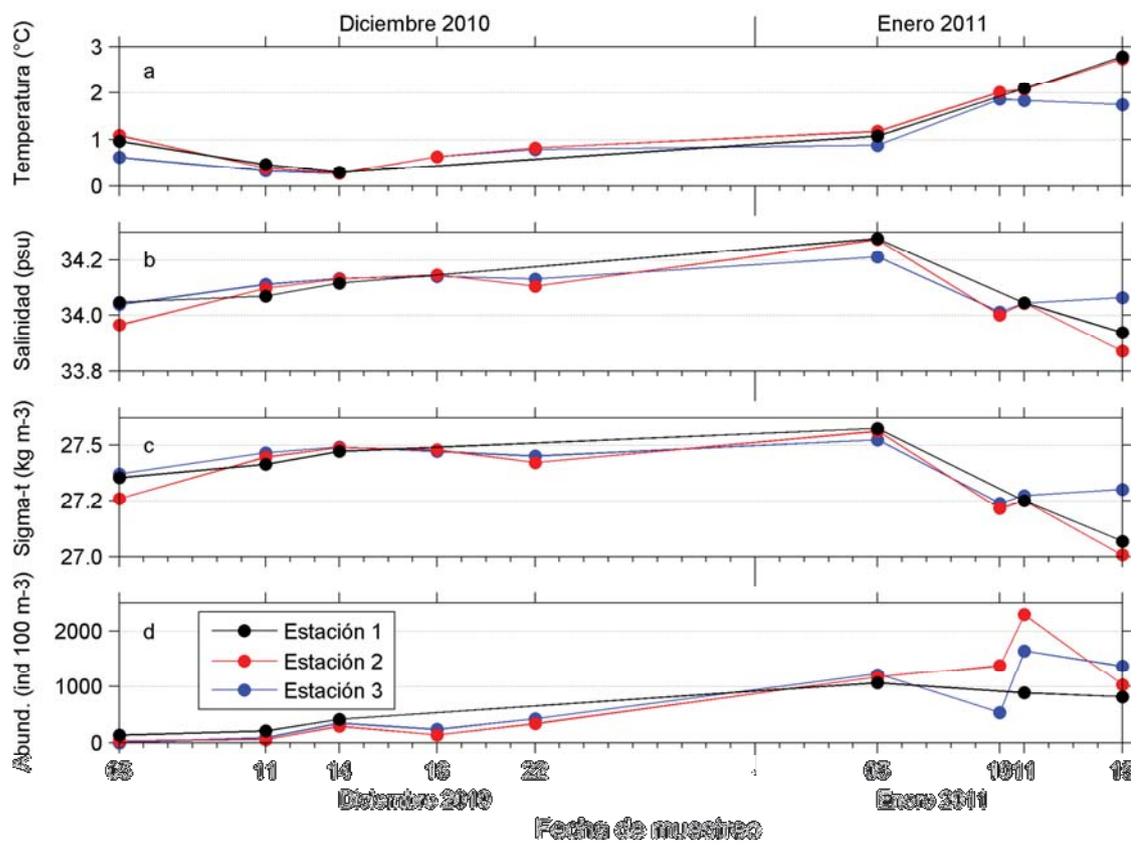


Figura 3. a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad (psu), c) Sigma-t ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) y d) Abundancia de zooplancton ($\text{ind}\cdot 100\text{ m}^{-3}$), durante el periodo de estudio en bahía Fildes.

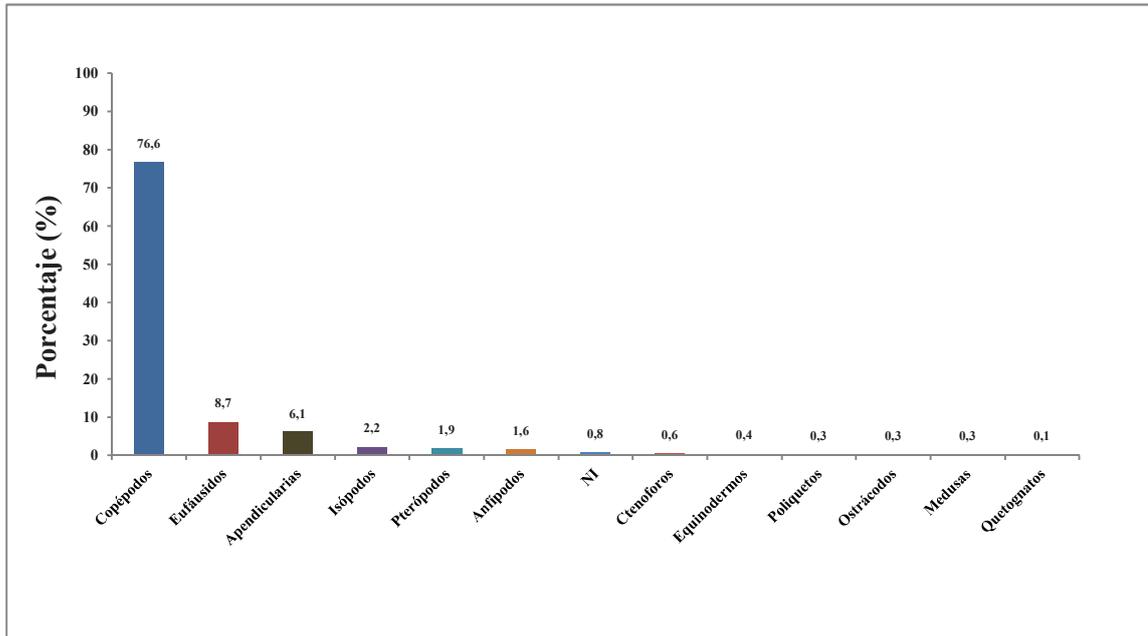


Figura 4. Dominancia de los principales taxa de zooplancton colectado en las diferentes estaciones de muestreo en diciembre de 2010 y enero de 2011 en bahía Fildes. NI: organismos no identificados.

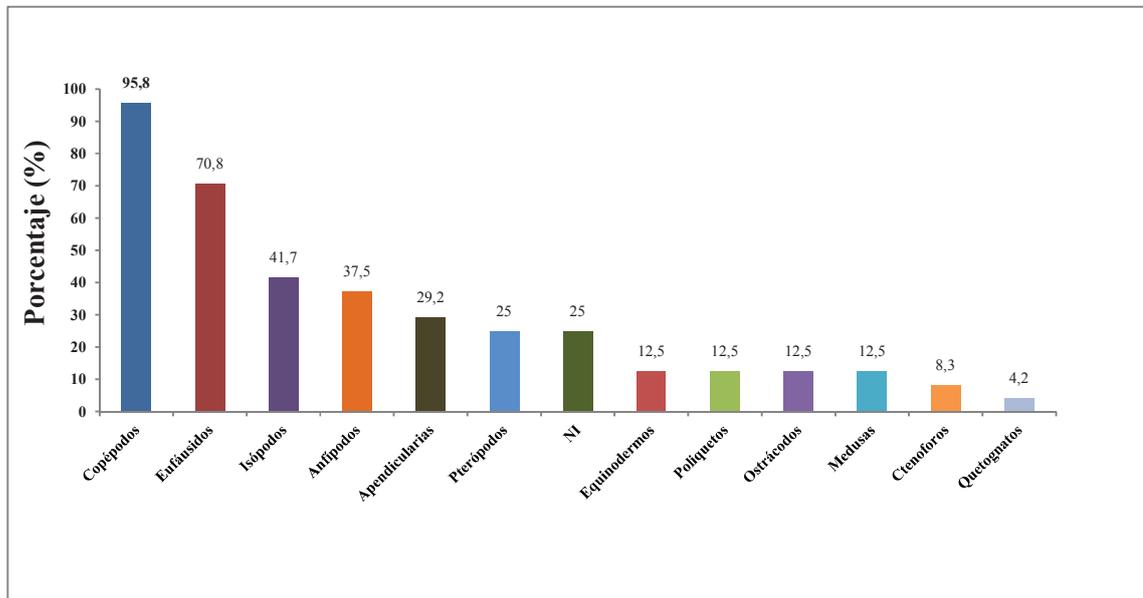


Figura 5. Frecuencia de ocurrencia de los principales taxa de zooplancton colectados en las diferentes estaciones de muestreo en diciembre de 2010 y enero de 2011 en bahía Fildes. NI: organismos no identificados



Figura 6. Especies pertenecientes a los taxa dominantes. (C): Calyptopis, (F): Furcilia.

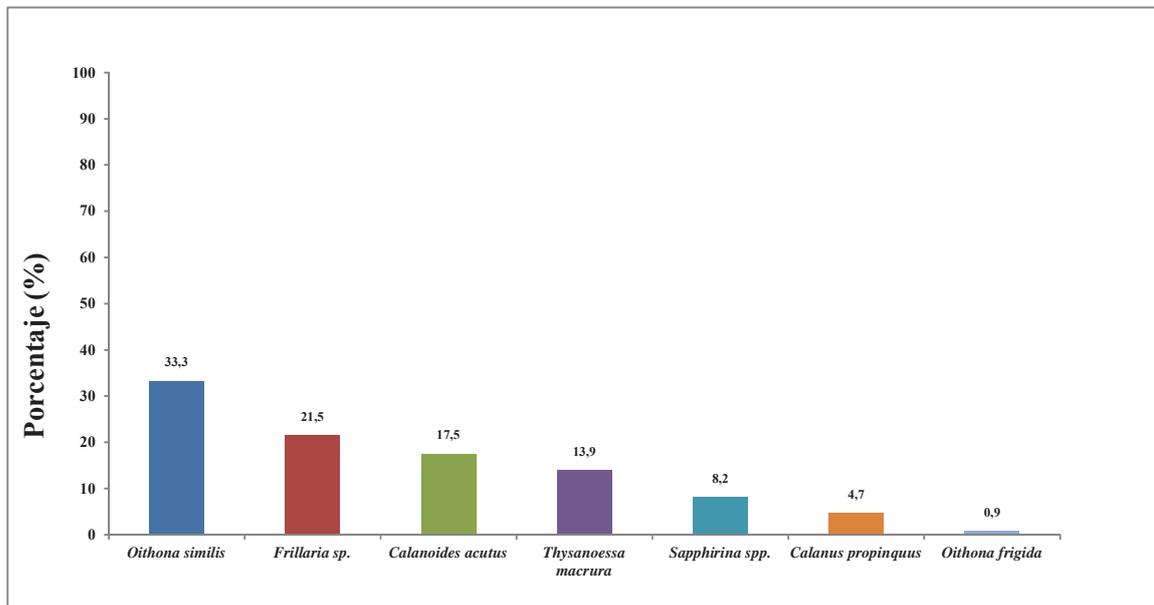


Figura 7. Dominancia de las especies pertenecientes a los taxa más abundantes colectados en las diferentes estaciones durante el periodo de muestreo.

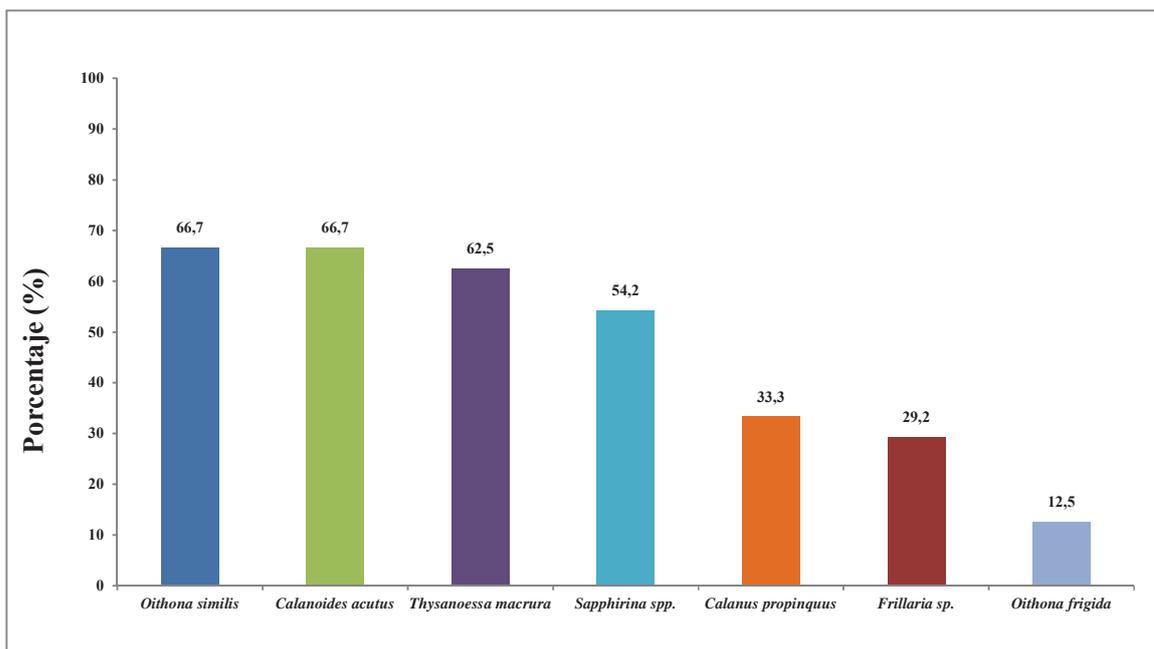


Figura 8. Frecuencia de ocurrencia de las especies pertenecientes a los taxa más abundantes colectados en las diferentes estaciones durante el periodo de muestreo.

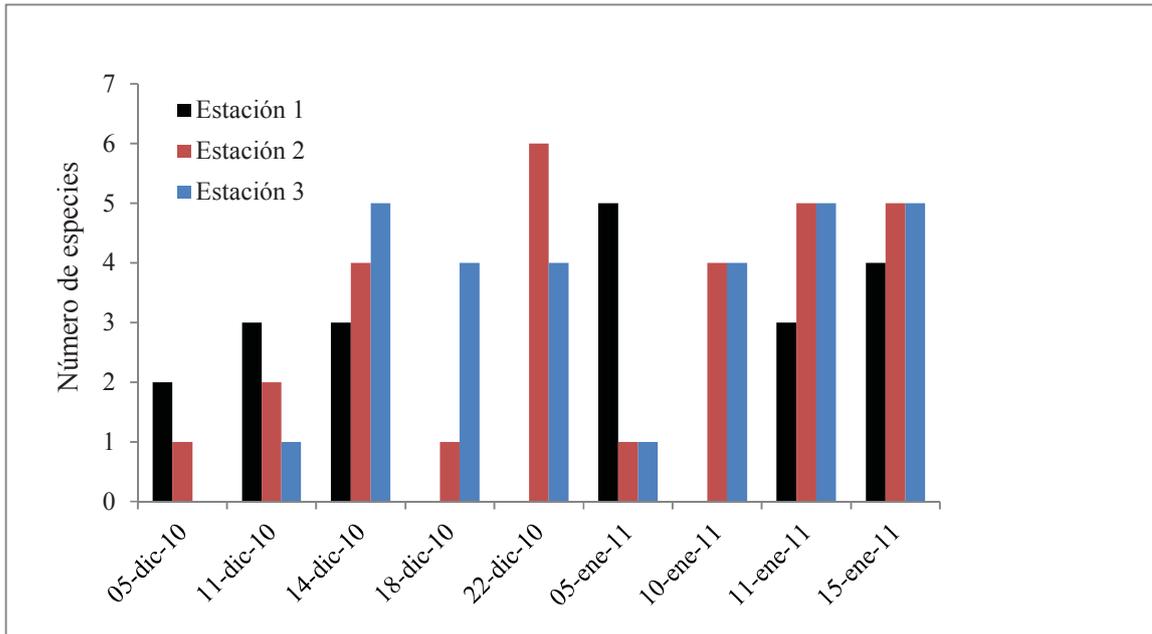


Figura 9. Distribución temporal de las especies dominantes durante el periodo de estudio.

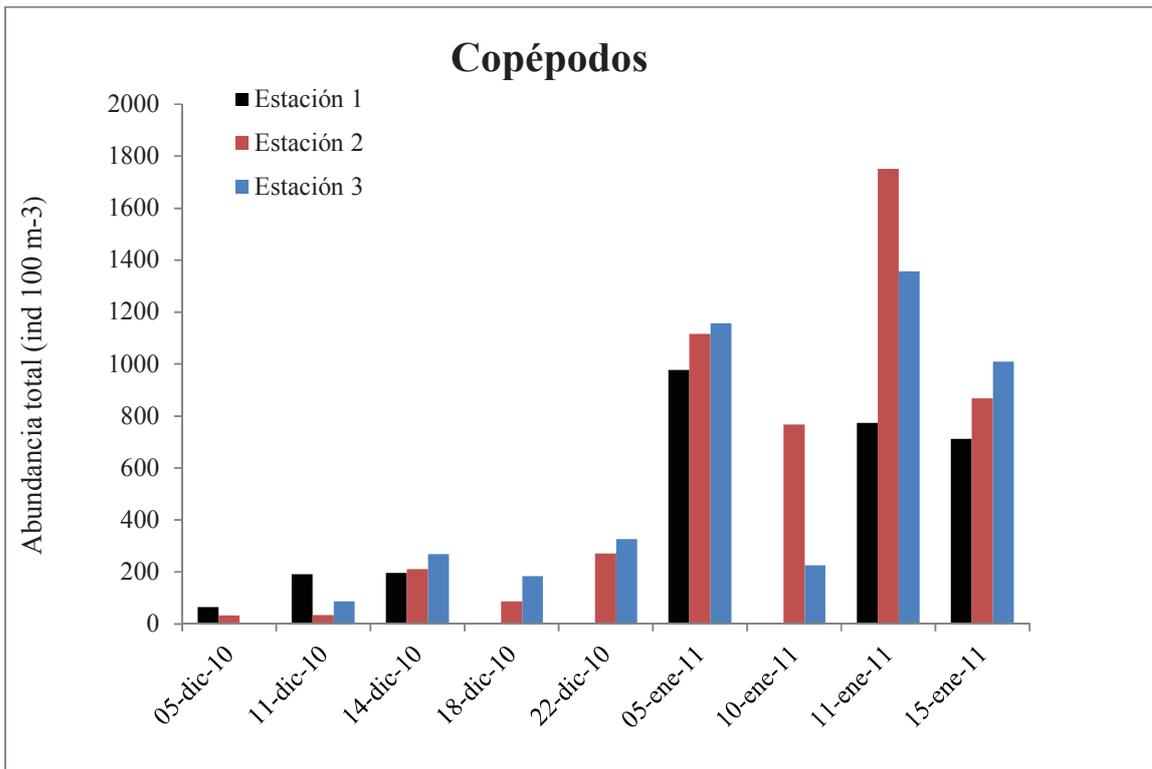


Figura 10. Distribución temporal de copéodos.

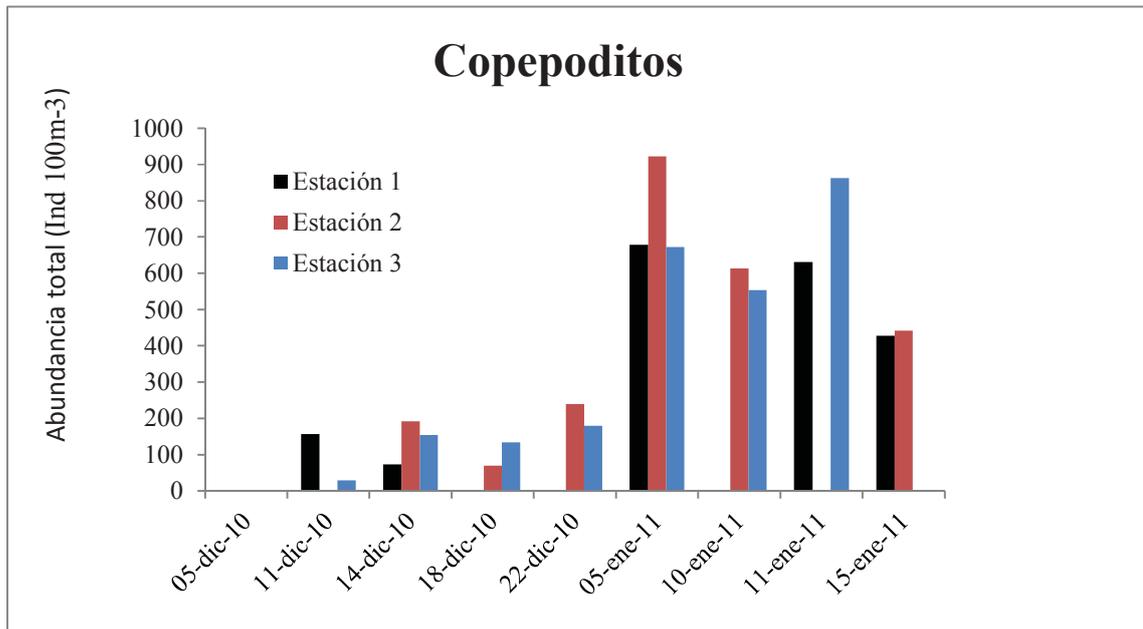


Figura 11. Distribución temporal de copepoditos

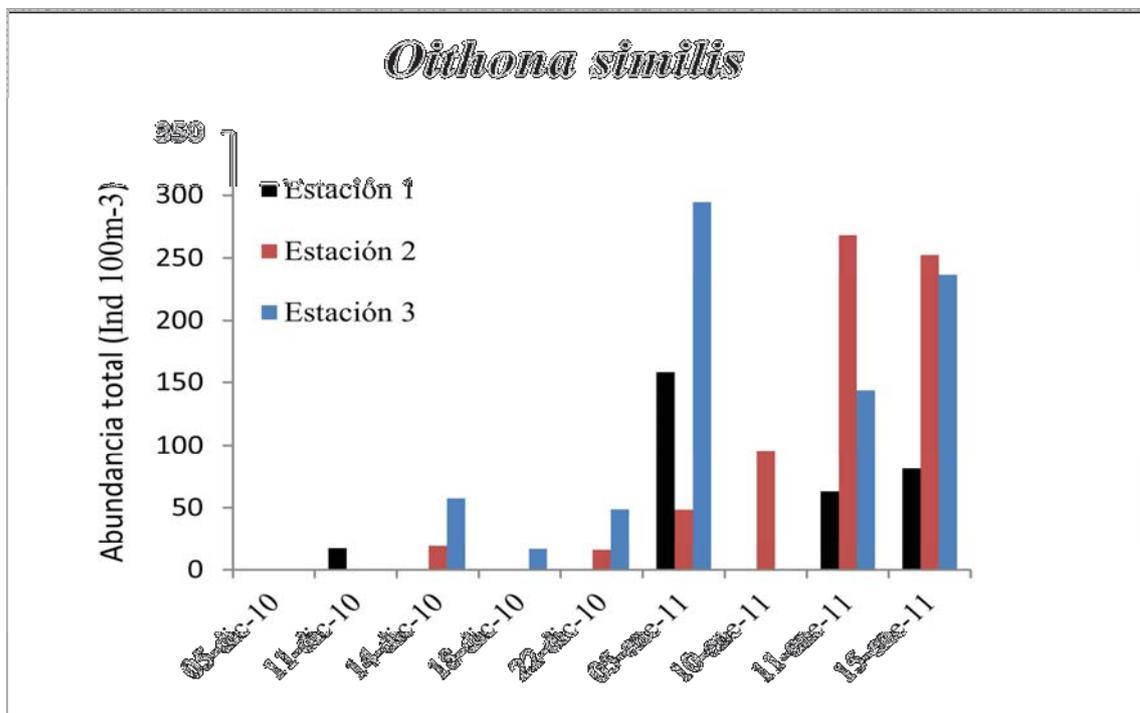


Figura 12. Distribución temporal de *Oithona similis*

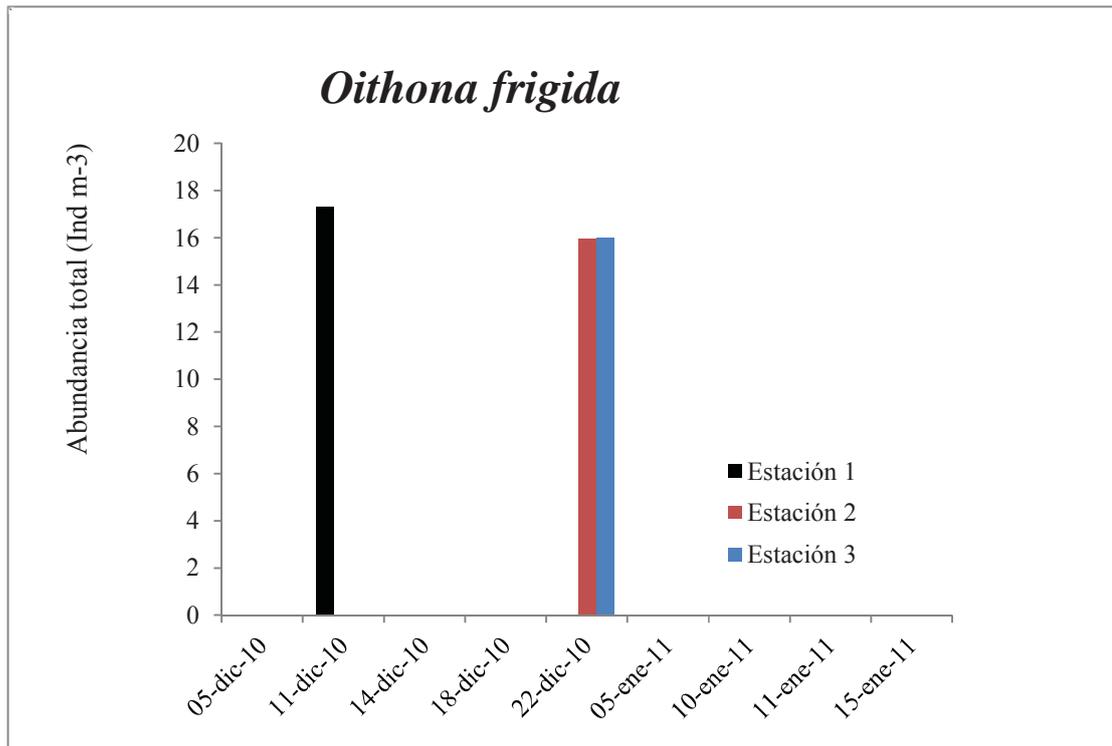


Figura 13. Distribución temporal de *Oithona frigida*.

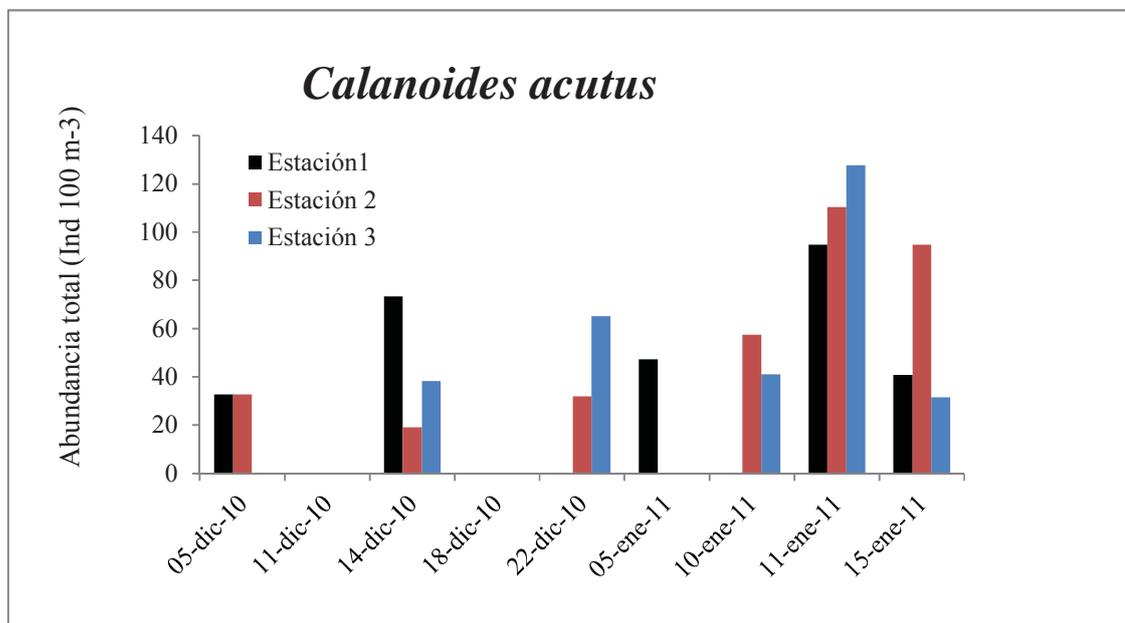


Figura 14. Distribución temporal de *Calanoides acutus*.

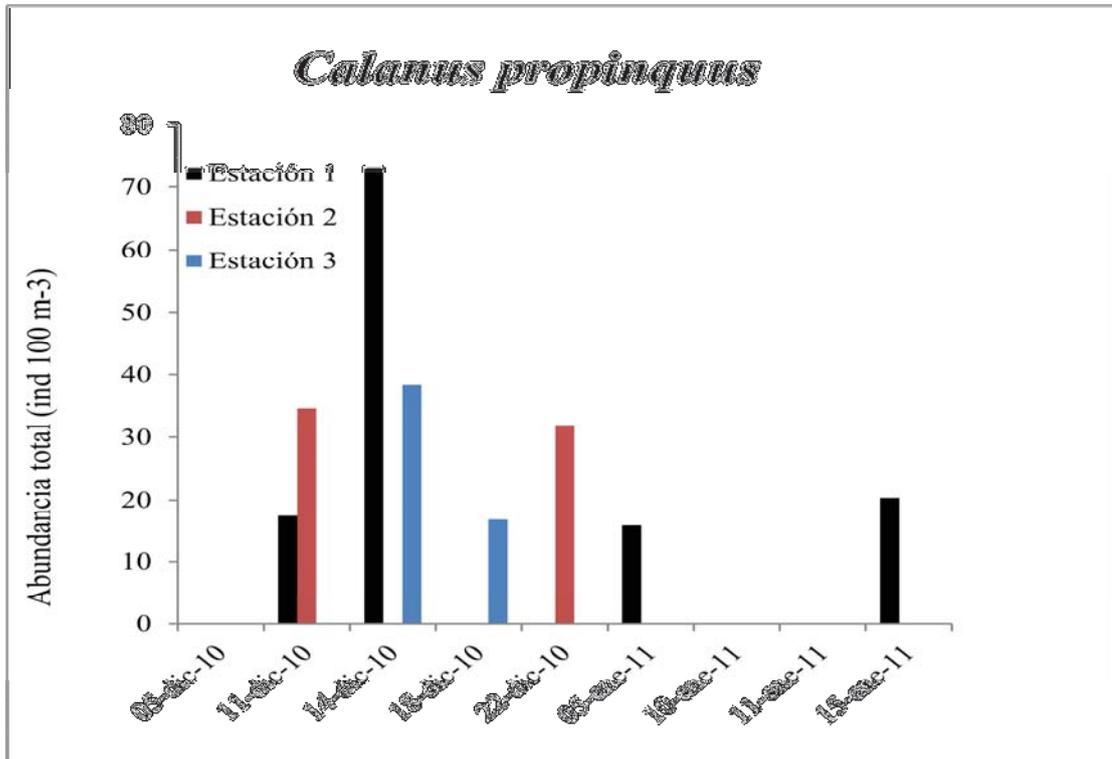


Figura 15. Distribución temporal de *Calanus propinquus*.

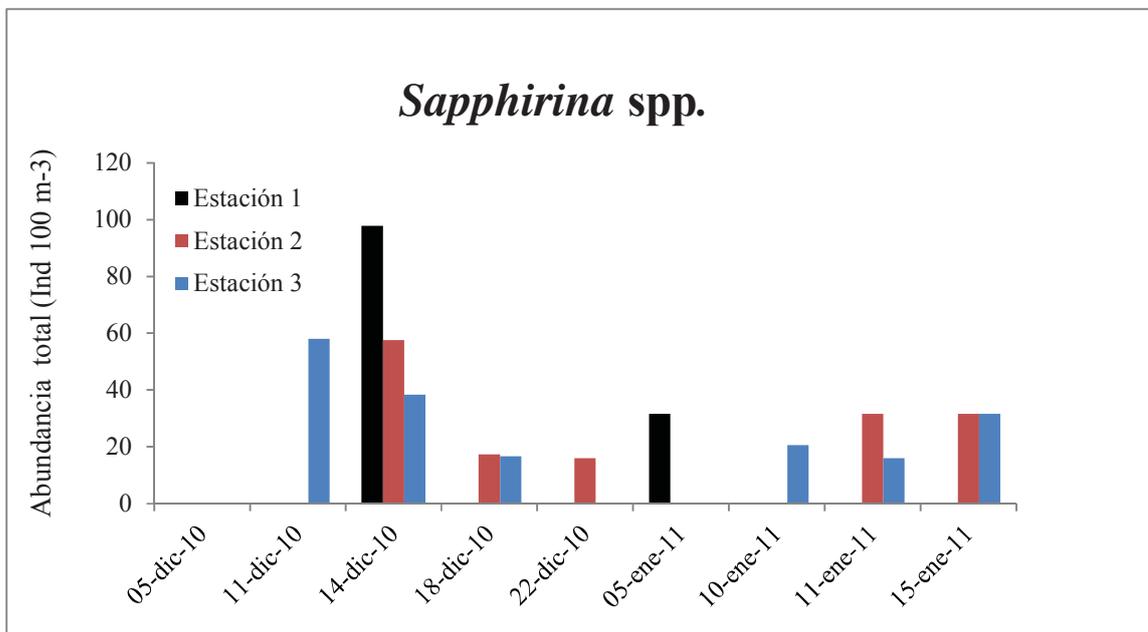


Figura 16. Distribución temporal de *Sapphirina* spp.

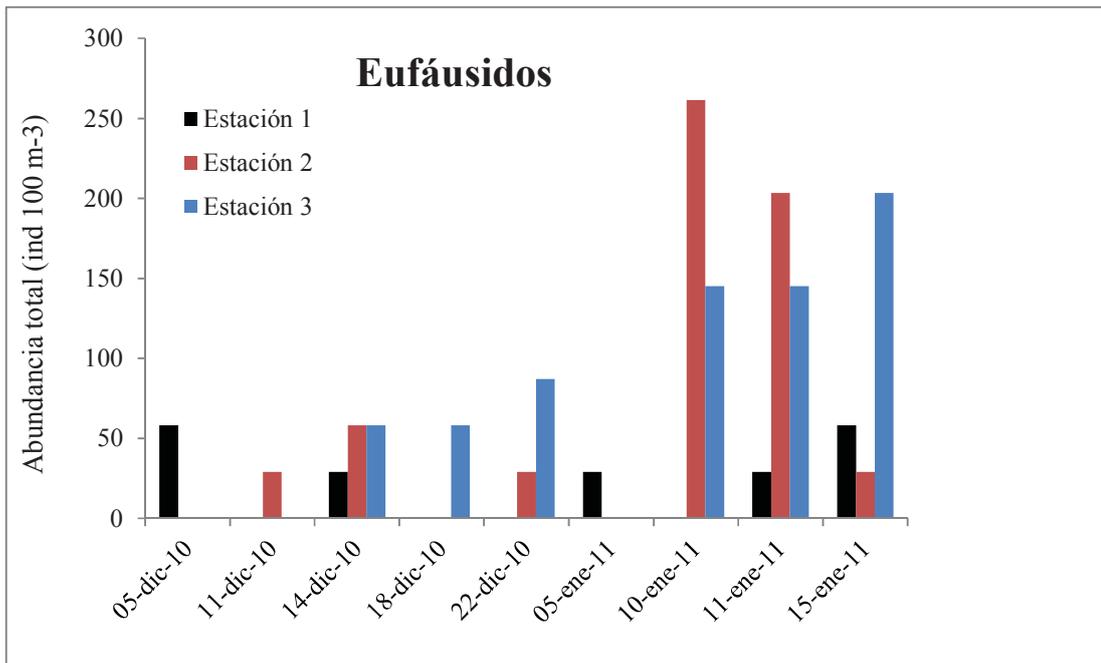


Figura 17. Distribución temporal de eufáusidos

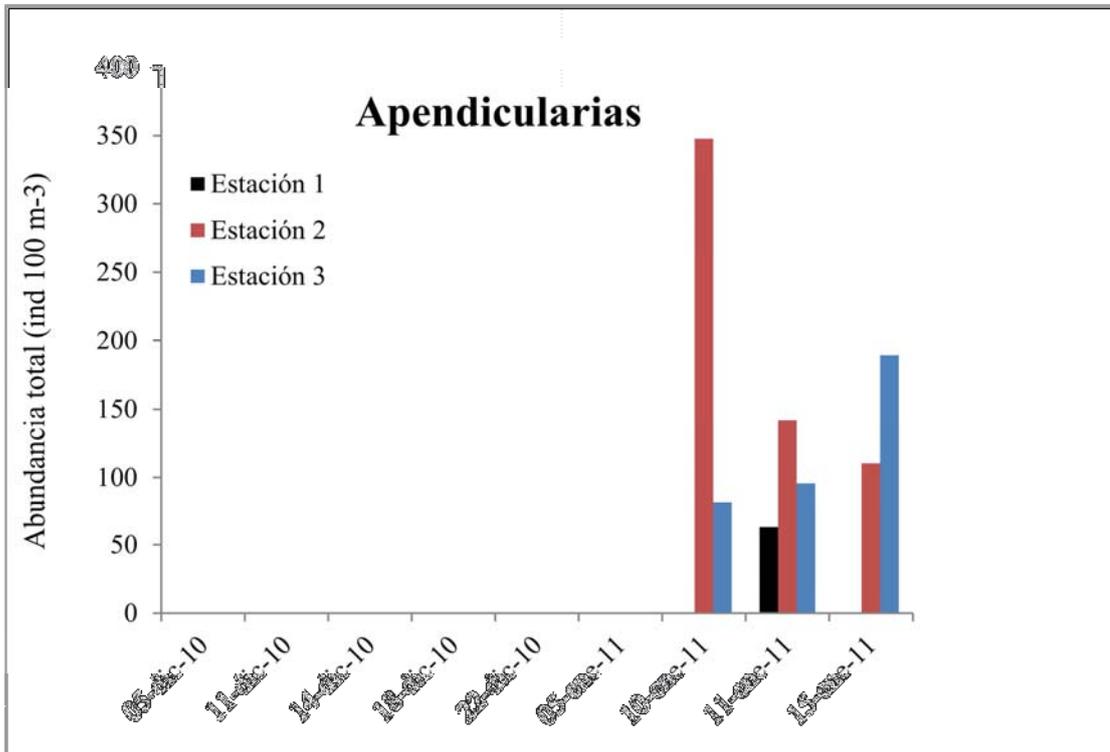


Figura 18. Distribución temporal de apendicularias.

Tabla 1. Abundancia media (ind·100 m⁻³), dominancia (%) y frecuencia (%) de zooplancton colectado en las diferentes estaciones de muestreo en bahía Fildes, durante diciembre de 2010. NI: organismos no identificados.

Estaciones	DICIEMBRE 2010					
	E1 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E2 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E3 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Total Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Dominancia (%)	Frecuencia (%)
Copépodos	151	127	173	451	68,0	92,3
Eufáusidos	29	23	41	93	14,0	61,5
Ctenóforos	24	3	0	28	4,2	15,4
Medusas	0	4	3	7	1,1	15,4
Quetognatos	0	0	0	0	0,0	0,0
Equinodermos	0	10	0	10	1,4	7,7
Ostrácodos	0	0	7	7	1,1	15,4
Apendicularias	0	0	0	0	0,0	0,0
Pterópodos	0	0	4	4	0,6	7,7
Isópodos	33	7	0	40	6,0	23,1
Anfípodos	6	0	7	12	1,9	15,4
Poliquetos	0	0	0	0	0,0	0,0
NI	8	3	0	12	1,8	15,4
Total	251	178	234	663	100,0	

Tabla 2. Abundancia media (ind·100 m⁻³), dominancia (%) y frecuencia (%) de zooplancton colectado en las diferentes estaciones de muestreo en bahía Fildes, durante enero de 2011. NI: organismos no identificados.

Estaciones	ENERO 2011					
	E1 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E2 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E3 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Total Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Dominancia (%)	Frecuencia (%)
Copépodos	821	1126	937	2885	78,1	100,0
Eufáusidos	39	123	123	286	7,7	81,8
Ctenóforos	0	0	0	0	0,0	0,0
Medusas	0	0	5	5	0,1	9,1
Quetognatos	0	0	5	5	0,1	9,1
Equinodermos	0	0	9	9	0,3	18,2
Ostrácodos	0	4	0	4	0,1	9,1
Apendicularias	21	154	92	267	7,2	63,6
Pterópodos	5	49	26	81	2,2	45,5
Isópodos	28	20	9	57	1,5	63,6
Anfípodos	14	13	31	57	1,6	63,6
Poliquetos	0	9	4	13	0,3	27,3
NI	5	16	4	25	0,7	36,4
Total	933	1514	1247	3694	100,0	

Tabla 3. Abundancia (ind·100 m⁻³), dominancia (%) y frecuencia (%) de las especies de los taxa más abundantes de zooplancton colectado en las diferentes estaciones de muestreo en bahía Fildes, durante diciembre de 2010.

	DICIEMBRE 2010					
	E1 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E2 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E3 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Total Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Dominancia (%)	Frecuencia (%)
<i>Oithona similis</i>	6	7	25	37	12,0	46,2
<i>Oithona frigida</i>	6	3	3	12	3,9	23,1
<i>Calanoides acutus</i>	35	17	21	73	23,4	53,8
<i>Calanus propinquus</i>	30	13	11	55	17,5	46,2
<i>Sapphirina spp.</i>	33	18	23	73	23,6	53,8
<i>Thysanoessa macrura</i>	22	14	24	61	19,5	53,8
<i>Frillaria sp.</i>	0	0	0	0	0,0	0,0
TOTAL	208	173	206	587	100,0	

Tabla 4. Abundancia (ind·100 m⁻³), dominancia (%) y frecuencia (%) de las especies de los taxa más abundantes de zooplancton colectado en las diferentes estaciones de muestreo en bahía Fildes, durante enero de 2011.

	ENERO 2011					
	E1 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E2 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	E3 Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Total Abund. Media (ind·100 m ⁻³)	Dominancia (%)	Frecuencia (%)
<i>Oithona similis</i>	101	166	169	436	39,2	90,9
<i>Oithona frigida</i>	0	0	0	0	0,0	0,0
<i>Calanoides acutus</i>	61	66	50	177	15,9	81,8
<i>Calanus propinquus</i>	12	0	0	12	1,1	18,2
<i>Sapphirina spp.</i>	11	16	17	43	3,9	54,5
<i>Thysanoessa macrura</i>	12	52	73	138	12,4	72,7
<i>Frillaria sp.</i>	21	186	100	307	27,6	63,6
TOTAL	796	981	931	2708	100,0	

Correlación de Pearson

Tabla 5. Análisis de correlación de Pearson entre la abundancia (ind·100 m⁻³) de las especies dominantes y las variables oceanográficas de temperatura, salinidad y densidad.
SIG-T: Sigma-t, **SAL:** Salinidad, **TEMP:** Temperatura, **OS:** *Oithona similis*, **FT:** *Fritillaria sp*, **CA:** *Calanoides acutus*; **SP:** *Sapphirina spp.*, **TM:** *Thysanoessa macrura*.

	SIG-T	SAL	TEMP	OS	CA	SP	FT	TM
SIG-T	1.00	0.82	-0.72	-0.21	-0.37	0.08	-0.85	-0.60
SAL		1.00	-0.60	0.06	-0.45	0.25	-0.73	-0.77
TEMP			1.00	0.58	0.60	-0.17	0.88	0.69
OS				1.00	0.51	0.55	0.57	0.46
CA					1.00	-0.05	0.55	0.75
SP						1.00	0.13	0.16
FT							1.00	0.83
TM								1.00