



BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 2



Julio - Diciembre 2016
Callao, Perú

ESTUDIO BIOACÚSTICO DEL KRILL (*Euphausia superba*) EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD, ANTÁRTIDA

BIOACOUSTIC STUDY OF KRILL (*Euphausia superba*) IN THE BRANSFIELD STRAIT, ANTARCTICA

Carlos Salazar¹ Oswaldo Flores Adolfo Gonzales
Rodolfo Cornejo Carlos Paulino

RESUMEN

SALAZAR C, FLORES O, GONZALES A, CORNEJO R, PAULINO C. 2016. Estudio bioacústico del krill (*Euphausia superba*) en el estrecho de Bransfield, Antártida. Bol Inst Mar Perú. 31(2): 194-205.- La evaluación hidroacústica de la distribución y biomasa del krill (*E. superba*) se efectuó a bordo del BIC Humboldt, en febrero 2013. El área evaluada comprendió el estrecho de Bransfield y las proximidades de la Isla Gibbs totalizando 11.712 mn². Durante el día se registraron enjambres de krill en altas densidades entre 20 y 50 m de profundidad, durante la noche se detectaron enjambres disgregados y dispersos desde la superficie hasta 20 m de profundidad. Las densidades más altas, se observaron en el extremo oriental del estrecho de Bransfield, seguido de una distribución regular entre las islas Rey Jorge y Gibbs con densidades medias (500-1.000 m²/mn²) y altas (>1.000 m²/mn²). Un núcleo de baja densidad se observó, entre las islas Decepción y Torre. El rango de temperatura de los enjambres de krill estuvo entre -1,0 y 1,5 °C. Las agregaciones de krill se observaron entre 33,96 y 34,35 ups de salinidad. Se estimó una biomasa hidroacústica del krill de 876,368 t mediante el método Stochastic Distorted Wave Approximation (SDWBA).

PALABRAS CLAVE: Bioacústico, *Euphausia superba*, Antártida

ABSTRACT

SALAZAR C, FLORES O, GONZALES A, CORNEJO R, PAULINO C. 2016. Bioacoustic study of krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait, Antarctica. Bol Inst Mar Peru. 31(2): 194-205.- Hydroacoustic evaluation of the distribution and biomass of krill (*E. superba*) was held on board the BIC Humboldt, in February 2013. The area evaluated between the Bransfield Strait and near the Gibbs Island totaling 11,712 nm². During the day, krill swarms were record at high densities between 20 and 50 m deep, during the night dispersed and scattered swarms were detect from the surface to 20 m deep. The highest densities were observe at the eastern end of Bransfield Strait, followed by a regular distribution between the islands King George and Gibbs with average densities (500-1,000 m/mn²) and high (> 1000 m/mn²). A low density core was observed between Deception and Torre islands. The temperature range of the swarms of krill was between -1.0 and 1.5 °C. Aggregations of krill were observe between 33.96 and 34.35 ups salinity. A hydroacoustic biomass of krill 876.368 t was estimated by Stochastic Distorted Wave Approximation (SDWBA) method.

KEYWORDS: Bioacoustics, *Euphausia superba*, Antarctica

1. INTRODUCCIÓN

Estimar la distribución y biomasa del krill mediante métodos directos constituye todo un reto, ya que hay una amplia gama de patrones de distribución que van desde los enjambres con una densidad de individuos muy alta, hasta unos pocos individuos dispersos en grandes áreas. Las diversas zonas geográficas de presencia de krill incluyen la cara inferior de los témpanos de hielo.

La especie predominante en el krill por su volumen y tamaño es *Euphausia superba*, y en acústica para apreciar especies de menor tamaño es necesario utilizar frecuencias más altas de operación, por ejemplo 200 khz. Para la captura del krill con redes de arrastre se debe regular el tamaño de malla del copo, la velocidad de arrastre y determinar la hora del día más precisa. De acuerdo a su locación en la columna de agua en función a horas luz, por lo general tiene un comportamiento nictimeral.

La prospección acústica para el estudio de comunidades pelágicas a bordo del BIC Humboldt, se realizó del 15 al 22 de febrero 2013. El área evaluada fue de 11.712 mn² localizadas entre el estrecho de Bransfield y las proximidades de la isla Gibbs, realizándose 10 transectos con longitudes que variaron entre 15 y 40 mn. La unidad básica de muestreo (UBM) fue de 1 mn y se rastrearon en total 507 UBM. En este estudio en particular, no se logró rastrear acústicamente alrededor de la isla Elefante por malas condiciones climatológicas (Fig. 1).

El objetivo del estudio bioacústico fue determinar la distribución y concentración de meso-escala del krill antártico en el estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante, así como determinar su asociación con los patrones espacio-temporales de las condiciones oceanográficas, composición y estructura de la comunidad de peces y predadores superiores.

1 Instituto del Mar del Perú. Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca. csalazar@imarpe.gob.pe

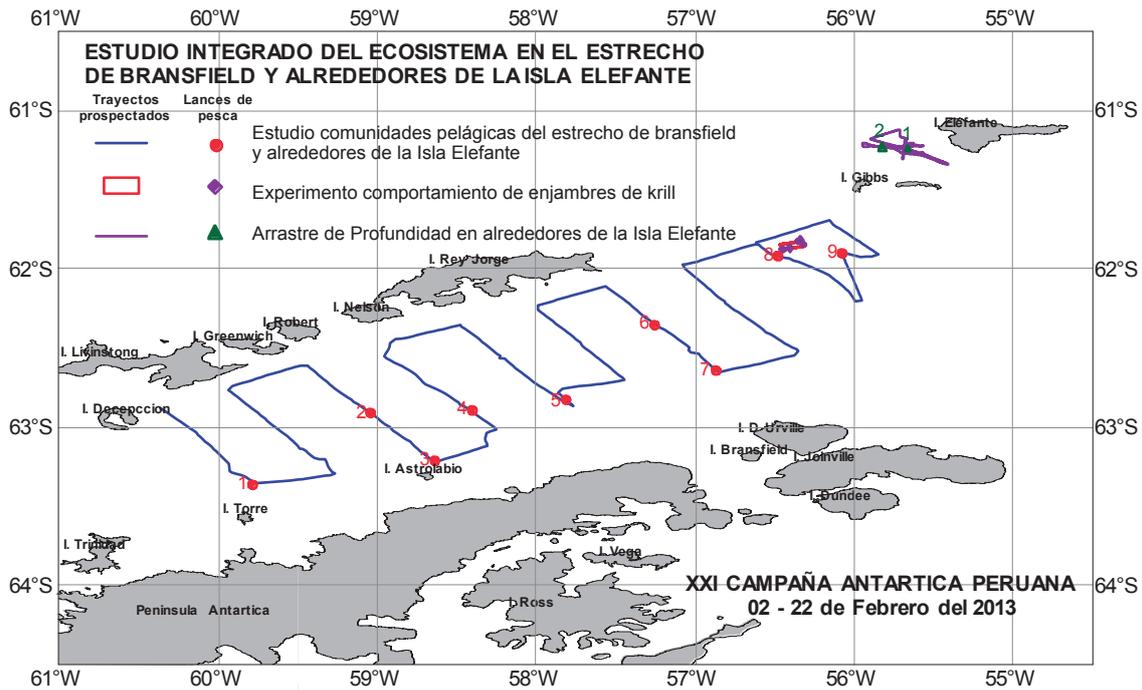


Figura 1.- Transectos y ubicación de lances de pesca en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

2. MATERIAL Y MÉTODOS

DETECCIÓN ACÚSTICA, COMPORTAMIENTO Y PESCA

Diseño del muestreo.- Para la evaluación hidroacústica, se utilizó un diseño de muestreo de tipo sistemático estratificado (perfiles paralelos y equidistantes entre sí), en el que se asume aleatoriedad en la distribución del recurso con relación a la localización del primer transecto habiendo sido señalado como el más adecuado en estudios dirigidos a estimar la abundancia y distribución de un recurso pesquero, siendo similar al diseño de muestreo en evaluación y biología del krill de la NOAA (AMRL 1998, 2011; COSSIO y REISS 2011).

Sistema de ecointegración.- Estuvo compuesto por la ecosonda científica EK60 SIMRAD con transductores modelos ES120-7C y ES38B de haz dividido, frecuencias de 120 y 38 kHz, respectivamente. Este sistema es calibrado de acuerdo al procedimiento señalado por su fabricante, el cual sigue las recomendaciones efectuadas al respecto por el ICES (FOOTE et al. 1987) para el uso cuantitativo de mediciones acústicas. La cobertura del muestreo vertical a 120 kHz fue de 0 a 200 m y de 0 a 2.000 m para 38 kHz. Las calibraciones acústicas se realizaron en la ensenada McKellar.

Análisis de datos.- Para el análisis de los datos acústicos se utilizó un programa de post-procesamiento (Echoview 5.1), que contiene módulos de detección de cardúmenes y ecogramas virtuales que facilitan la extracción de la información de los enjambres de krill y otras especies. A partir del 2000, se utiliza un algoritmo de identificación a través del cual las señales acústicas (ecoregistros) son separadas según la presencia de krill o zooplancton, en base a GREEN et al. (1991) quienes hallaron una diferencia de 2 a 16 dB en las señales retrodispersadas por el krill utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. Esta metodología es ampliamente utilizada en estudios relativos al krill en la Antártica (HEWITT et al. 2004; DEMER y CONTI 2005; WATKINS y BRIERLEY et al. 2002). La utilización de dos o más frecuencias de sonido simultáneamente para identificar y extraer las señales de interés fueron definidas por HOLLIDAY (1977) y GREENLAW et al. (1983).

Se utilizaron los valores límites (mín-máx) de ΔS_v (en dB) recomendados por AMRL (2011) para clasificar las distribuciones de tallas de krill en los ecogramas hidroacústicos. Los valores que se muestran en la línea superior e inferior de cada casilla representan el rango de ΔS_v de las frecuencias 120-38 kHz y 200-120 kHz, que se basan en cálculos del modelo simplificado SDWBA con valores límites para una distribución de orientaciones ($\theta = N[\theta = 11^\circ, s.d. = 4^\circ]$) (Tabla 1).

Tabla 1.- Tallas de krill en ecogramas acústicos basados en modelo SDWBA

Talla mínima de krill (mm)	Talla máxima de krill (mm)							
	30	40	50	60	30	40	50	60
10	12	16,9	8,7	16,9	4,5	16,9	0,4	16,9
	-2,2	7	-5,3	7	-5,3	7	-5,3	7
20	12	14,3	8,7	14,3	4,5	14,3	0,4	14,3
	-2,2	3,9	-5,3	3,9	-5,3	3,9	-5,3	3,9
30			8,7	12	4,5	12	0,4	12
			-5,3	-2,2	-5,3	0,7	-5,3	1,4
40					4,5	8,7	0,4	8,7
					-3,9	0,7	-3,9	1,4

Estimación de biomasa de krill.- Para la estimación de la biomasa se siguió el método de estratificación por transectos según lo descrito por JOLLY y HAMPTON (1990). La secuencia de ecuaciones empleadas en la estimación de la biomasa es la siguiente:

La biomasa (en toneladas) en el *i-ésimo* intervalo es:
 $b_i = CF_i \cdot S_{A_i} \cdot A_i$

Donde: CF es el factor de conversión que se utiliza en transformar 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 mn².

El factor de conversión CF (en t/mn²) en el *i-ésimo* intervalo es: $CF_i = W_i / S_i$

Donde: W es el peso medio del krill en toneladas y S es la sección transversal de retrodispersión.

El área A (en mn²) en el *i-ésimo* intervalo se define de la siguiente manera: $A_i = d \cdot L \cdot k_i$

Donde: d es la extensión del intervalo de muestreo (1 mn en este caso); L es la separación entre transectos (20 mn en este caso); y k es un factor que varía entre 0 y 1, según la unidad de muestreo ha sido prospectada en la dirección general de los transectos (330°), en cuyo caso $k=1$.

El peso (en toneladas) en el *i-ésimo* intervalo se define de la siguiente manera: $W = a \cdot L_i^b \times 10^{-6}$

Donde: a y b son constantes que provienen de la determinación de la relación talla-peso; L_i es la talla que corresponde a cada clase en el intervalo.

La sección transversal (mn²) de dispersión acústica en el *i-ésimo* intervalo se define como: $S_i = 4 \cdot \pi \cdot 10^{TS/10} \times 1852^{-2}$

Modelo estocástico de aproximación de onda distorsionada de born (SDWBA).- Se logra representar de

manera aproximada al krill mediante cilindros discretos de distintos radios $N_j a$. En ese caso, la representación aproximada de la retrodispersión para el cilindro j y el ángulo de incidencia θ adquiere la siguiente forma:

$$f_{bsj}(\theta) = \frac{k_1}{4} \int [\gamma_\kappa - \gamma_\rho] \exp(-2i\vec{k}_i \cdot \vec{r}_0) \frac{a_j J_1(2k_2 a_j \cos \beta_{nlt})}{\cos \beta_{nlt}} dr_0$$

$$\gamma_\kappa = (\rho_1 c_1^2 / \rho_2 c_2^2) - 1, \quad \gamma_\rho = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$$

$$\vec{k}_i = k_1 \begin{bmatrix} \sin \theta \\ 0 \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

Donde: el subíndice 1 corresponde al agua de mar ambiental, y el 2 al krill. J_1 es la función Bessel de primer orden 1, r_0 el vector de posición, el vector de incidencia de la onda, y el ángulo entre el cilindro y el eje central del cuerpo. La función para el SDWBA se obtiene sumando los componentes de cada cilindro con una fase aleatoria diferente ϕ_j :

$$f_{bs}(\theta) = \sum_{j=1}^N f_{bsj}(\theta) \exp(i\phi_j)$$

La variabilidad de fase ϕ_j se obtiene de una distribución de Gauss centrada en 0, con una desviación típica sd_ϕ , para cada cilindro j a lo largo del cuerpo. Finalmente, la sección transversal de la retrodispersión $\sigma_{bs}(\theta)$ se obtiene del promedio de todos los conjuntos de fase ϕ_j :

$$\sigma_{bs}(\theta) = \left\langle |f_{bs}(\theta)|^2 \right\rangle_\phi$$

$$TS(\theta) = 10 \log_{10}(\sigma_{bs}(\theta))$$

La forma genérica de krill fue definida por McGEHEE et al. (1998), con talla estándar $L_0 = 38,35$ mm. El grosor de la forma genérica fue aumentado en un 40% por DEMER y CONTI (2005), porque se observó que los animales recién capturados tenían mayor grosor que los animales desnutridos medidos por McGEHEE et al. (1998). De comparaciones entre las estimaciones del SDWBA y las mediciones experimentales se estimó sd_{ϕ_0} en radianes a una frecuencia $f_0 = 120$ kHz, y utilizando $N_0 = 14$ cilindros. Debido a que los factores N , sd_{ϕ} , f y L son co-dependientes en relación con sus efectos en los resultados del SDWBA, se mantuvo $sd_{\phi}(f) f$ constante: $sd_{\phi}(f) f = sd_{\phi_0} f_0$.

De manera similar, ya que tanto f como L fueron modificados, N también fue ajustado de manera que la resolución espacial del cuerpo del krill permaneciera constante en relación con la longitud

de onda. Por lo tanto, la razón entre la longitud de onda λ y la longitud de cada cilindro se mantuvo constante:

$$\frac{L}{N\lambda} = \frac{L_0}{N_0\lambda_0}$$

o

$$\frac{Lf}{N} = \frac{L_0f_0}{N_0}$$

Así, sd_ϕ y N fueron ajustados al valor deseado de L y f . Se estimó el TS versus L a las frecuencias $f=38, 70, 120,$ y 200 kHz mediante una pasada del modelo SDWBA con una forma genérica para krill grueso, y ajustando N y sd_ϕ .

$$N(f, L) = N_0 \frac{fL}{f_0L_0}$$

y

$$sd_\phi(f, L) = sd_{\phi_0} \frac{N_0L}{N(f, L)L_0}$$

Las estimaciones de TS del SDWBA se expresan de manera concisa en función del producto del número de ondas sonoras $k=(2\pi/\lambda)$ y L . DEMER y CONTI (2005) presentaron una representación simplificada polinómica de la función $TS(kL)$ utilizando el promedio de esta función con una distribución

normal ($\theta = N[\theta = x^\circ, s.d. = y^\circ]$) de las orientaciones de krill:

$$TS(kL) = A \left[\frac{\log_{10}(BkL)}{BkL} \right]^C + D(kL)^6 + E(kL)^5 + F(kL)^4 + G(kL)^3 + H(kL)^2 + I(kL) + J + 20 \log_{10} \left(\frac{L}{L_0} \right)$$

Los coeficientes de la ecuación son:

A	-9,30429983E+02	F	1,50291244E-04
B	3,21027896E+00	G	-4,86306872E-03
C	1,74003785E+00	H	7,38748423E-02
D	1,36133896E-08	I	-4,08004891E-01
E	-2,26958555E-06	J	-7,39078690E+01
	L_0		3,83500000E-02

Lances de arrastre pelágico para identificación de ecotrazos (enjambres de krill).- Para los lances de arrastre pelágico y semipelágico se utilizó la red pelágica ENGEL 1000/400, con un copo de 13 mm y se monitoreó la red con un net-sonda SIMRAD modelo ITI. Complementariamente, se registró información térmica utilizando un sensor marca FURUNO instalado en la sala de acústica de la embarcación. Se efectuaron 9 lances de pesca para la comprobación de los registros acústicos con una duración de 20 a 40 minutos (Fig. 2).

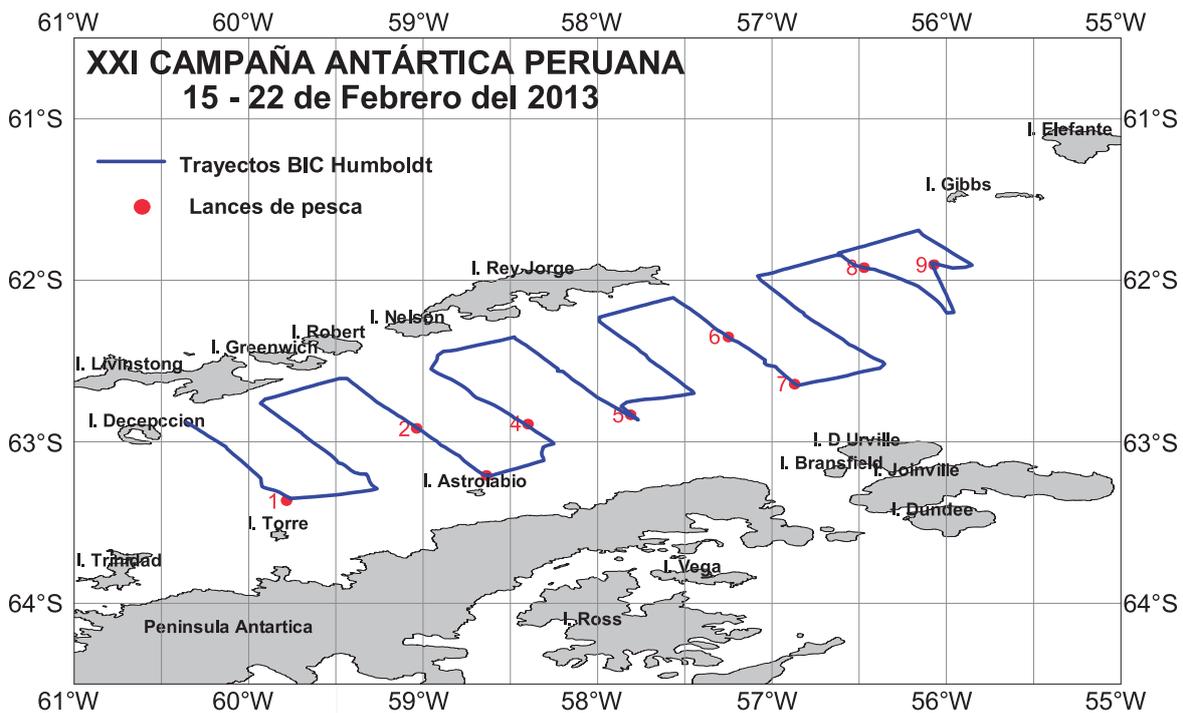


Figura 2.- Trayectos prospectados y ubicación de lances de pesca efectuados en el Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE KRILL (*Euphausia superba*)

El área de distribución total del krill fue 9.727 mn² (83,1% del total del área evaluada), los valores eco-integrados predominantes fueron calificados de tipo disperso. Densidades más altas de krill se encontraron en el extremo oriental del estrecho de Bransfield.

Se observó una zona de distribución al Este del estrecho entre las islas Rey Jorge y Gibbs donde predominaron

densidades medias (500-1.000 m²/mn²) y altas (>1.000 m²/mn²) y del lado oeste del estrecho, entre las islas Decepción y Torre, se detectó un núcleo más pequeño con las mismas densidades (Fig. 3). Entre estas zonas de gran concentración se presentaron enjambres con densidades muy bajas (<250 m²/mn²).

Verticalmente, se observó el patrón de comportamiento típico del krill durante las horas de luz (de 5 a 22 hs.), especialmente entre 20 y 60 m, alcanzando hasta 240 m de profundidad y acercándose a la superficie en horas de la noche (22 a 5 hs.) localizándose entre 5 y 40 m (Fig. 4).

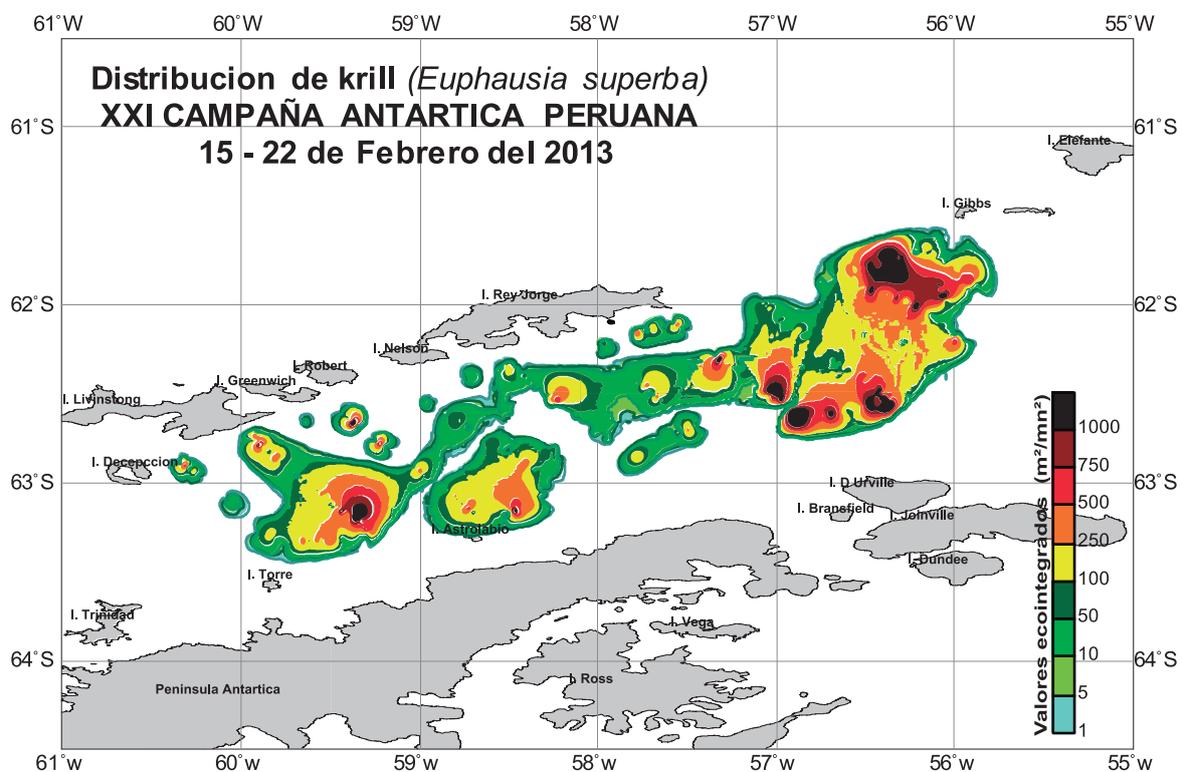


Figura 3.- Distribución de la densidad acústica de krill según categorías de abundancia relativa. Frecuencia 120 kHz (EK60). ANTAR XXI, 2013

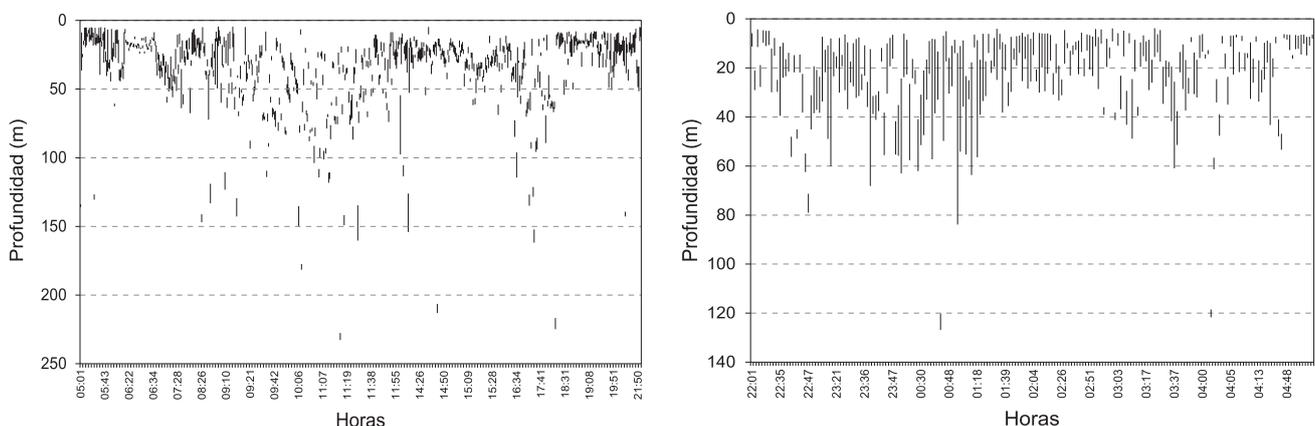


Figura 4.- Distribución vertical de enjambres de krill (*Euphausia superba*) por horas luz (a) y de la noche (b)

A través de la estratificación de los valores eointegrados (NASC) por niveles de profundidad, se determinó que los enjambres con altas densidades de krill se localizaron en los primeros 100 m de profundidad. En la capa superficial de 0 a 25 m, se registraron concentraciones de tipo disperso y muy disperso.

Las densidades altas y medias de krill se localizaron entre 50 y 100 m de profundidad al Este del estrecho entre las islas Rey Jorge y Gibbs, otro núcleo más pequeño se localizó de 25 a 50 m de profundidad entre las islas Decepción y Torre. Por debajo de esta zona los enjambres de krill se presentaron muy dispersos (Fig. 5).

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL KRILL RELACIONADA CON HORAS DEL DÍA

El krill mostró un rango preferencial entre las 10:00 y 15:00 hs en las capas de 25-50m, 50-75m, 75-100m, 100-125 m de profundidad, y durante las 00:00 y 10:00 hs fue registrado entre los 225-250m de profundidad (Fig. 6).

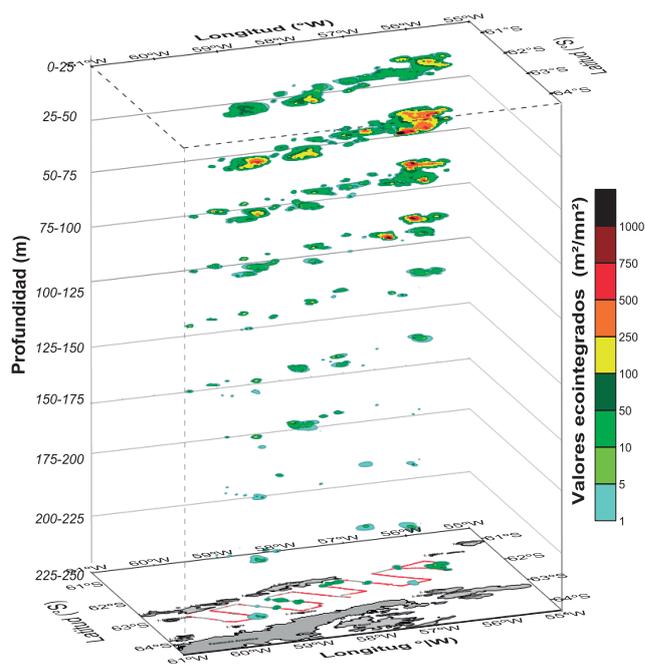


Figura 5.- Valores eointegrados (NASC) de krill por niveles de profundidad. ANTAR XXI, 2013

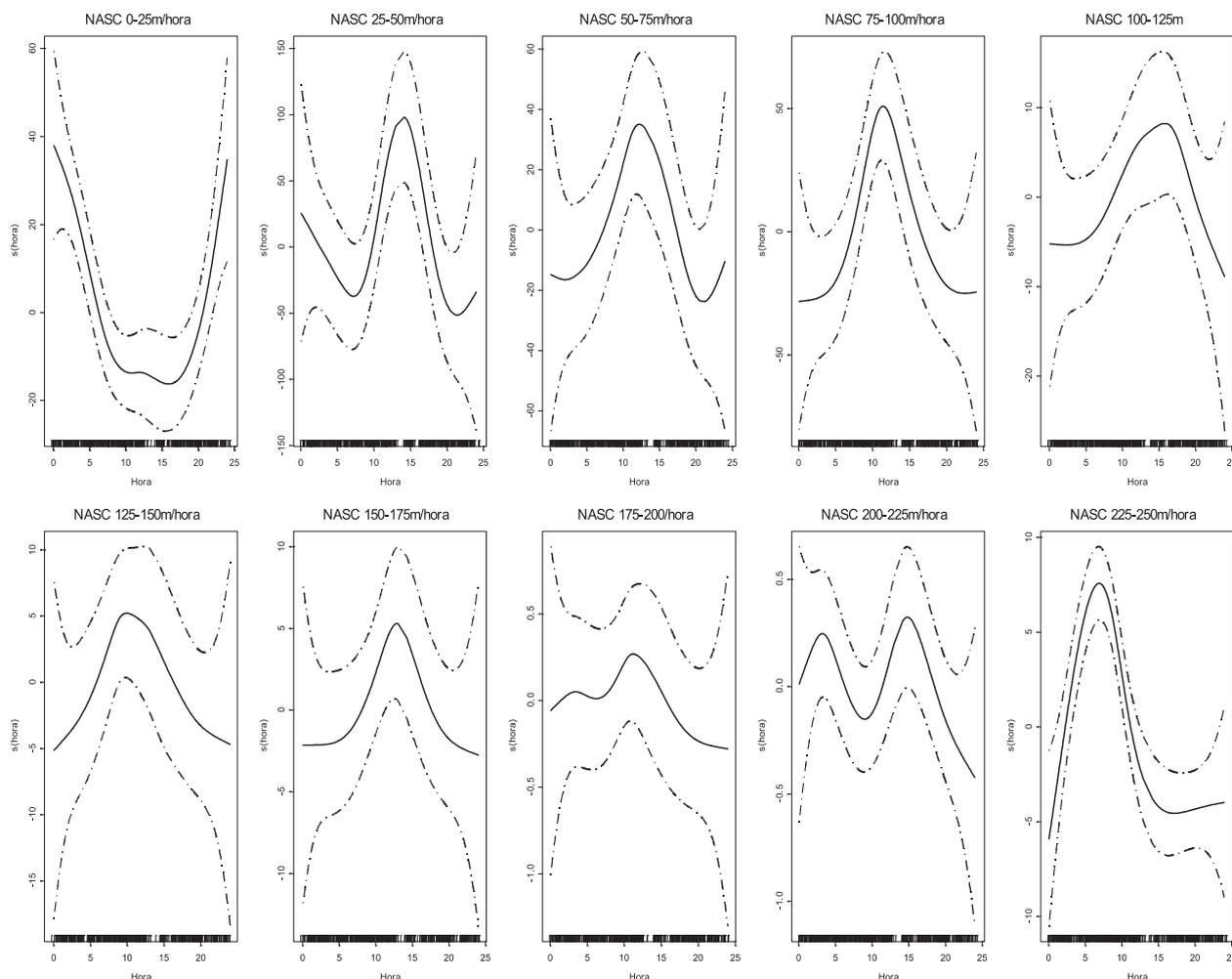


Figura 6.- Relación entre los valores eointegrados del krill por capas de profundidad y horas del día. ANTAR XXI, 2013

En relación a las variaciones horarias, los valores eointegrados en la zona superficial de 0 a 25 m se incrementaron durante la noche entre las 22 y 4 horas, disminuyendo considerablemente durante el día, este comportamiento del krill es característico durante la noche, cuando se distribuye cerca de la superficie formando capas densas.

En la zona de 25 a 100 m de profundidad donde fue mayor la abundancia del krill, los enjambres más densos se formaron principalmente durante el día entre las 9 y 17 hs y en la noche la presencia del krill fue muy dispersa.

Conforme aumentó la profundidad, disminuyó la densidad de los enjambres. En la capa de 125 a 200 m se observó núcleos con densidades ligeramente más altas entre las 9 y 13 hs (Tabla 2, Fig. 7).

ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DE KRILL

Se utilizó la estructura de tallas de los lances de pesca efectuados durante el rastreo del estrecho de

Bransfield (9 en total) a fin de obtener los factores de corrección (CF) utilizados en la estimación de la biomasa por tallas durante la estratificación por transectos de la data de eointegración.

El cálculo de biomasa fue realizado para la frecuencia de 120 kHz, el CF promedio para 120 kHz fue de 0,34 t/m², la biomasa estimada totalizó 876.367 t (Tabla 3); los resultados de la estimación de la abundancia de krill, para UBM de 1 mn de extensión se presentan en la Tabla 4.

La estructura de tallas en términos de abundancia fue polimodal, revelando la existencia de varias clases o cohortes, principalmente en 33, 35, 39, 41, 45, 47 y 50 mm, con diferenciación de aproximadamente 2 a 4 mm en cada cohorte. El rango de tallas es extenso y comprendió entre 25 y 52 mm, con modas principales en 35 y 41 mm. En la biomasa expresada en número de individuos la moda principal se encontró en 35 mm (Fig. 8).

Tabla 2.- Valores eointegrados promedio de los enjambres de krill por niveles de profundidad según las horas del día. ANTAR XXI, 2013

Horas	Profundidad (m)									
	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-225	225-250
00	45,63	117,15	46,58	3,63	0,77	0,15				0,12
01	55,12	122,34	9,99	1,80	0,46	0,39		0,73		1,44
02	69,69	43,52	0,23			0,38	0,27	0,29	1,19	8,00
03	67,38	167,77	64,38	8,49		0,63	1,53	2,95	6,15	2,15
04	24,31	78,77	5,94			0,49			0,55	9,26
05	46,11	159,55	26,68	0,64		6,19		0,77		1,22
06	9,53	35,62	35,58	0,54	0,34	0,17			0,73	5,56
07	0,91	8,85	27,67	0,39				0,26	0,72	9,57
08	7,18	12,49	54,22	15,32		0,32	12,48			1,82
09	15,96	37,39	32,21	79,16	12,26	55,56	2,46			3,61
10	0,90	11,85	9,61	7,85		0,58	1,40	8,86		1,67
11	18,14	35,26	17,47	223,75	16,94	8,42	17,37	0,84	0,96	2,26
12	33,98	116,43	47,32	94,95	49,22	4,88	57,43	0,48	0,99	1,56
13		1,37				1,68				1,76
14	9,40	352,47	2,90	0,96	0,98	0,99	0,17	0,79	4,67	1,38
15	0,66	321,18	216,47						1,62	1,84
16	11,92	192,85	6,36	24,77	32,74	8,64	0,18	0,43	1,28	4,52
17	3,31	18,36	37,99	27,97	25,76	2,14	1,78			0,67
18	16,23	8,44	8,80	0,68					0,85	2,71
19	13,67	24,12	1,60			0,12				1,91
20	29,64	58,95	2,59			0,44	0,28			3,52
21	9,48	12,54	1,82		0,13	0,60				
22	29,12	29,86	1,86	0,18						15,14
23	91,87	157,38	66,15	12,43						0,23

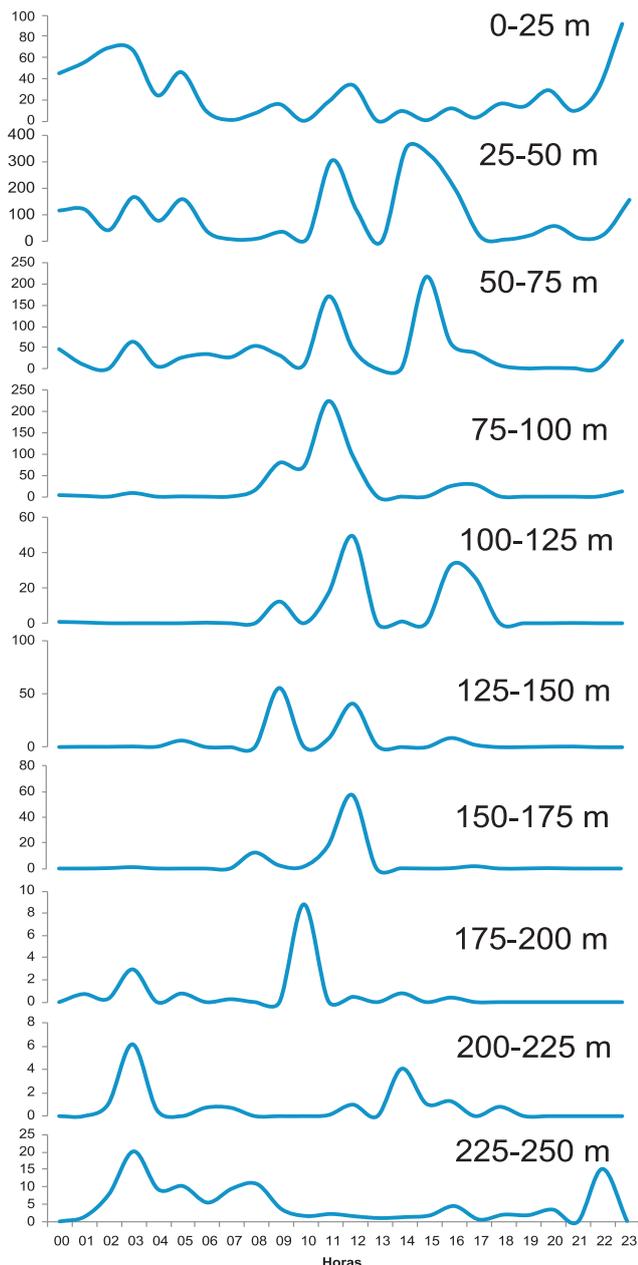


Figura 7.- Valores ecointegrados de krill por profundidad según horas del día

Tabla 3.- Estimación de biomasa acústica del krill. Frecuencia 120 kHz

Frecuencia	120 kHz
Número de valores :	345.00
NASC (m ² /mn ²) ponderado :	194.421844
Varianza ponderada (NASC) :	2572.17243
CF ponderado :	0.43551279
Densidad media de krill (g/m ²) :	84.6731991
Varianza (de la densidad) :	487.867513
Coefficiente de variación :	0.26085849
Área (mn ²):	10,350.00
Desviación estándar (de la densidad) :	22.0877231
Biomasa (toneladas) :	876,367.61
Número de individuos :	1.85E+12

La abundancia por grados de latitud, fue mayor en el grado 62°S, y menor en 61°S y 63°S, lo que corresponde al sector entre las islas Rey Jorge y Gibbs en el extremo Este del estrecho (Fig. 9). Según grados de longitud, la biomasa fue mayor en los grados 59°W y 56°W, lo que corresponde, respectivamente a las zonas cubiertas por los transectos 2, 3, 9 y 10 (Fig. 10).

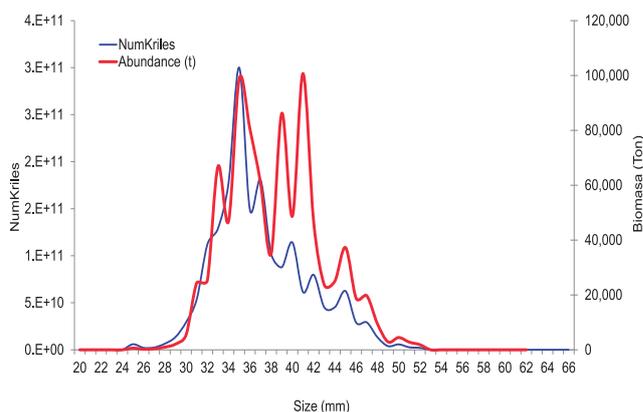


Figura 8.- Abundancia de krill por tamaños (mm). ANTAR XXI, 2013

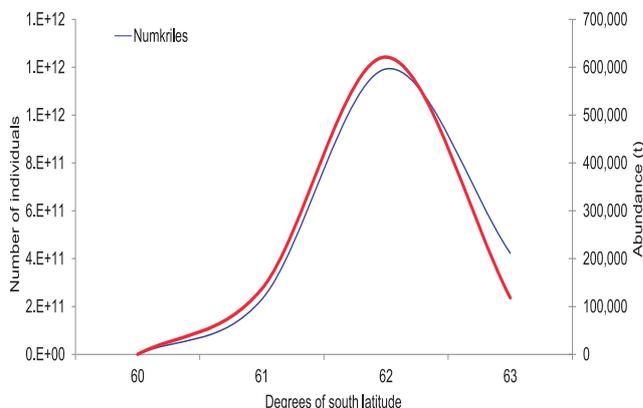


Figura 9.- Abundancia de krill por grados de latitud. ANTAR XXI, 2013

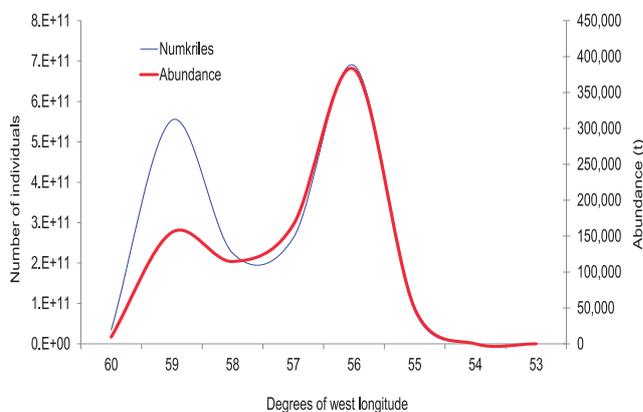


Figura 10.- Abundancia de krill por grados de longitud. ANTAR XXI, 2013

Tabla 4.- Estimación de la biomasa del krill por transectos. Frecuencia de 120 kHz. ANTAR XXI, 2013

Transecto	N	Área		Promedio Sa	Densidad media (g/m ²)	Abundancia (t)
		Krill mn ²	Suma Sa			
1	34	420	1,494	43,94	19,14	13,233
2	40	1.200	13,413	335,32	146,04	118,801
3	42	690	6,486	154,42	67,25	60,269
4	40	870	2,172	54,30	23,65	69,518
5	37	810	2,268	61,31	26,70	21,259
6	30	720	1,372	45,74	19,92	40,397
7	39	840	18,246	467,86	203,76	258,575
8	39	1.170	8,291	212,60	92,59	104,393
9	29	870	9,747	336,10	146,38	138,847
10	15	450	3,585	239,03	104,10	51,075
Total	345	8.040	67,076	1.950,62	849,52	876,368

RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE ENJAMBRES DE KRILL Y CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES

El rango de temperatura en que se detectaron los enjambres varió entre -1,0 y 1,5 °C pero con mejores relaciones entre -0,8 a 0,9 °C. Con respecto a la salinidad, las agregaciones del krill se observaron en un amplio rango variando entre 33,96 y 34,35 ups (Fig. 11).

EXPERIMENTO DE COMPORTAMIENTO DE ENJAMBRES DE KRILL

El experimento, se realizó del 2 al 4 de febrero 2013, en una zona en mar abierto entre las islas Rey Jorge y Elefante con profundidades mayores a 900 m. Durante

el experimento, se efectuaron giros en sentido horario en un cuadrilátero de 4x2 mn de lado, cada giro a esta zona fue seguido de una estación y un lance de pesca. En total se efectuaron 11 giros y 6 lances de comprobación (Fig. 12).

El comportamiento del krill varió durante las horas del día, se observaron patrones característicos en la dinámica vertical y densidad de los enjambres de krill que estuvieron relacionados con las horas diurnas (5 – 22) y nocturnas (22 – 5).

Durante el día los enjambres de krill se distribuyeron principalmente entre 20 y 60 m de profundidad, las agregaciones registradas entre las 6 y 18 horas presentaron altas densidades y se localizaron principalmente entre 25 y 50 m. Durante la noche, el comportamiento típico del krill es superficial, entre las 22 y 4 horas se detectó en capas densas dentro de los primeros 20 m de profundidad (Figs. 13, 14).

RELACIÓN DE LOS ENJAMBRES DE KRILL CON RESPECTO A LAS HORAS DEL DÍA Y PROFUNDIDAD

El krill durante el día (5-11 y 16-18 hs) se presentó en enjambres con altas densidades, que durante el amanecer (4-8 hs) tienen mayor altura. Conforme transcurrieron las horas de luz, disminuyó la extensión de estas agregaciones que se localizaron entre los 20 y 50 m de profundidad. Durante la noche (22-4 horas) el krill se encontró disgregado y muy disperso, presentando extensas capas o manchas muy cerca de la superficie hasta los 20 m de profundidad (Fig. 15).

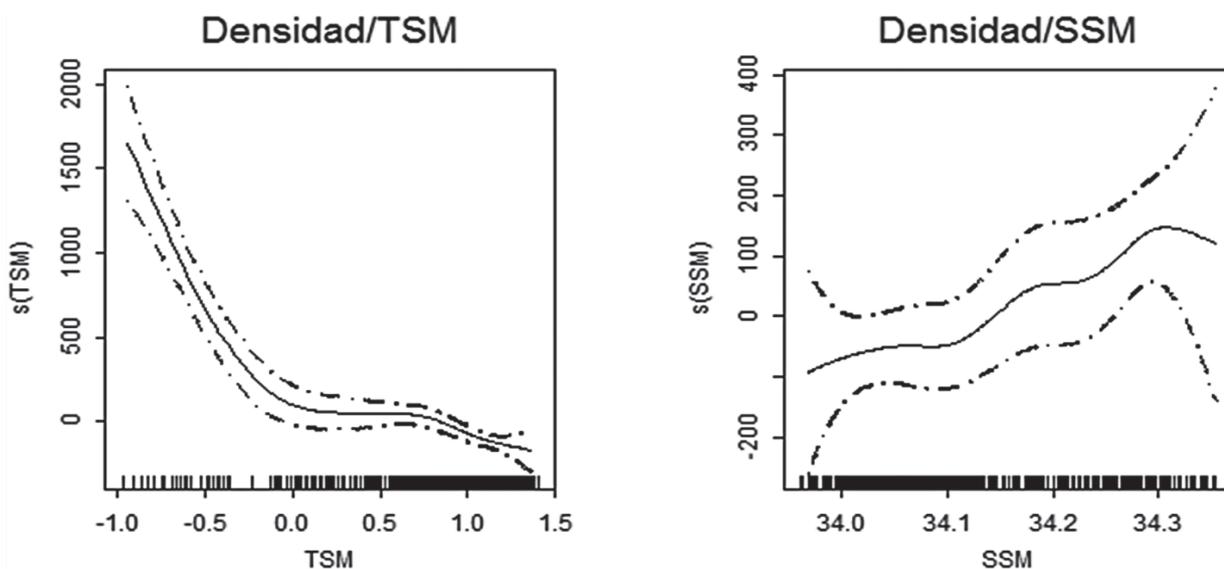


Figura 11.- Correlación entre los valores ecointegrados de krill y las variables oceanográficas superficiales. ANTAR XXI, 2013

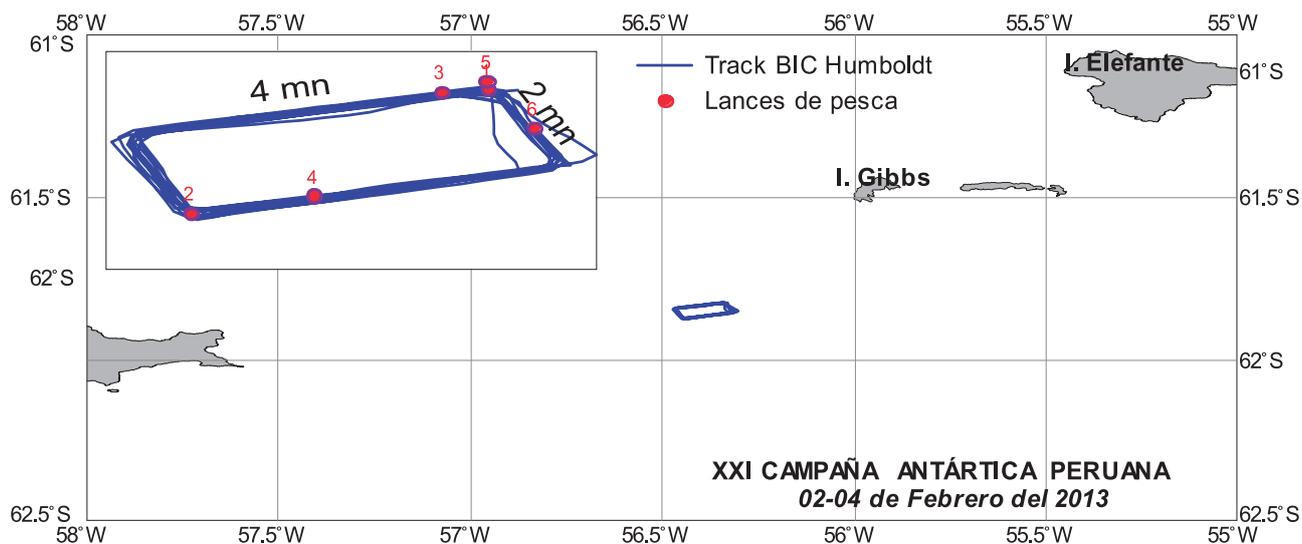


Figura 12.- Localización de lances de pesca durante el experimento de comportamiento de enjambres de krill

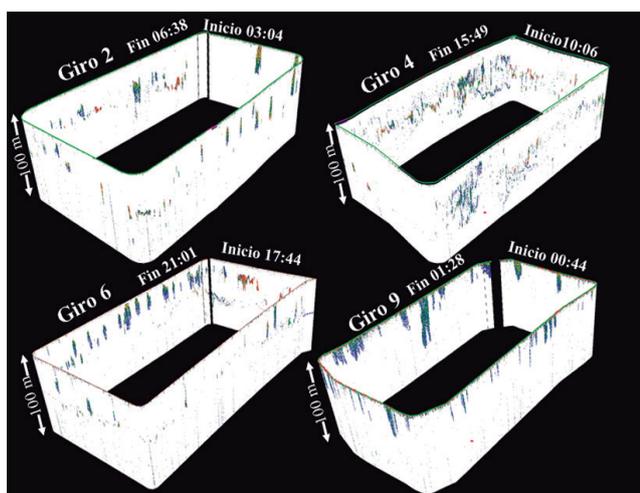


Figura 13.- Arreglo tridimensional de los registros acústicos en cada giro. ANTAR XXI, 2013

CARACTERÍSTICAS DE LOS ENJAMBRES DE KRILL

Las principales características (densidad, extensión y altura) de los enjambres variaron según las horas de luz y noche. Durante horas de luz, se incrementó el número y la densidad de los enjambres de krill, se registraron 354 agregaciones principalmente con densidades bajas y medias entre 40 y 5.000 m^2/mn^2 respectivamente, en algunos casos alcanzaron densidades altas llegando a medir entre 10.000 y 14.000 m^2/mn^2 . En la noche se registraron solo 118 enjambres de krill con densidades entre 80 y 4.000 m^2/mn^2 densidades bajas y medias respectivamente y pocas agregaciones con densidades altas superiores a 5.000 m^2/mn^2 .

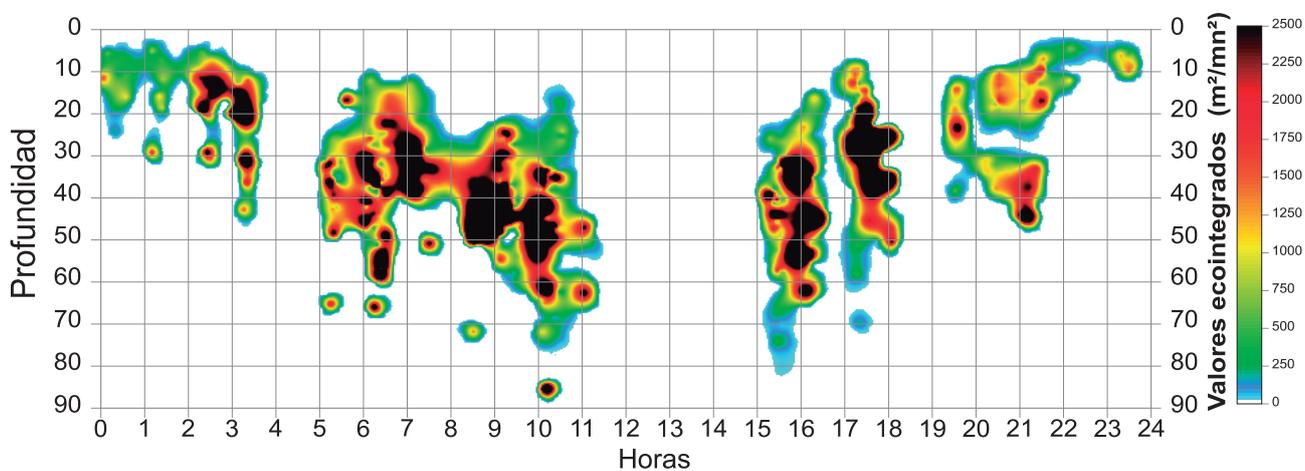


Figura 14.- Profundidad y densidad relativa de los enjambres de krill según las variaciones horarias. ANTAR XXI, 2013

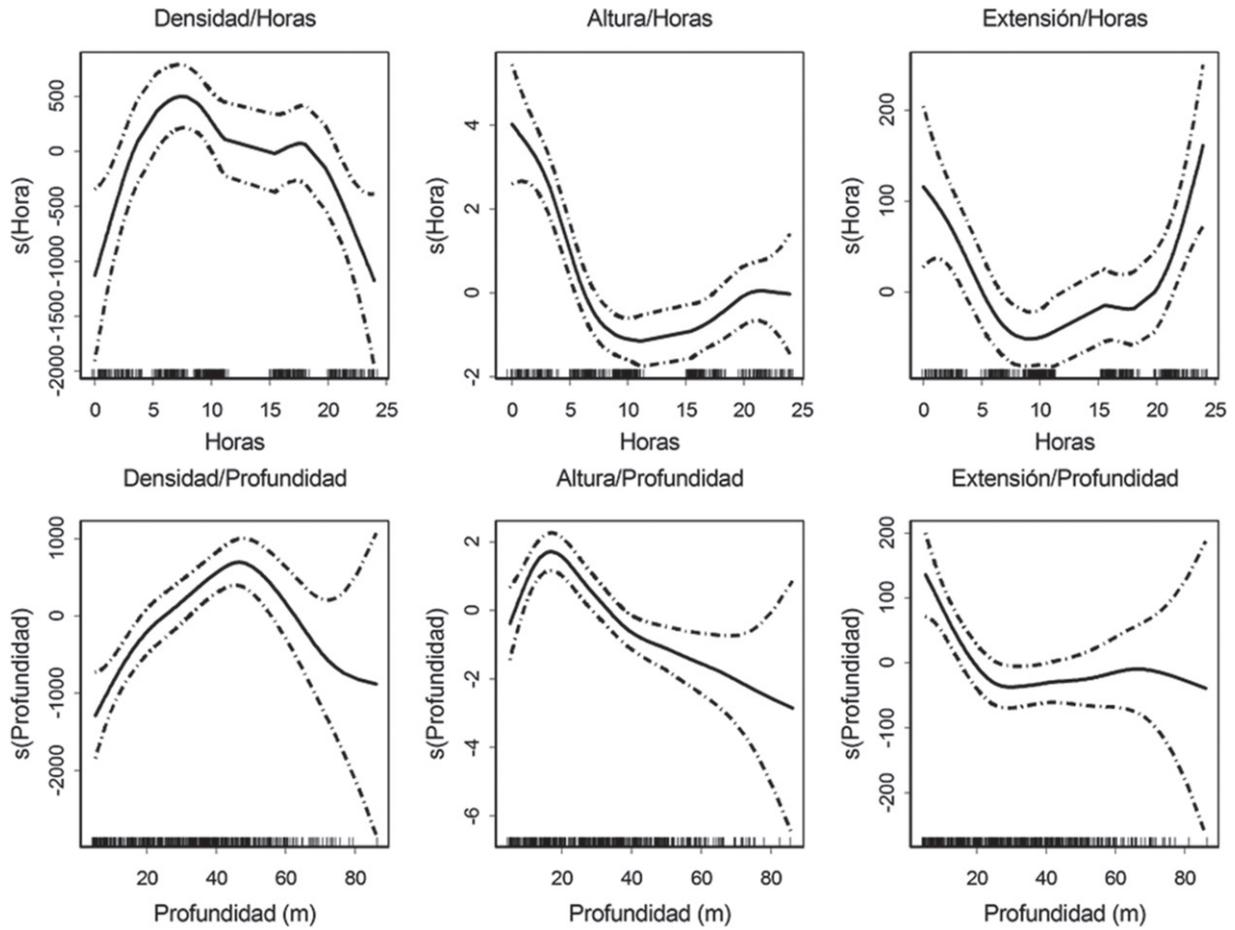


Figura 15.- Características físicas de los enjambres de krill en el experimento de comportamiento. ANTAR XXI, 2013

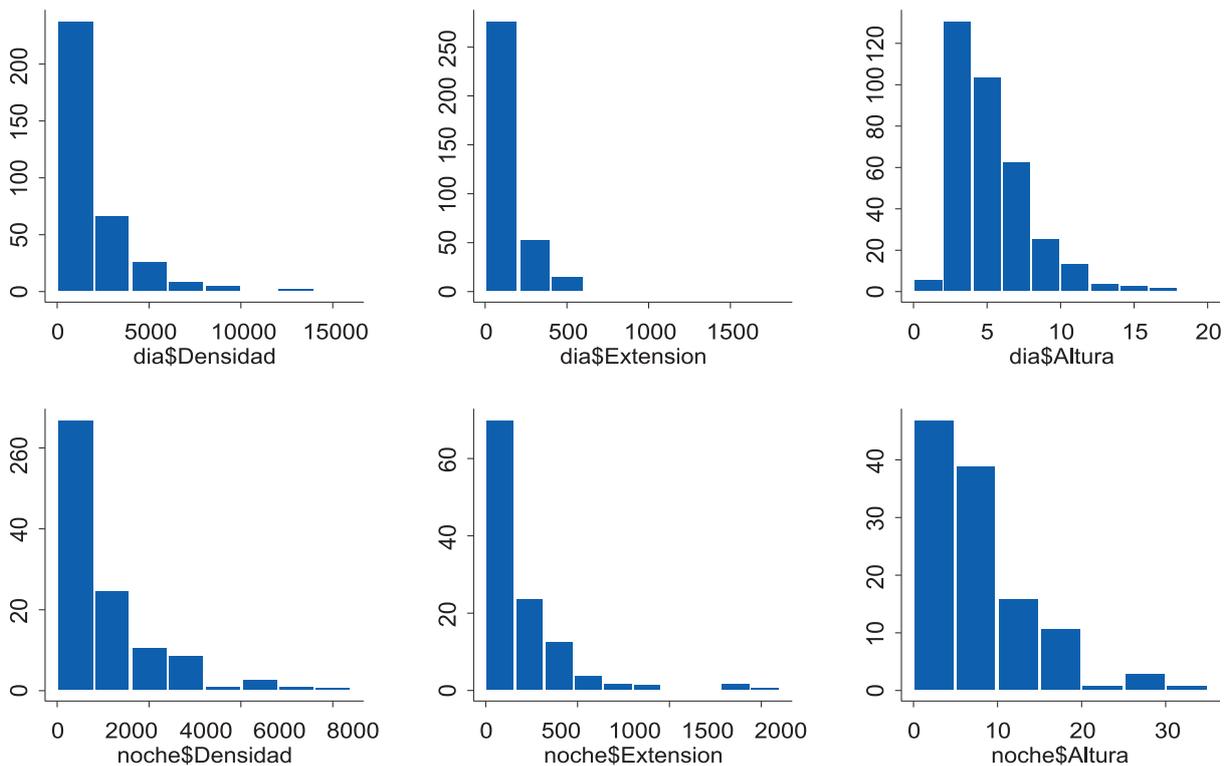


Figura 16.- Densidad, extensión y altura de los enjambres de krill. ANTAR XXI, 2013

En cuanto a la extensión de los ecotrazos de krill, durante las horas de luz se presentaron más estrechos alcanzando hasta 500 m de longitud, sin embargo, durante la noche prevalecieron estratos o capas de krill con extensiones de 10 a 1.000 m, alcanzando hasta 2.000 m longitud (Fig. 16). En el caso de la altura, en general los enjambres de krill se presentaron ligeramente más altos durante las horas de oscuridad alcanzando hasta 30 m pero durante el día esta altura alcanzó hasta 18 m.

4. CONCLUSIONES

La mayor zona de distribución de krill se observó al Este del estrecho de Bransfield entre las islas Rey Jorge y Gibbs con densidades medias y altas, coincidiendo masas de agua más frías con zonas de relativa alta salinidad, mientras que del lado oeste del estrecho, entre las Islas Decepción y Torres se detectó un núcleo más pequeño con las mismas densidades pero coincidiendo con temperaturas más altas y salinidades más bajas.

Los enjambres de krill entre las 6 y 18 hs estuvieron localizados en altas densidades, principalmente entre 25 y 50 m de profundidad y entre las 22 y 4 hs en los primeros 20 m de profundidad

5. REFERENCIAS

- AMLR 1997/1998. 1998. Field Season Report, objectives, accomplishments and tentative conclusions. Ed. Jane Martin .Southwest Fisheries Science Center. Antarctic Ecosystem Research Group, Administrative Report LJ-98-07. 166 pp.
- AMLR 2009/2010. 2011. Field Season Report, objectives, accomplishments and tentative conclusions. Ed. Amy Van Cise. Southwest Fisheries Science Center. Antarctic Ecosystem Research Division NOAA-TM-NMFS-SWFSC-470, 66 p.
- COSSIO A M, REISS C. 2011. Bioacoustics survey. In: AMLR 2009/2010. 2011. Field Season Report, objectives, accomplishments and tentative conclusions. Ed. Amy Van Cise. Southwest Fisheries Science Center. Antarctic Ecosystem Research Division NOAA-TM-NMFS-SWFSC-470, 12-16 p.
- DEMER D A, HEWITT R P. 1995. Bias in acoustic biomass estimates of *Euphausia superba* due to diel vertical migration. Deep Sea Research 42: 455-475.
- DEMER D A, CONTI S G. 2005. New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. ICES Jour. Mar. Sci. 62: 25-32.
- FOOTE K G, KNUDSEN H P, VESTNES D N, MACLENNAN D N, SIMMONDS E J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop. Res. Rep. 144:1-69.
- GREENE C H, STANTON T K, WIEBE P H, McCLATCHIE S. 1991. Acoustic estimates of Antarctic krill. Nature, 349: 110.
- GREENLAW C, JOHNSON R. 1983. Multiple frequency acoustical estimation. Biological Oceanography, Vol.2, Number 2, 3-4: 227-252.
- HEWITT R P, WATKINS M, NAGANOBU V, SUSHIN A, BRIERLEY S, DEMER D A, KASATKINA S, TAKAO Y, GOSS C, MALYSHKO A, BRANDON M, KAWAGUCHI S, SIEGEL V, TRATHAN P, EMERY J, EVERSON I, MILLER D. 2004. Biomass of Antarctic krill in the Scotia Sea in January/February 2000 and its use in revising an estimate of precautionary yield. Deep-Sea Research 2 (51):1215-1236.
- HOLLIDAY D V. 1977. Extracting biophysical information from acoustic signatures of marine organisms. Oceanic Sound Scattering Prediction. Edited by N. Andersen and B. Zahuraneo, Plenum Press: 619-624.
- 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.
- McGEHEE D, O'DRISCOLL R, MARTIN L. 1998. Effects of orientation on acoustic scattering from Antarctic krill at 120 kHz. Deep-Sea Research II 45: J 273-1294
- WATKINS J L, BRIERLEY A S. 2002. Verification of the acoustic techniques used to identify Antarctic krill. - ICES Journal of Marine Science, 59: 1326-1336.