

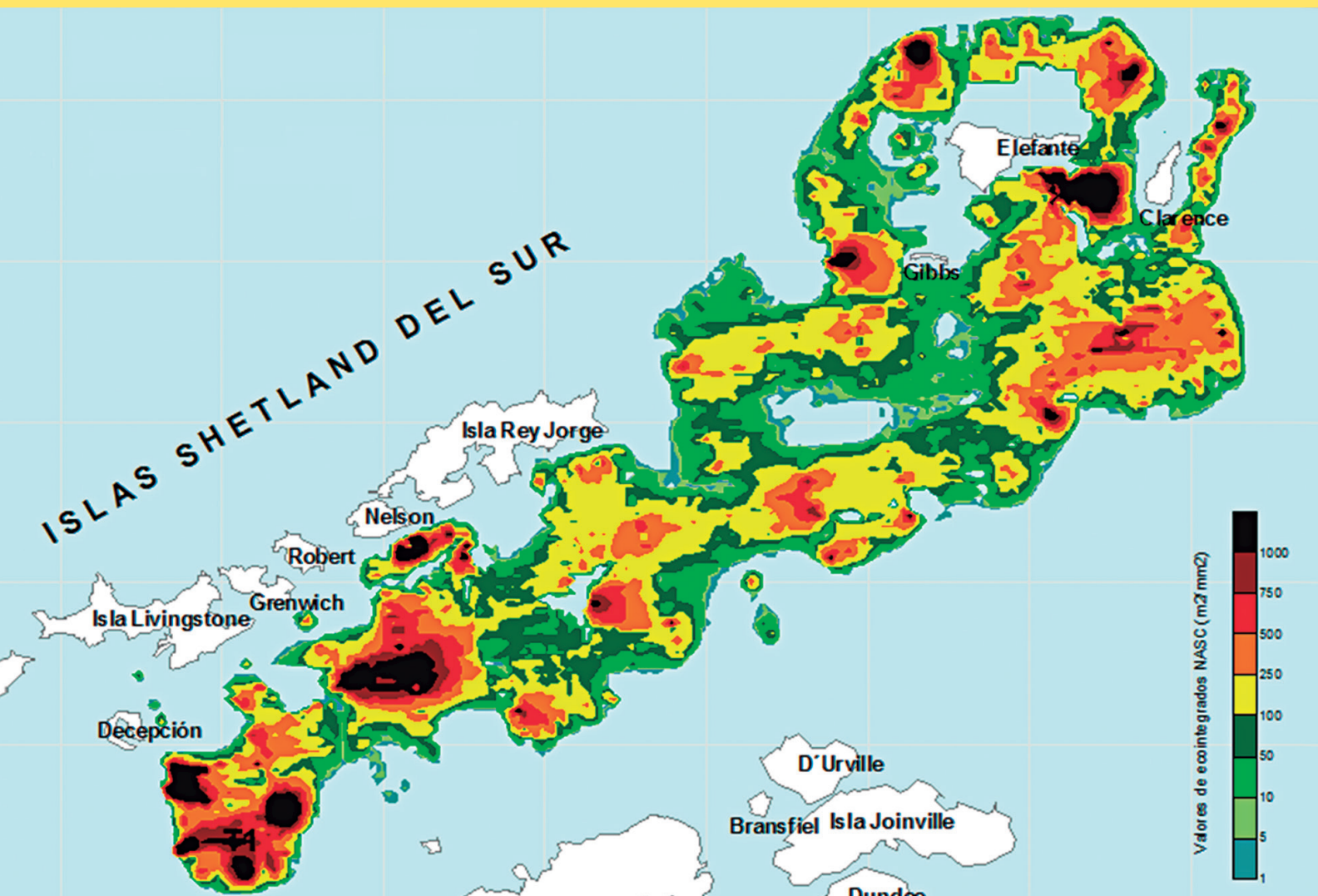


# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 1



Enero - Junio 2016  
Callao, Perú

# DISTRIBUCION, CONCENTRACION Y BIOMASA DE KRILL (*Euphausia superba*) DURANTE EL VERANO AUSTRAL DEL 2007 EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD

## DISTRIBUTION, CONCENTRATION AND BIOMASS KRILL (*Euphausia superba*) IN THE AUSTRAL SUMMER OF 2007 IN THE BRANSFIELD STRAIT

Salvador Peraltilla  
Oswaldo Flores Huamán

Luis Escudero Herrera  
Adolfo Gonzales Salas

### RESUMEN

PERALTILLA S, ESCUDERO L, FLORES O, GONZALES A. 2016. *Distribución, concentración y biomasa de krill (Euphausia superba) durante el verano austral del 2007 en el estrecho de Bransfield*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 80-88.- Se estimó la biomasa de krill en la zona del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante durante el verano austral del 2007. Con la frecuencia de 38 kHz se estimó una biomasa de 2'816,083 toneladas, mientras que con la frecuencia de 120 kHz fue 2'977,414 toneladas, las mayores biomásas se ubicaron en los grados de latitud 61 y 62°S, según grados de longitud 54 y 56°W. De acuerdo al primer experimento efectuado entre las islas Elefante y Clarence, con la finalidad de observar el comportamiento de los enjambres de krill y su relación con las variaciones horarias, se determinó que predominan durante las 03-04 horas y las 15-16 horas, verticalmente se detectaron entre los 50 a 200 m de profundidad. En el segundo experimento que se efectuó en la bahía Almirantazgo con la finalidad de estudiar la dinámica del ecosistema y el desplazamiento de las agregaciones de krill, se encontró que predominan principalmente entre las 10-11 horas con profundidades medias de 70 a 80 m.

PALABRAS CLAVE: Krill, biomasa, variación diurna, variación vertical

### ABSTRACT

Peraltilla S, Escudero L, Flores O, Gonzales A. 2016. *Distribution, concentration and biomass krill (Euphausia superba) in the austral summer of 2007 in the Bransfield Strait*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 80-88.- We estimated the biomass of krill in the area Bransfield Strait and around Elephant Island during the austral summer of 2007, for the frequency of 38 kHz was estimated biomass of 2'816,083 tons, while for the frequency of 120 kHz was 2'977,414 tons, the largest biomass are located in latitude 61 and 62°S and 54, 56°W degrees longitude. According to the first experiment between Elephant and Clarence Islands, in order to observe the behavior of swarms of krill and its relation to the hourly variations, we determined that predominate during the 03-04 hours and 15-16 hours, vertically were detected between 50-200 m depth. In the second experiment was conducted in Admiralty Bay in order to study the dynamics of the ecosystem and the movement of krill aggregations, it was found to predominate mainly between 10-11 hours with average depths of 70-80 m.

KEYWORDS: Krill biomass, diurnal variation, vertical variation

## 1. INTRODUCCIÓN

El Perú, inició sus actividades científicas en la Antártida en 1988, enmarcado en el Programa BIOMASS, a través de sus Operaciones ANTAR. En las tres primeras (ANTAR I, II y III) se efectuaron, estudios hidroacústicos orientados a la evaluación acústica de la distribución y biomasa del krill en el estrecho de Bransfield (península Antártica) y alrededores de la isla Elefante. (GUTIÉRREZ et al. 1997) en los que se encontró variaciones en las estimaciones de biomasa del krill, los valores altos se encontraron en los años 1988 y 1998, con  $17,00 \times 10^6$  y  $19,37 \times 10^6$  toneladas, mientras que estimaciones menores se determinaron en los años 2001 y 2006 con  $3,45 \times 10^6$  y  $0,450 \times 10^6$  toneladas, respectivamente. Estas fluctuaciones en su abundancia se deben a que las áreas de evaluación fueron diferentes en cada prospección; sin embargo, se observó una

característica principal en el estrecho de Bransfield y en los alrededores de la isla Elefante de tener casi siempre una cantidad considerable de krill.

Con el objetivo de continuar con el monitoreo de la abundancia y comportamiento del krill, el IMARPE desarrolló el Proyecto COPEPOD (2005-2010) por lo que se efectuó la segunda etapa del mencionado proyecto, que involucró la estimación de la abundancia del krill con dos experimentos de estudios multidisciplinarios.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero se realizó del 17 al 23 de enero 2007, entre el estrecho de Bransfield y los alrededores de la isla Elefante, efectuando 14 transectos cuyas longitudes fueron entre 40 y 60 mn; la Unidad Básica de Muestreo (UBM) fue 1 mn, en total se rastrearon 1082 UBM. La

plataforma de estudio fue el BIC Humboldt, equipado con la ecosonda científica EK-60 con frecuencias de trabajo de 38 y 120 kHz, el rango de detección fue de 500 m de profundidad, las señales acústicas fueron colectadas y grabadas en formatos digitales; para el post-procesamiento, se utilizó el programa Echoview de Sonar Data a través del Modulo de Variables virtuales que permite aplicar algoritmos matemáticos para la separación de las agregaciones de krill del total de la integración. Se utilizó un programa de interpolación para la generación de cartas de distribución y el programa estadístico S-plus para el análisis estadístico de los enjambres de krill.

Se efectuaron 13 lances de comprobación de los ecotrazos durante 20 minutos cada uno, utilizando una red de arrastre pelágica tipo Engel 500/250 (Fig. 1).

Las calibraciones acústicas de las frecuencias de 38 y 120 kHz del ecosonda científica EK-60 SIMRAD se realizaron el 16 de enero en la bahía Almirantazgo a 30 m de profundidad (Tabla 1, Fig. 2). Las detecciones acústicas para cada frecuencia (120 y 38 kHz), se efectuaron en promedio 200 muestreos por cada esfera, con el concepto de cubrir el campo total del haz acústico.

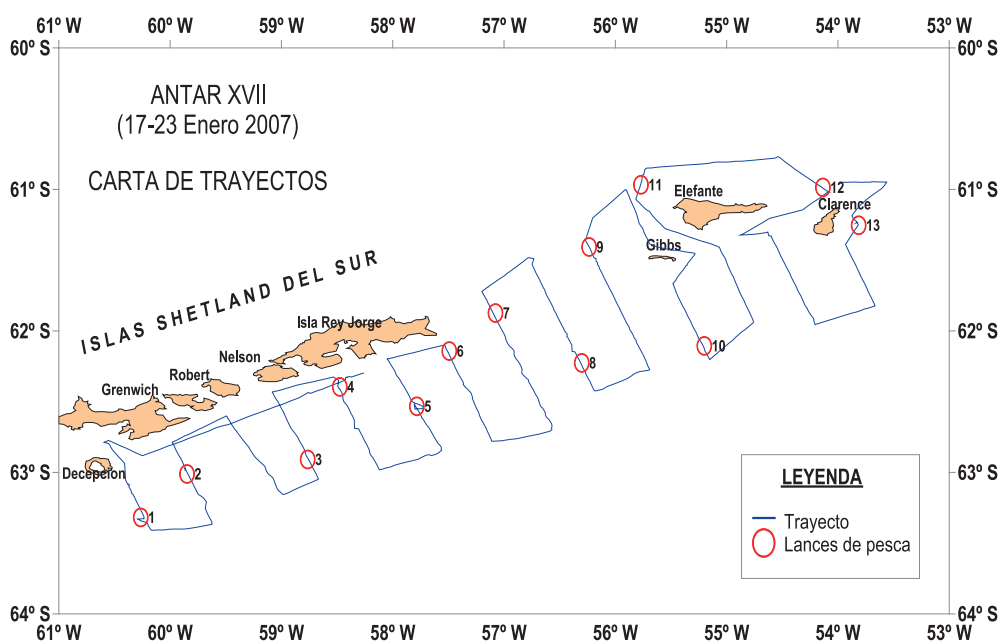


Figura 1.- Carta de trayectos y lances ejecutados

Tabla 1.- Resultados de la calibración de la ecosonda científica EK60

Transducer:	Logging		Processing	
	Logging	Processing	Logging	Processing
Absorption coefficient (dB/m):	0.0106000	0.0106000	0.0272000	0.0272000
Sound speed (m/s):	1456.90	1456.90	1456.90	1456.90
Transmitted power (W):	2000.0	2000.0	500.0	500.0
Two-way beam angle (dB re 1 (Steradian)):	-20.60	-20.60	-20.80	-20.80
Sy gain (dB):	25.9500	25.9500	24.5000	24.5000
Wavelength (m):	0.0383395	0.0383395	0.0121408	0.0121408
Transmitted pulse length (ms):	1.000	1.000	0.256	0.256
Frequency (kHz):		38.00		120.00

**Algoritmo virtual.-** Se utilizó el algoritmo virtual con el que las señales acústicas fueron separadas en base al algoritmo de GREEN et al. (1996), según presencia de krill o zooplancton quienes hallaron diferencia de 2 a 16 dB en las señales retro dispersadas del krill utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz (Fig. 3).

**Ecuaciones para obtención de abundancia.-** Para la estimación de la abundancia se siguió el método de estratificación por transectos JOLLY y HAMPTON (1990) descrito en GUTIÉRREZ et al. 2006.

La biomasa (en toneladas t) en el i-ésimo intervalo es:

$$b_i = CF_i \cdot s_{Ai} \cdot A_i$$

Donde CF es el factor que se utiliza para convertir la densidad en abundancia absoluta;  $S_A$  es la eointegración media por intervalo de muestreo; A es el área representada por cada unidad de muestreo, que en el presente caso representa 15 mn<sup>2</sup>.

Los factores de conversión CF fueron luego derivados según la ecuación reciente de DEMER y CONTI (2005).

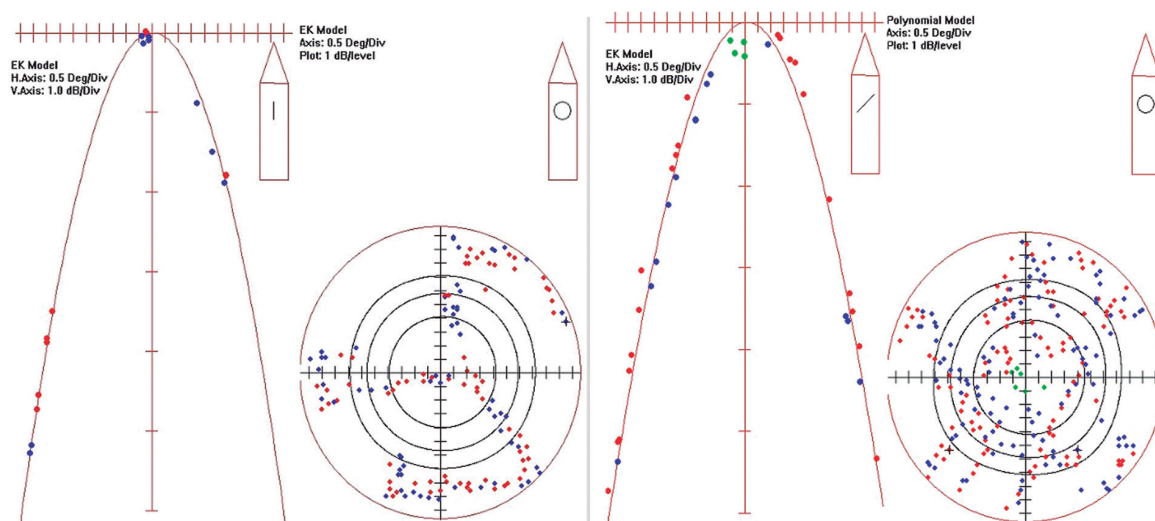


Figura 2.- Campo de detecciones de las esferas durante la calibración

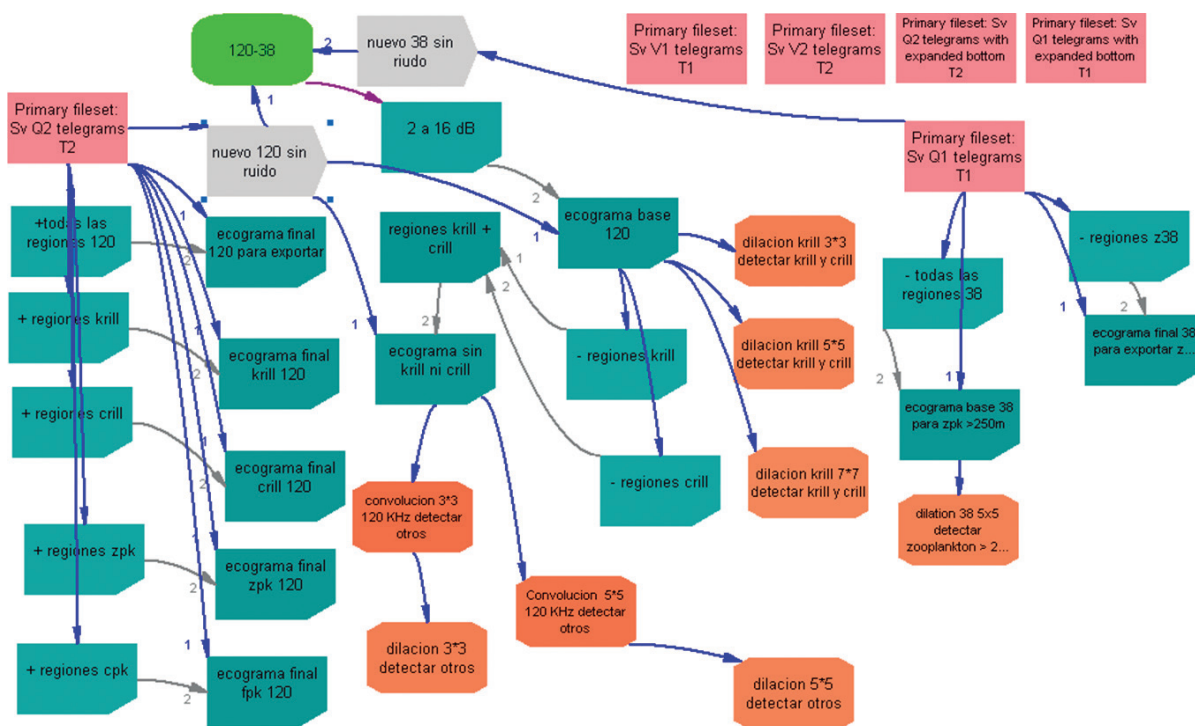


Figura 3.- Algoritmo virtual para discriminación del krill



La ecuación de fuerza de blanco (TS, en dB) utilizada fue desarrollada por DEMER y CONTI 2005, y se le conoce como modelo SDWBA (Stochastic Distorted-Wave Born Approximation).

**Estimación de biomasa de krill.-** Se realizó la estimación de la biomasa por tallas en la estratificación por transectos de la data de econtegración. Este cálculo de biomasa fue realizado en ambas frecuencias de sonido (38 y 120 kHz). Se utilizó los datos de pesos por tallas de los valores estandarizados por el Área de Biología para la relación  $aL^b$  por lance, los valores de a y b se presentan en la Tabla 2.

**3. RESULTADOS**

**Biomasa de krill.-** El CF promedio para 38 kHz fue de 1,68 t/m<sup>2</sup> valor que para Demer y Conti es 1,61; en el caso de 120 kHz, el CF promedio obtenido fue 0,37 t/ m<sup>2</sup> que es un valor similar al hallado por Demer y Conti. Esta coincidencia da confiabilidad al estimado de biomasa obtenido debido a que la separación entre transectos fue de 15 mn.

Las biomasa estimadas fueron similares para ambas frecuencias, con un valor promedio de 2,90x10<sup>6</sup> toneladas. En la figura 4, se muestran biomasa por transectos para ambas frecuencias de sonido, y se observa que los últimos transectos (13 y 14) que pertenecen a los alrededores de la isla Elefante se caracterizan por ser un área importante de concentración de krill. Los resultados de la estimación acústica de abundancia de krill para UBMs de 0,25 mn de extensión y 15 mn<sup>2</sup> de área individual, para las dos frecuencias utilizadas, se muestran en la Tabla 3.

El rango de tallas fue amplio, comprendiendo entre 18 y 68 mm con una moda principal en 46 y otra secundaria en 28 mm. La estructura de tallas en términos de abundancia es polimodal, revelando la existencia de varias clases o cohortes, principalmente en 30, 38, 40, 44, 48 y 50 mm. Con respecto a la biomasa expresada en número de individuos, se observó un mismo patrón a partir de tallas de 24 mm hacia tallas mayores, pero entre tallas de 18 a 32 mm la línea de número de ejemplares es mayor que la biomasa debido al ligero peso de individuos pequeños, tal como se observa en la figura 5.

De acuerdo a los grados de latitud prospectados, la mayor biomasa corresponde a los grados 61 y 62°S (Fig. 6). Según grados de longitud se observó que la biomasa se congregó principalmente en tres grados (58°W, 54°W y 56°W) (Fig. 7).

**Distribución horizontal del krill.-** La carta de distribución de krill de la zona de estudio, muestra una gran amplitud geográfica del recurso en casi toda

Tabla 2.- Valores de parámetros de la relación longitud/peso

Nº	k (E. superba)	Long. media	a	b
1	541,50	30,9	6.E-06	3,0328
2	95,00	33,9	8.E-06	2,9360
3	128,38	36,7	5.E-06	3,0978
4	665,00	35,2	6.E-06	3,0271
5	171,00	38,6	5.E-05	3,0937
6	532,00	42,7	4.E-06	3,1409
7	437,00	45,3	8.E-06	2,9694
8	147,35	30,6	1.E-05	2,9037
9	104,31	41,6	4.E-06	3,1581
10	170,00	38,0	4.E-06	3,2099
11	114,00	29,1	1.E-05	2,7657
12	246,27	42,0	4.E-06	3,1606
13	0,50	43,8	Sin datos	Sin datos

Tabla 3.- Resultados de biomasa de krill para frecuencias 38 y 120 kHz

n	38 kHz	120 kHz
Peso medio NASC	3747,44	180,642923
Peso var. (NASC)	5614,11	1060,323399
CF peso	164,96	0,3616923
Densidad media de krill (g/m <sup>2</sup> )	61,8166142	65,33715437
Var (densidad)	152,764098	138,7129068
CV	0,19994265	0,180259524
Área (mn <sup>2</sup> )	45570	45570
SD (densidad)	12,3597774	11,77764436
Abundancia (t)	2816983,11	2977414,125
Nº krill	9,0753E+12	7,50059E+12

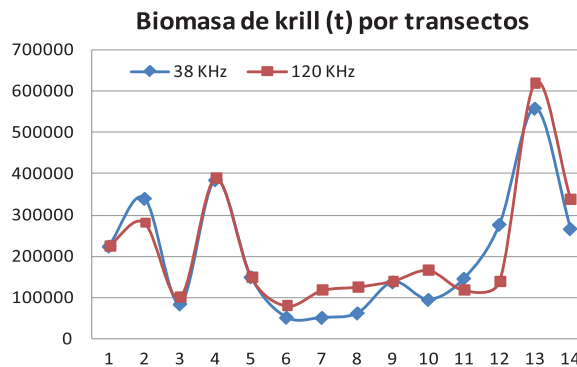


Figura 4.- Biomasa por transectos para ambas frecuencias de sonido

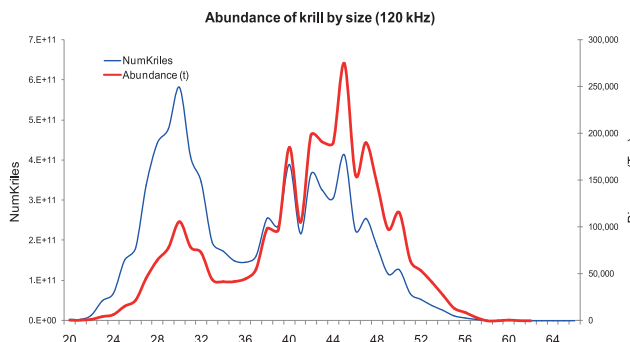


Figura 5.- Abundancia de krill por tallas, frecuencia 120kHz

la zona de estudio, dentro de las principales áreas de concentración se ubican dos áreas densas al sur-oeste en el estrecho de Bransfield cerca de la isla Decepción y en los alrededores de la isla Elefante (Fig. 8).

**Distribución vertical de enjambres de krill.-** Verticalmente el patrón típico para el krill con respecto a las horas del día fue el mismo que el observado en expediciones antárticas anteriores, entre las 01:00 y 23:00 horas los enjambres se distribuyeron desde 30 hasta 200 m de profundidad, mientras que entre las 23:00 y 01:00 horas, se ubicaron desde la superficie hasta los 80 m de profundidad (Fig. 9).

Al analizar la profundidad media de las agregaciones de krill, se determinó que durante el día los enjambres se distribuyeron entre 40 m y 80 m (07:00 y 09:00 horas), en la noche mostraron un patrón agregativo muy superficial alcanzando los 30 m de profundidad máxima (Fig. 10).

En la figura 11, se presenta la variación de las agregaciones según profundidad en el estrecho de Bransfield. Es mayor la profundidad de los enjambres de krill observados en el extremo sur frente a la isla Rey Jorge y en los alrededores de la isla Elefante, donde se registraron densidades medias y altas.

**Características de los enjambres de krill**

Con los datos de la ecosonda, se observó algunas características de los enjambres durante el crucero de evaluación acústica, se presenta histogramas con respecto al ancho, largo, profundidad media, latitud y longitud por hora del día expresados en logaritmo (Fig. 12).

Los resultados demuestran uniformidad en los enjambres de krill, caracterizándose por variar entre 60 y 200 m, presentando estructuras medianas a comparación de otros cruceros, resaltando que la distribución del krill estuvo en casi toda el área detectada y durante el día y la noche.

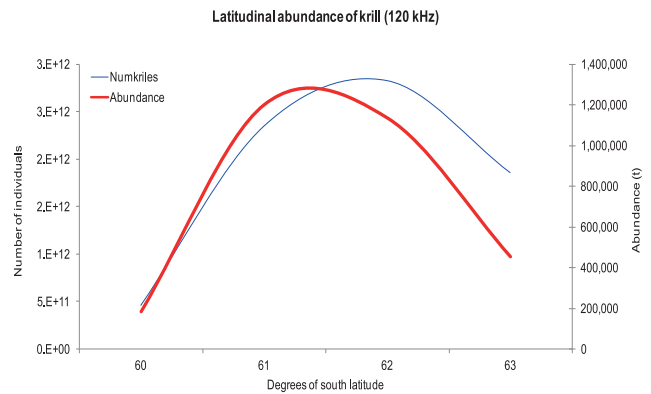


Figura 6.- Biomasa latitudinal de krill, frecuencia 120 kHz

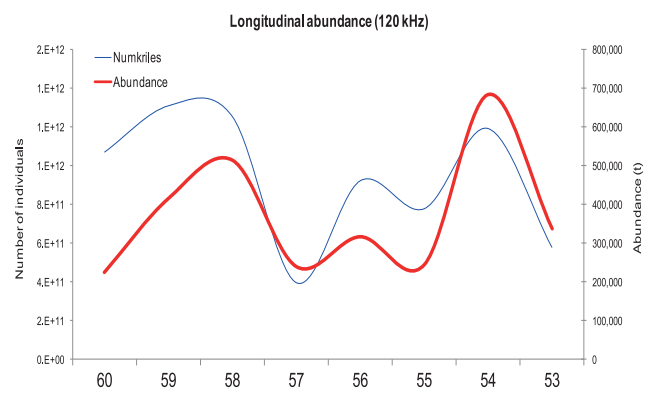


Figura 7.- Biomasa longitudinal de krill, frecuencia 120 kHz

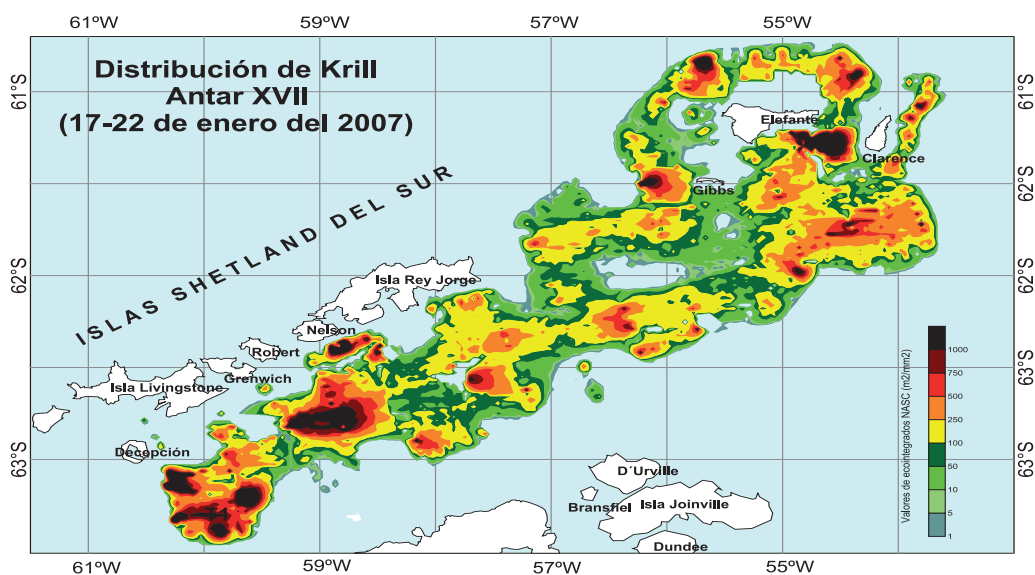


Figura 8.- Distribución de krill, ANTAR XVII

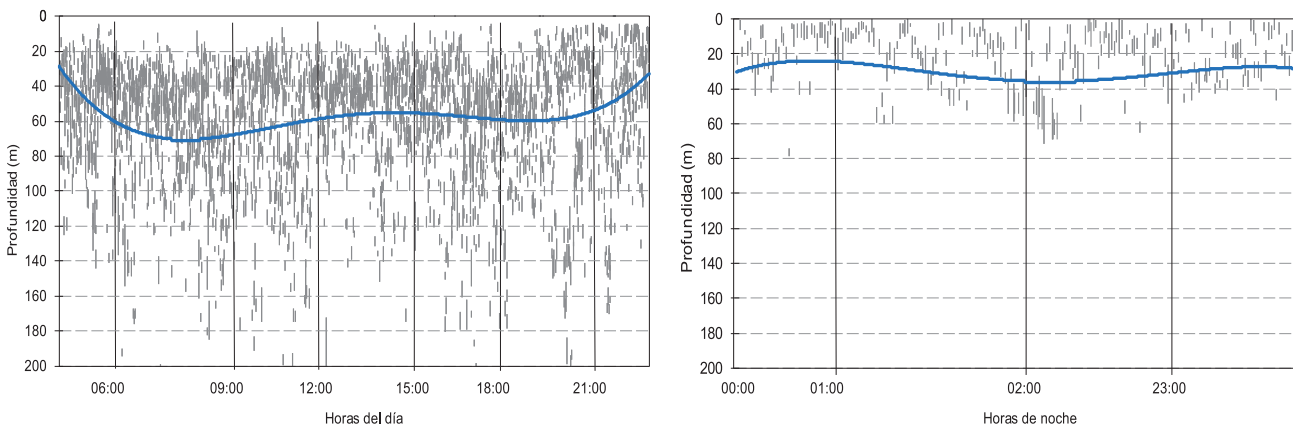


Figura 9.- Distribución vertical de krill, diurno y nocturno

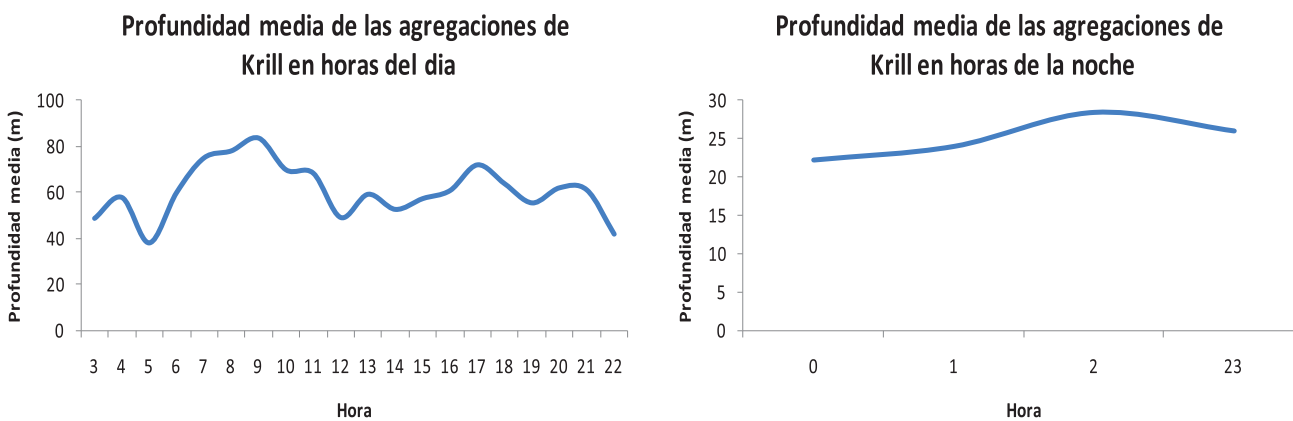


Figura 10.- Profundidad media de las agregaciones de krill

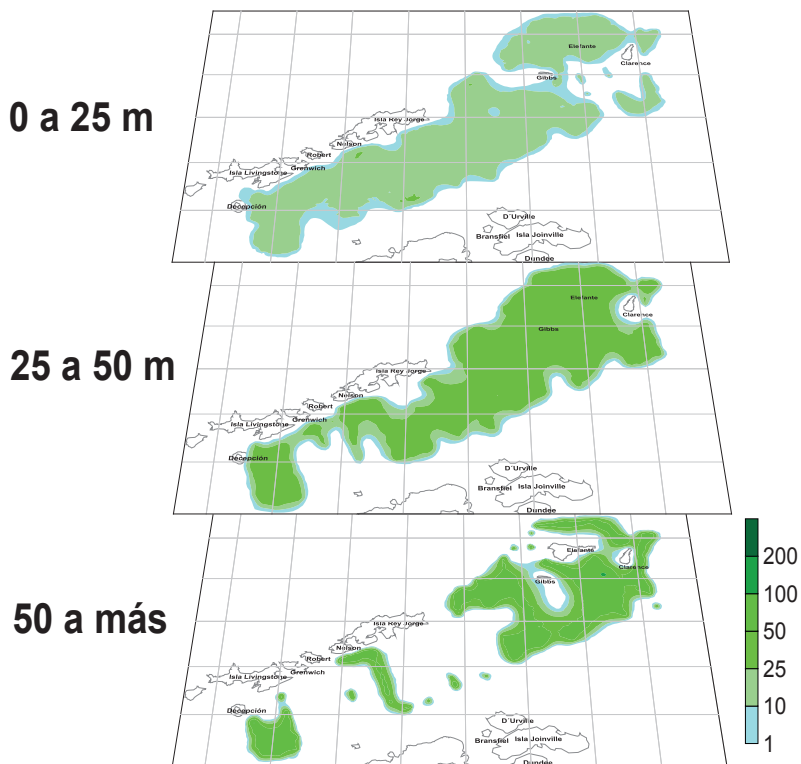


Figura 11.- Distribución vertical de enjambres de krill. Estrecho de Bransfield

**1ER EXPERIMENTO: ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE KRILL EN PEQUEÑA ESCALA ENTRE LAS ISLAS ELEFANTE Y CLARENCE**

El experimento se efectuó entre el 24 y 26 de enero 2007 para determinar el comportamiento de los enjambres de krill, en relación a variaciones horarias y condiciones ambientales, por lo que acústicamente se rastreó un perfil de 10 mn de longitud, entre 4 y 8 mn al sudeste de la isla Elefante, observándose la relación entre la migración vertical con el alimento,

disponibilidad de luz y presencia de depredadores. Los muestreos se efectuaron a las 03:00, 09:00, 15:00 y 21:00 horas, realizándose 12 transectos además de lances de comprobación para verificación de ecotrazos (Fig. 13).

**Distribución horizontal de los enjambres de krill**

Durante el desarrollo del experimento la distribución fue discontinua, en general los valores ecointegrados presentaron un orden de magnitud que puede ser calificado como “dispersos”.

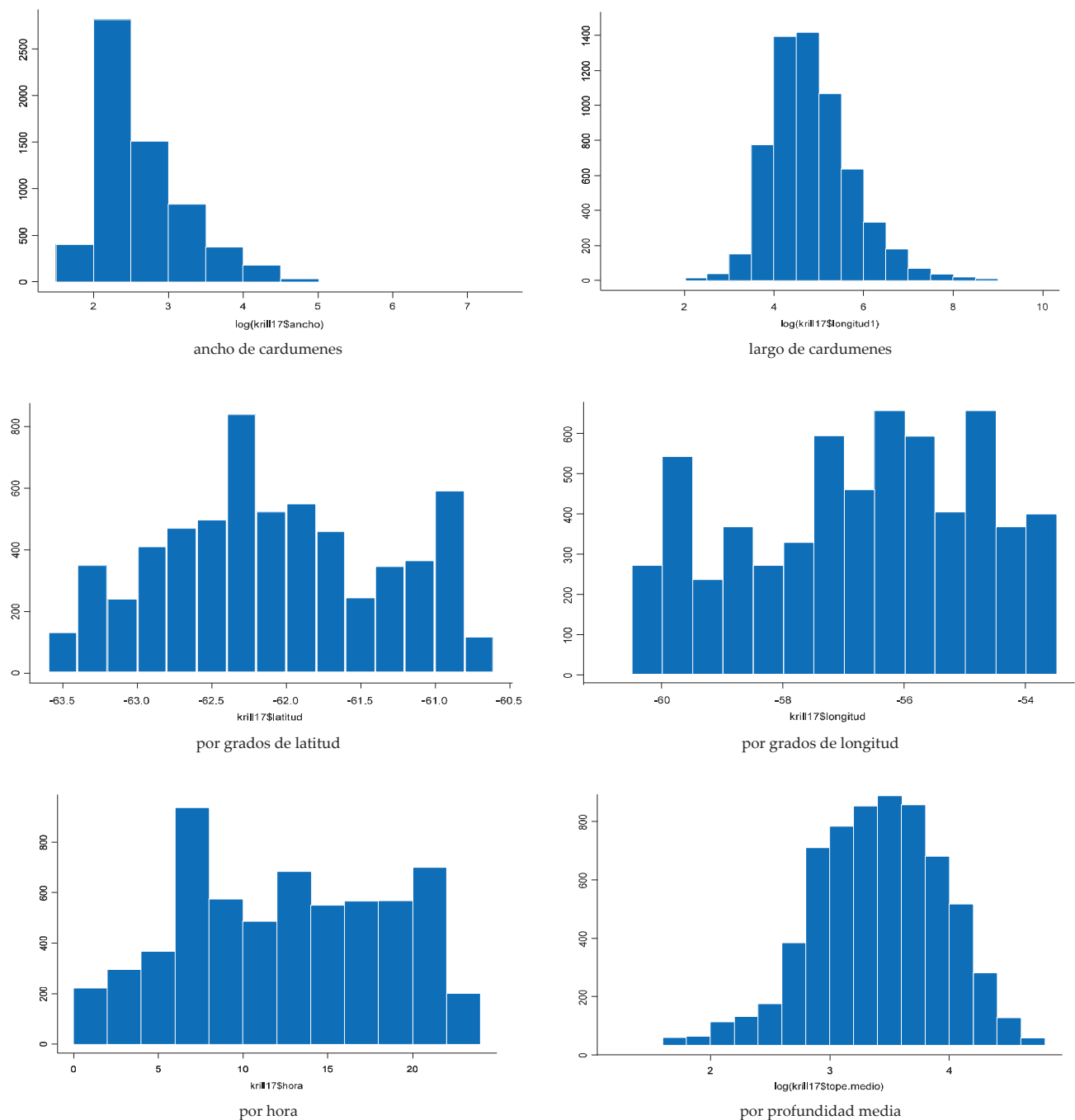


Figura 12.- Histograma de las características de los enjambres de krill. ANTAR XVII



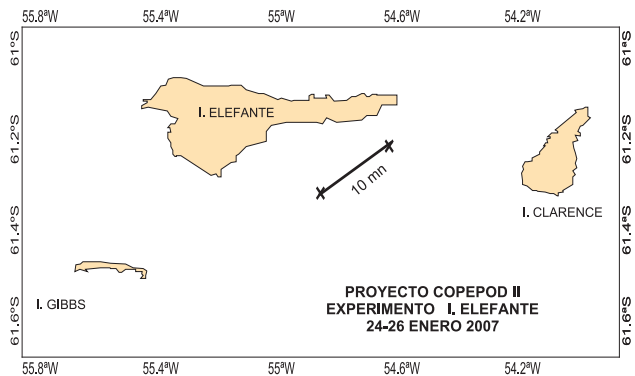


Figura 13.- Carta de localización. 1er experimento entre las islas Elefante y Clarence

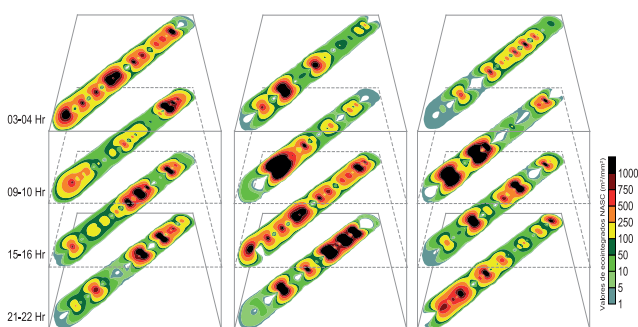


Figura 14.- Distribución de krill durante los muestreos

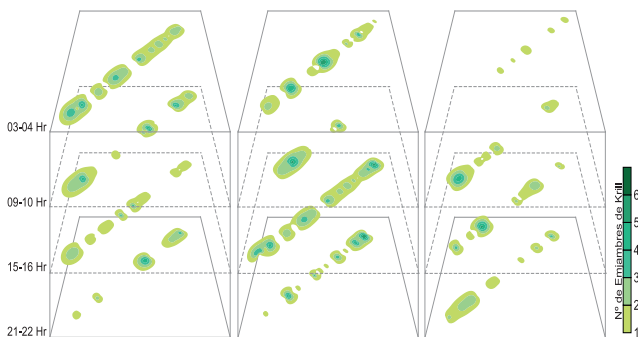


Figura 15.- Número de enjambres de krill por periodos de muestreo

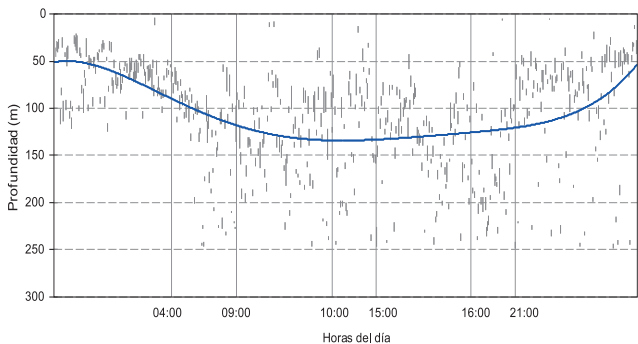


Figura 16.- Distribución vertical de los enjambres de krill. 1er experimento. ANTAR XVII

En la figura 14, se muestran las agregaciones con densidades medias y altas que se observaron durante el día a intervalos variables; el primer día presentó enjambres predominantes principalmente entre las 03:00-04:00 horas y las 15:00-16:00 horas; en el segundo día las mayores agregaciones de krill se registraron entre las 09:00-10:00 horas y las 21:00-22:00 horas; en el ultimo día de experimento las densidades fueron entre medias y bajas, los enjambres de importancia se presentaron entre las 09:00-10:00 horas.

En general, el mayor número de agregaciones se presentó entre las 03:00 y 16:00 horas. Durante el segundo día se registró mayor número de enjambres entre las 03:00-04:00 y 15:00-16:00 horas (Fig. 15).

**Distribución vertical de los enjambres de krill**

Durante este experimento se observó que los enjambres del krill entre las 03:00 y 23:00 horas se encontraron a profundidades mayores a los 50 m, mientras que en las siguientes horas estuvieron en las capas superficiales (Fig. 16). Las fluctuaciones de la profundidad media en relación a horas indicaron que durante el amanecer y entre las 15:00-16:00 horas el krill se profundizó superando los 200 m, y a partir de las 21:00 horas los enjambres estuvieron a menos de 60 m (Fig. 17).

**2DO EXPERIMENTO: ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DEL KRILL EN PEQUEÑA ESCALA, BAHÍA ALMIRANTAZGO**

Este experimento tuvo la finalidad de estudiar la dinámica del ecosistema y el desplazamiento de las agregaciones de krill en la bahía Almirantazgo. Entre el 30 y 31 de enero 2007, se efectuaron 16 muestreos en base a rastreo acústico continuo de una línea de 7 mn de longitud.

**Distribución vertical de los enjambres de krill**

Verticalmente, se observó el mismo patrón agregativo ya mencionado. Se encontró una correlación entre las zonas de alta concentración y la profundidad media de

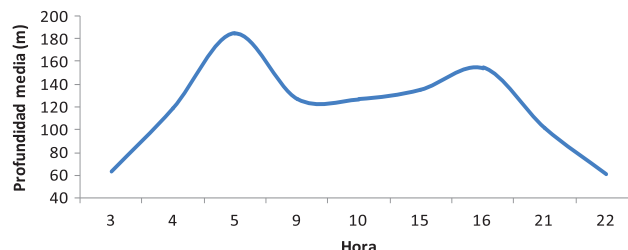


Figura 17.- Profundidad media de las agregaciones del krill. 1er experimento. ANTAR XVII

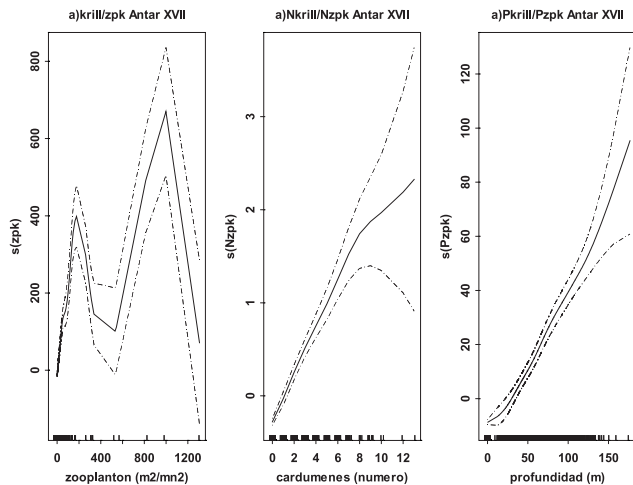


Figura 18.- Análisis multivariado (GAM). Relación del krill con zooplankton, número de enjambres y profundidad. ANTAR XVII

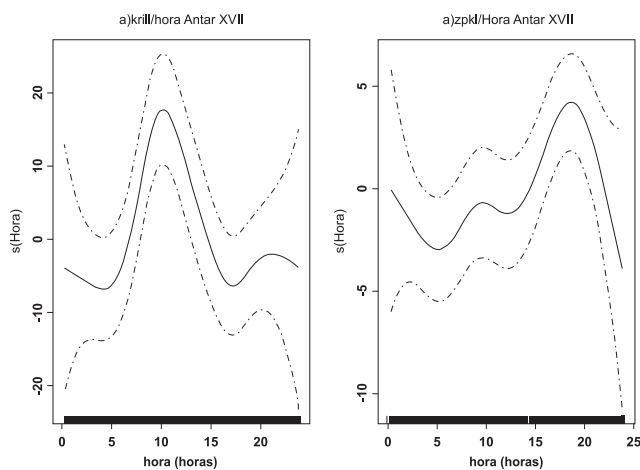


Figura 19.- Análisis multivariado (GAM) relaciones del krill entre día y noche

los enjambres, diferenciándose dos intervalos horarios donde las agregaciones presentaron densidades medias y altas. Los enjambres predominantes se presentaron durante el día, entre las 10:00-11:00 horas, alcanzando profundidades medias de 70 a 80 m. Durante la noche se registraron ecotrazos con un orden de magnitud que se pueden calificar como “densidades medias”.

#### 4. DISCUSIÓN

##### Grado de avance en la investigación

Durante los experimentos realizados la presencia del krill tuvo una relación positiva con el zooplankton más pequeño, esta apreciación se deduce de los análisis GAM en la que se observa una mejor relación en los valores bajos de integración tanto para el krill como

para el zooplankton, mejor relación entre el numero de enjambres de krill y áreas o parches de zooplankton debido a que los dos tienen la misma tendencia de profundidad (Fig. 18). En la figura 19, se muestra la diferencia de valores integrados durante el día entre el krill y el zooplankton, lo que se debió a que el krill durante el día forma estructuras de enjambres más estables o de mayor concentración, mientras que acústicamente el zooplankton presenta mayores valores de integración durante las horas de la noche por su comportamiento nictameral agrupándose en la capa superficial durante la noche, pero estas tendencias o diferencias de integración no representan el real comportamiento de relación entre el krill y el zooplankton debido a que durante el día los valores de reflexión acústica del zooplankton más pequeño es menos detectable, por lo que se sugiere trabajar con equipos de mayor resolución acústica como el uso de la multifrecuencia acústica con el perfilador TAPS, equipo que permite detectar el zooplankton en clases de tallas desde 0,5  $\mu$ m.

Estos resultados deberían ser replanteados junto con los datos de las otras áreas involucradas, ya que se cuenta con información en la misma escala de espacio y tiempo considerando que la línea realizada es un muestreo a mediana escala que permite ver la influencia de los factores oceanográficos, depredadores superiores, aspectos biológicos de los organismos presentes y el resto del zooplankton considerado como alimento.

#### 5. CONCLUSIONES

La distribución del krill se caracterizó por ser más superficial comparando con cruceros de otros años.

La biomasa estimada no fue muy alta debido a mayor presencia de ejemplares juveniles durante este estudio.

Existe una actividad de distribución constante entre las islas Elefante y Clarence independiente de las horas del día.

#### 6. REFERENCIAS

DEMÉR D, CONTI S. 2005. New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 25-32.

JOLLY G M, HAMPTON I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 47: 1282-1291.

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S, BERTRAND A, CASTILLO R, GONZALES A, SWARTZMAN G. 2006. Informe Anual Proyecto Copepod 1. Resultados del Área de Detección y Comportamiento.