



ISSN 0378 - 7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME

Nº 126

Agosto, 1997



Callao, Perú

Asesor científico

Dr. Rómulo Jordán Sotelo

Conducción editorial

Dr. Pedro Aguilar Fernández

© 1997. Instituto del Mar del Perú

Esquina Gamarra y General Valle

Apartado Postal 22

Callao, PERU

Teléfono 429.7630 / 420.2000

Fax (511) 465 6023

E-mail: imarpe+@amauta.rcp.net.pe

Hecho el depósito de ley.

Reservados todos los derechos de reproducción total o parcial, la fotomecánica y los de traducción.

ISSN: 0378-7702 (International Center for the Registration of Serials, Paris).

Impresión: VISUAL SERVICE SRL.

José de la Torre Ugarte 433 - Lince.

Teléfono 442.4423

Portada: Colonia del piquero peruano en reproducción. Isla Mazonca. Mayo 1995.

Foto: Biólogo Aquiles García-Godos.

BIOMASA Y DISTRIBUCIÓN DEL KRILL (*EUPHAUSIA SUPERBA*) EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD DURANTE LAS OPERACIONES PERÚ ANTAR I, II Y III

Mariano Gutiérrez Torero¹

RESUMEN

GUTIÉRREZ M. 1996. Biomasa y distribución del krill (*Euphausia superba*) en el Estrecho de Bransfield durante las Operaciones - Perú ANTAR I, II y III. Inf. Inst. Mar Perú : 7-20.

Las Operaciones Perú ANTAR I, II y III se ejecutaron entre los meses de enero y febrero de 1988, 1989 y 1991, respectivamente, a bordo del BIC Humboldt en el Estrecho de Bransfield (Península Antártica), ampliándose el área de estudio, en ANTAR III, a los alrededores de la Isla Elefante.

Se presentan la distribución horizontal y vertical así como los estimados de biomasa del krill (*Euphausia superba*) determinados en el área de estudio en tales expediciones. En todos los casos se emplearon los mismos equipos y similares metodologías. Se incluye una revisión de los antecedentes de evaluación acústica del krill tendientes al cálculo de su biomasa en la zona del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante.

Los estimados de biomasa fueron los siguientes: en ANTAR I, $17,0 \times 10^6$ t ($\pm 29,41\%$) con una densidad de $536,05$ g/m²; en ANTAR II, $5,67 \times 10^6$ t ($\pm 16,66\%$) con una densidad de $176,66$ g/m²; y en ANTAR III, $8,43 \times 10^6$ t ($\pm 12,0\%$) con una densidad de $200,93$ g/m².

Las principales zonas de concentración del krill se observaron entre la Isla Rey Jorge e Isla Elefante en ANTAR I; entre las Islas Bravante y Livingstone en ANTAR II; y, entre las Islas Decepción y Trinidad, y al norte de la Isla Elefante, en ANTAR III.

PALABRAS CLAVE: Krill, *Euphausia superba*, Antártida, ANTAR I, ANTAR II, ANTAR III, distribución, fuerza de blanco, evaluación acústica, biomasa, Perú.

ABSTRACT

GUTIÉRREZ M. 1996. Krill (*Euphausia superba*) biomass and distribution in the Bransfield Strait during the Peruvian ANTAR Surveys I, II and III. Inf. Inst. Mar Perú 123:7-20

Peruvian Surveys ANTAR I, II, III were carried on during January and February of 1988, 1989 and 1991, respectively. Surveys were conducted along the Bransfield Strait (Antarctic Peninsula) on board of the RV Humboldt. During ANTAR III, studies were extended to Elephant Island adjacent waters.

Krill horizontal and vertical distributions and biomass estimations obtained from these expeditions are presented. Same equipment and similar methodology were used in all surveys. A review of previous krill acoustics evaluations conducted in the Bransfield Strait and Elephant Island is included.

Biomass estimations results were: in ANTAR I, $17,0 \times 10^6$ t ($\pm 29,41\%$) with a density of $536,05$ g/m²; in ANTAR II, $5,67 \times 10^6$ t ($\pm 16,66\%$) with a density of $176,66$ g/m²; and in ANTAR III, $8,43 \times 10^6$ t ($\pm 12,0\%$) with a density of $200,93$ g/m².

Higher concentrations of krill were observed during ANTAR I between King George and Elephant Islands; during ANTAR II, between Bravante and Livingstone Islands; and in ANTAR III the main areas were between Deception and Trinity Islands and at the north of Elephant Island.

KEY WORDS: krill, *Euphausia superba*, Antarctic, ANTAR I, ANTAR II, ANTAR III, distribution, target strength, acoustic assessment, biomass, Peru.

¹ Dirección de Tecnología de Detección. DGIP. IMARPE.

INTRODUCCION

Al ser cada vez mayores los requerimientos alimenticios de la población mundial, es también mayor la explotación de recursos vivos. El hombre, en permanente búsqueda de nuevas fuentes proteicas, explota sistemáticamente desde hace unas décadas los stocks de krill antártico. El esfuerzo pesquero sobre esta especie es cada vez mayor y por esta razón es preciso realizar un monitoreo permanente de los volúmenes disponibles de krill, como una forma de preservar el equilibrio de la cadena ecológica de la Antártida cuyo principal eslabón es, sin duda, el krill.

Una de las tecnologías útiles para evaluar el nivel de abundancia, así como la distribución y comportamiento de especies marinas es la hidroacústica. En el caso del krill, y al interior del Programa BIOMASS (Biological Research of Marine Antarctic System and his Stocks), se efectuaron actividades de investigación denominadas FIBEX y SIBEX (First, Second International Biomass Experiment) orientados a determinar los niveles de biomasa de especies como el krill en distintas zonas de la Antártida, valiéndose, principalmente, de métodos hidroacústicos.

El Perú, que inició sus actividades científicas en la Antártida en 1988, enmarcó éstas en el Programa BIOMASS, a través de sus Operaciones ANTAR, de las que se han ejecutado siete a la fecha. En las tres primeras (ANTAR I, II y III) se efectuaron, entre otros, estudios hidroacústicos orientados a la evaluación acústica del krill en el Estrecho de Bransfield (Península Antártica) y alrededores de la Isla Elefante.

Este trabajo expone y analiza los resultados de dichos estudios sobre el krill, además de otros realizados por investigadores de diversos países, y pretende ser un aporte al conocimiento nacional acerca de la Antártida y sus recursos.

ANTECEDENTES

En 1981 se ejecutó el primer intento de evaluar acústicamente el krill por medio de la Operación FIBEX, siguiendo el SIBEX I entre 1983 y 1984 y el SIBEX II entre 1984 y 1985. En la tabla 1 se presentan los resultados de algunas de las evaluaciones orientadas a cuantificar la biomasa de krill. En la tabla 2 se consignan los estimados de biomasa de evaluaciones acústicas hechas en la zona de la Isla Elefante y que están todas basadas en la magnitud del TS del krill.

La fuerza de blanco en decibeles (TS ó target strength) es el valor matemático que expresa la capacidad reflectiva de un determinado cuerpo u objeto y es el valor del que depende la magnitud de los estimados de biomasa. TS es usualmente calculado utilizando relaciones logarítmicas basadas en la talla y peso de los especímenes y que, a su vez, pueden hallarse una a partir de la otra. Según EVERSON (1987a), exceptuando las hembras grávidas, se pueden aplicar ecuaciones generales. Del sumario de información del FIBEX (1984) se extraen algunas relaciones recomendadas (EVERSON 1987a):

a) Longitud-peso:

$$w = 0,000925 L^{3,55}$$

Donde,

w: peso en gramos (g).

L: longitud en centímetros (cm).

b) TS

Frecuencia Ecuación

$$120 \quad TS = 19,9 \log L - 95,7$$

$$50 \quad TS = 19,9 \log L - 90,5$$

$$200 \quad TS = -68,1 \text{ (krill de 42mm, 0,62g)}$$

Donde:

L : Longitud (mm).

K.G. FOOTE (en comunicación personal, Lima, mayo de 1994) sostiene que en reciente estudio aún

Tabla 1. Biomasa para la zona del estrecho de Bransfield (Evaluaciones acústicas)

Fecha	Operación	Área (mn ²)	Biomasa (t)	Densidad (Según publicación)	Densidad(g/m ²)	Evaluador
Feb-Mar 1981	FIBEX	6 622,00	2 271 360	436 t/mn ²	100,00	Kalinowski, 1986
Feb-Mar 1981	FIBEX	84,72	136 000	4,68 g/m ³	468,00	BIOMASS, 1986
Feb-Mar 1981	FIBEX	5 878,00	448 795	76,2 t/mn ³	22,26	Lillo y Guzmán, 1982
Feb-Mar 1981	FIBEX	72,32	800 000	32,25 g/m ³	3 225,00	BIOMASS 1986
Oct-Nov 1983	SIBEX I	20 927,00	51 680	7,2 g/1000 m ³	0,72	Klindt, 1986
Dic-Ene 1983-84	SIBEX I	23 388,00	70 593	3,03 t/mn ²	0,88	Kalinowsky et.al. 1985
Nov-Dic 1984	SIBEX II	20 204,00	379 750	54,8 g/1000 m ³	5,48	Klindt, 1986
Mar-Abr 1985	SIBEX II	18 491,00	16 490	2,59 g/1000 m ³	0,26	Klindt, 1986

Fuente: EVERSON, 1987b

Tabla 2. Biomasa para la zona de la Isla Elefante (Evaluaciones acústicas). Fuente: HEWITT y DEMER (1994)

Mes/Año	Area (mn ²)	Biomasa (t)	Densidad (g/m ²)	Referencia
Mar-81	5 055	790 000	68.5	Macaulay, no publicado
Mar-84	5 055	260 000	22.5	Macaulay, no publicado
Nov-84	10 106	380 000	63.7	Klindt, 1986
Mar-85	9 283	16 000	8.4	Klindt, 1986
Ene/1987	5 055	660 000	57.2	Macaulay, no publicado
Ene/1988	5 055	480 000	41.6	Macaulay, no publicado
Feb-89	5 055	950 000	82.4	Macaulay, no publicado
Ene/1990*	11 925	465 000	17.1	Amos et al., 1990
Ene/1990**	10 575	1 132 000	46.9	Amos et al., 1990
Feb/1990*	11 925	2 133 000	78.4	Amos et al., 1990
Feb/1990**	11 925	2 475 000	90.9	Amos et al., 1990
Ene/1991**	12 675	689 000	23.8	Macaulay y Mathisen, 1991
Feb/1991**	12 525	822 000	28.8	Macaulay y Mathisen, 1991
Ene/1992**	10 575	2 220 000	61.2	Hewitt y Demer, 1993
Mar-92	10 575	1 075 000	29.6	Hewitt y Demer, 1993
Ene/1993	10 575	4 880 000	134.5	Hewitt y Demer, 1993, en prensa
Feb-93	10 575	3 200 000	88.2	Hewitt y Demer, 1993, en prensa

* a comienzos
 ** a fines

por publicar se llega a la conclusión de que, al menos para 120 kHz, el TS del krill es de 10 dB mayor de lo obtenido por medio de experimentos con krill vivo, es decir:

$$TS_{120} = TS + 10 \text{ dB}$$

FOOTE manifestó, además, que la ecuación más reciente determinada por él y sus colaboradores, para 120 kHz, es la siguiente:

$$TS = 20 \log L - 95,4$$

Sin embargo, en el Grupo de Trabajo sobre acústica del último taller de la CCAMLR (CCA-MLR, 1995) relativo al krill, que se desarrolló en Sudáfrica en agosto de 1994 se llegó, entre otras, a la conclusión de que las regresiones lineales de TS con el logaritmo de la talla o el peso del animal podrían ser engañosas. El grupo de trabajo concluyó, además, en que los criterios que utilizan más de una frecuencia se acercan más hacia la correcta identificación del blanco.

En cuanto a la frecuencia de sonido, para organismos pequeños como el krill es conveniente utilizar altas frecuencias. GREEN *et al.* (1990) reconocen, por su experiencia y la de otros, que las únicas frecuencias que deban utilizarse para evaluar krill deben ser, por lo menos, de 120 kHz.

Como muestra de la variabilidad de los resultados que se pueden esperar al emplear distintas frecuencias, equipos, valores de TS y sistemas de procesamiento de datos, se presenta un resumen de un estudio presentado por MACAULAY (1987), quien uti-

lizó simultáneamente dos sistemas de eointegración en enero de 1987 a bordo del RV Profesor Siedlecki:

- 120 kHz (SIMRAD) de 6 a 180 m (análogo) y eointegrador SIMRAD QM MK-II.
- 200 kHz (BIOSONICS) de 6 a 250 m (digital) y eointegración por medio de un software y hardware especial.

El área evaluada fue el Estrecho de Bransfield en las proximidades de la Isla Rey Jorge (3 000 mn²) y alrededores de la Isla Elefante (7 346 mn²).

El resultado de la integración análoga (120 kHz) dio 519 241 t, y de la eointegración digital fue 1 192 070 t (tabla 3). La ecuación de biomasa empleada fue la siguiente:

$$\bar{B} = 3.43 \bar{G} \cdot \bar{w}$$

$$\bar{G} = 10^{0.1(\bar{Sv} + 10 \log \Delta R - \bar{TS})}$$

$$\bar{TS} = 19.9 \log L - 95.7$$

$$\bar{Sv} = -75.81 + 10 \log I$$

Donde:

- \bar{B} : abundancia media (t/mn²)
- \bar{G} : abundancia krill (n/m²)
- \bar{w} : peso medio krill (g)
- \bar{Sv} : volumen de muestreo (dB)
- ΔR : ancho de la capa de integración (m)
- \bar{TS} : fuerza de blanco (dB)
- I : deflexión del integrador para 1 mn (mm)
- L : longitud (cm)

Tabla 3. Comparación entre la biomasa obtenida por los dos sistemas de ecointegración

Zona	Distancia navegada (mn)	Area cubierta (mn ²)	Biomasa 120 kHz (t)	Biomasa 200 kHz (t)
Estrecho de Bransfield	406	3 000	125 160	210 627
Isla Elefante	889	7 346	394 081	981 443
Total	1 295	10 346	519 241	1 192 070

Fuente: MACAULAY, 1987

MATERIALES

Los estudios fueron realizados por investigadores del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), a bordo del BIC Humboldt, un buque de exploración de 76 m de eslora diseñado para investigaciones pesqueras, de propiedad del IMARPE. Los equipos empleados en la evaluación hidroacústica fueron los mismos para las tres Operaciones ANTAR (I, II y III) y comprendieron lo siguiente:

Sistema de ecointegración análogo:

Ecosonda científica SIMRAD EK-120 kHz
Ecointegrador análogo SIMRAD QM MK-II
Registrador Hewlett Packard 7702-B

Sistema de calibraciones:

Panel de equipos de calibración SIMRAD
Osciloscopio Hewlett Packard 141-B
Hidrófono de prueba B&K 8104
Esfera de cobre de 60 mm de diámetro
Jaula cilíndrica de calibración
Transductor externo SIMRAD de 120 kHz

Sistema de procesamiento de datos:

Computadora
Impresora
Planímetro

Equipos auxiliares y de pesca:

Ecosonda científica SIMRAD EK 12 kHz
Indicador de profundidad SIMRAD IS
Net-sonda SIMRAD ET-102 de 49 kHz
Sistema hidráulico de pesca de arrastre pelágico y red Engel 988/400 modificada con sobre copo para la captura de krill.

MÉTODOS

La evaluación de la biomasa y distribución del krill se realizó de idéntica manera en todos los casos, de

acuerdo al siguiente procedimiento:

Calibración electrónica.- Se comprobó el funcionamiento apropiado de la ecosonda y ecointegrador utilizando el panel de calibración y el osciloscopio.

Calibración acústica.- Se revisó el funcionamiento acústico de la ecosonda a través de la medición del TS de una esfera de cobre, el cual alcanzó un valor de acuerdo a la frecuencia y a las especificaciones del fabricante.

Calibración con krill vivo.- Se realizó con la finalidad de obtener C (constante de ecointegración para el krill) la cual es indirectamente dependiente del TS de la especie. Se ejecutó en todos los casos de acuerdo al método descrito por JOHANNESON y VILCHEZ (1981). Para ello se utilizó la jaula de calibración, el transductor externo y el sistema análogo de ecointegración. C se determinó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C = 3.43 \frac{N \cdot w \cdot AR}{V(Mo - Mc)}$$

Donde:

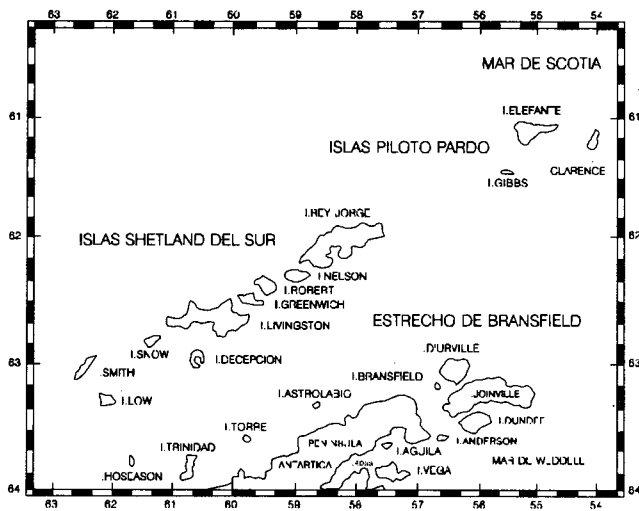
N : Número de especímenes
w : peso promedio krill (t)
AR: capa de integración (m)
V : Volumen de jaula (m³)
Mo: Promedio del integrador (mm)
Mc: Promedio del integrador con jaula vacía (mm)

Determinación de estratos.- Se realizó un muestreo lineal estratificado según lo descrito por JOHANNESON y VILCHEZ (1981), en el cual cada estrato es 10 veces mayor que el siguiente. De acuerdo a los valores máximos observados para M (deflexión del integrador en milímetros) se determinaron los estratos para cada una de las Operaciones ANTAR (tabla 4).

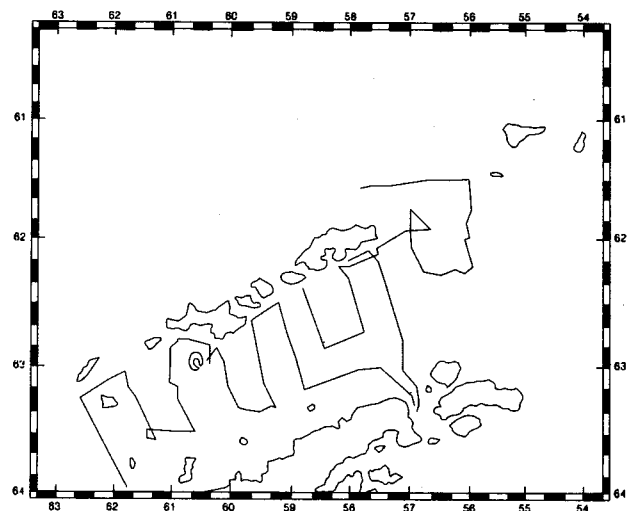
Tabla 4. Valores máximos y mínimos para los estratos o categorías de abundancia relativa utilizadas.

Estrato o Categoría	Lectura del ecointegrador (mm)		Calificación
	ANTAR I	ANTAR II y III	
O	0	0	nulo
D	1 a 100	1 a 10	muy disperso
C	101 a 1000	11 a 100	disperso
B	1001 a 10000	101 a 1000	denso
A	más de 10000	más de 1000	muy denso

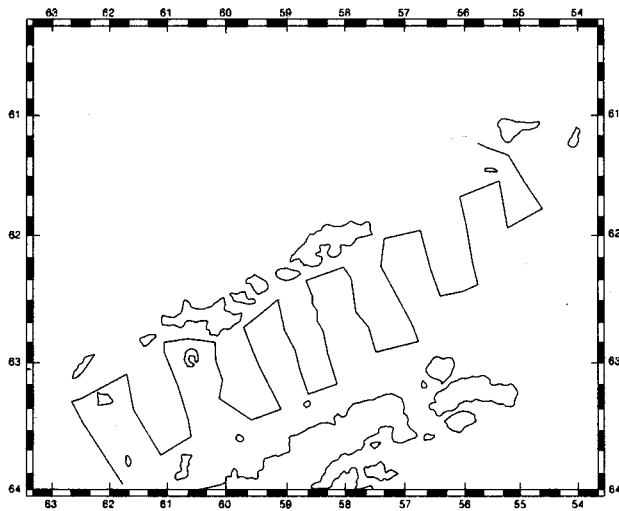
Fuente: VILCHEZ et al., 1988, 1989, 1991



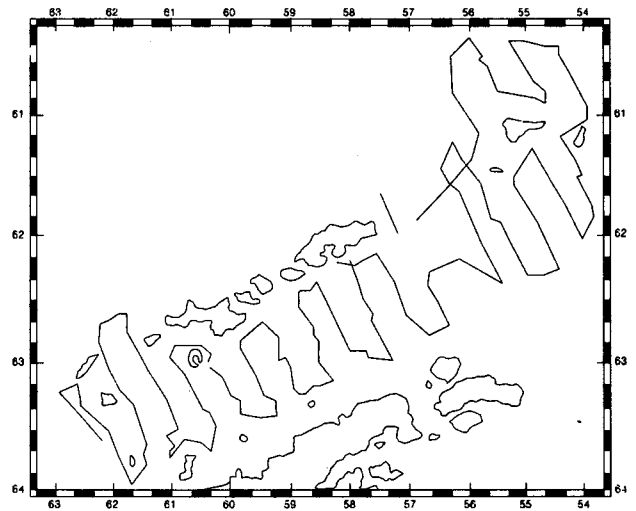
Zona peninsular de la sub-área 48.1



Trajectos ejecutados. Operación PERU ANTAR I



Trajectos ejecutados. Operación PERU ANTAR II



Trajectos ejecutados. Operación PERU ANTAR III

Figura 1. Estrecho de Bransfield y trayectos ejecutados en las tres primeras Operaciones Antárticas.

Archivo de la información.- Se archivó la información en ficheros ASCII utilizando la computadora y un paquete de programas desarrollado en el Instituto del Mar para determinar la biomasa de recursos, límites de confianza, distribuciones verticales, posiciones de UBM (Unidad Básica de Muestreo) etc. Los UBM tuvieron una extensión, en todos los casos, de 2 mn.

Procesamiento.- Utilizando el fichero de deflexiones, se calculó con el programa la media aritmética, sumatoria, varianza, etc. de los valores de M (deflexión del econtegrador durante cada UBM) para cada estrato y grado de longitud. Las áreas de distribución fueron delimitadas por contorno y su magnitud determinada por medio del planímetro. Posteriormente se calculó la biomasa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W_B = C \sum_1^n \left(\sum_{j=1}^4 A_j \cdot M_j \right)$$

Donde:

W_B : biomasa (t)

n : número de grados de long. involucrados en la evaluación

C : constante (t/mm/mn²)

A_j : área ocupada por cada estrato (mn²)

M_j : valor medio integrado por estrato (mm)

Paralelamente se determinó la distribución vertical de enjambres para las horas del día y de la noche (04 a 22 y 22 a 04, respectivamente) y la distribución vertical de M según el mismo régimen. Para la construcción de la distribución vertical se consideró la profundidad media o profundidad del núcleo

Tabla 5. Comparación entre aspectos de ejecución de las Operaciones ANTAR

ANTAR	Período	Ct/mm/mn ²	Trayectos ejecutados	Millas navegadas	Area cubierta mn ²	Area positiva mn ²	Area negativa mn ²	Lances efectuados
I	Ene-Feb 1988	2,10	12	908	9 546	9 246	300	3
II	Ene-Feb 1989	4,13	13	884	10 615	9 362	1 253	9
III	Ene-Feb 1991	2,50	22	1 308	16 980	12 238	4 742	10

Fuente: DGIP, IMARPE

del enjambre. También se calculó la correlación «día-noche» o promedio de integración para las horas de luz (Cd) y otro para las horas de oscuridad (Cn), constituyendo ambos los índices del comportamiento del krill desde el punto de vista del régimen diario de agregación-dispersión. Se calcularon, además, los límites de confianza de la estimación de acuerdo a lo descrito por BAZIGOS (1976).

RESULTADOS

Trayectos

Los trayectos corregidos para las Operaciones Perú ANTAR I, II y III ejecutadas entre los meses de enero y febrero de los años 1988, 1989 y 1991, respectivamente, se aprecian en la figura 1. En todos los casos se hicieron modificaciones a la grilla original por razones de tiempo o de estado del mar, principalmente. La separación entre los transectos que componen la grilla tuvieron un espaciamiento en todos los casos de 18 mn.

Fuerza de Blanco (TS)

Durante ANTAR I se calculó experimentalmente el TS para el krill utilizando un osciloscopio, alcanzándose un valor de -63,0 dB para ejemplares de 46 ± 12

mm de longitud encerrados en la jaula de calibración (VÍLCHEZ *et al.* 1988).

Constante de Eointegración «C»

Se calcularon valores de «C» de 2,10; 4,13 y 2,50 t/mm/mn² para ANTAR I, II y III, respectivamente (tabla 5).

Distribución horizontal de krill

La distribución horizontal del recurso fue construida en base a los datos de los ecogramas. En todos

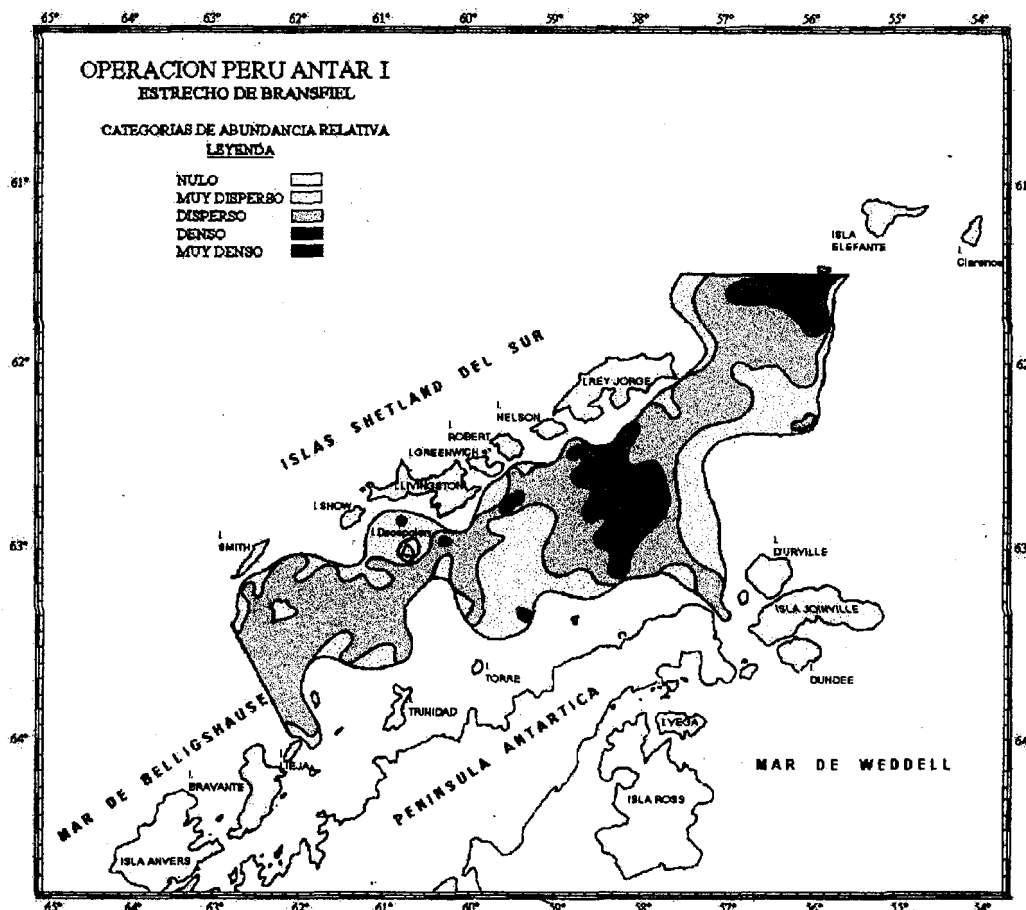


Figura 2. Distribución horizontal de krill según categorías de abundancia relativa. Operación Perú ANTAR I. Fuente: Vílchez *et al.* (1988).

los casos no se sondeó en la zona comprendida entre las 3 y 10 mn de la península e islas por seguridad de la embarcación.

Antar I

Predominaron las abundancias «muy denso» y «denso», principalmente entre las Islas Rey Jorge y Nelson. Categorías «muy disperso» se presentaron en áreas muy limitadas y más próximas a las Islas Shetland del Sur y Península Antártica (VÍLchez *et al.* 1988, figura 2).

Antar II

Se detectaron 6 pequeños núcleos de concentraciones catalogadas como «muy denso» frente a las Islas Bravante y Livingston y entre las Islas Rey Jorge y Elefante. Asimismo, núcleos muy pequeños de categorías «denso». También se detectaron enjambres de tipo «disperso» y «muy disperso» (VÍLchez *et al.* 1989, figura 3).

Antar III

Las mayores agregaciones catalogadas como «muy denso» estuvieron localizadas, una en el Estrecho de Bransfield, entre las Islas Decepción y Trinidad y otra al norte de la Isla Elefante coincidiendo con la presencia de valores altos de plancton. La categoría «denso» se distribuyó por lo general en las diversas áreas cercanas a la Península Antártica, fluctuando entre 12 y 34 mn de distancia y en las zonas aledañas a la Isla Elefante. Las categorías «disperso» y «muy disperso» se registraron en gran parte de la zona de estudio, principalmente en la zona central del estrecho (VÍLchez *et al.*, 1991, figura 4).

Distribución vertical del krill

Se presentan los resultados en forma general por número de enjambres y por eointegración. Se considera como horas de día a las comprendidas entre las 04 y 22 horas, siendo la noche el lapso entre las 22 y 04 horas, correspondiendo ello al régimen diurno-nocturno observado.

Para esta distribución se consideró como línea de superficie la profundidad a la cual se encuentra el transductor. La eointegración no comprendió, por problemas técnicos de difícil solución y que son inherentes a los métodos acústicos, los primeros ocho metros de profundidad (4,5 m de calado de la embarcación más 3,5 m de zona turbulenta debajo del transductor (figs. 5 y 6).

Antar I

Los enjambres de krill se distribuyeron en el día hasta los 230 m y en la noche hasta los 150 m. El mayor número de enjambres se congregó en el día hacia los 130 m y en la noche en los primeros 10 m. Las mayores inte-

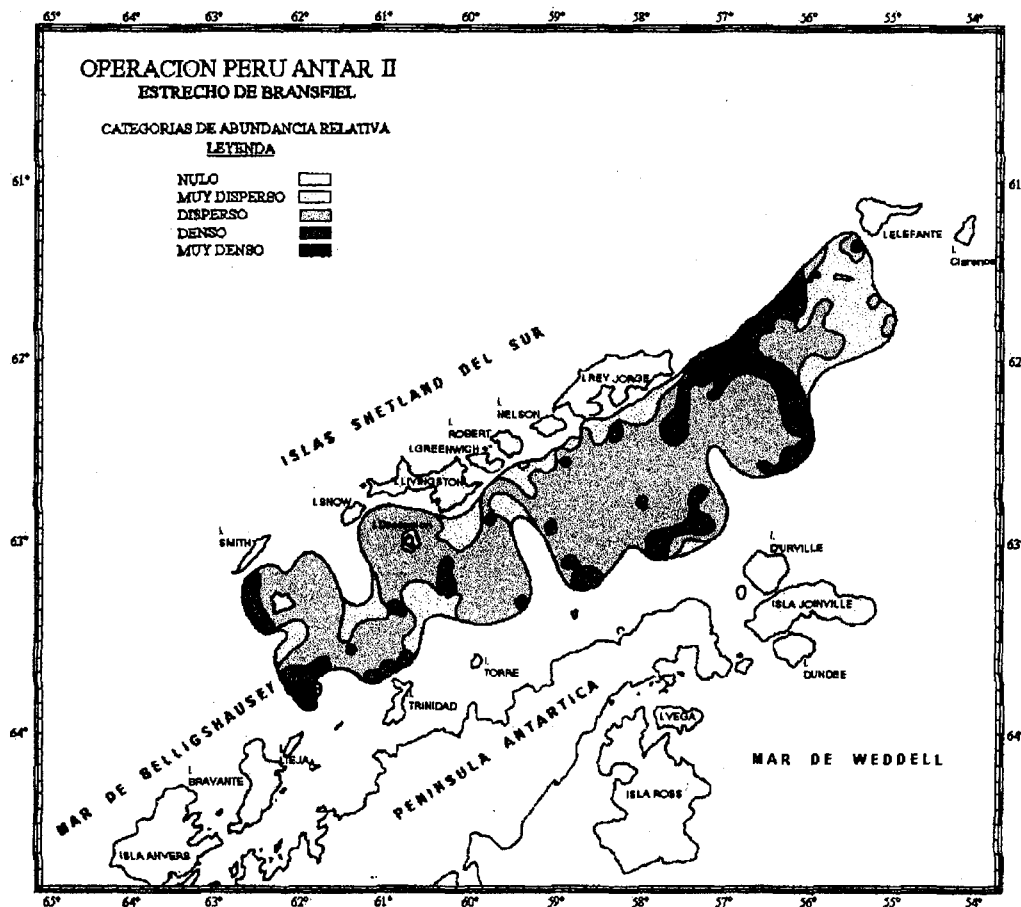


Figura 3. Distribución horizontal de krill según categorías de abundancia relativa. Operación Perú ANTAR II. Fuente: VÍlchez *et al.* (1989).

graciones estuvieron en el día hacia los 130 m y en la noche hacia los 120 m.

Antar II

Los enjambres de krill se distribuyeron hasta los 100 m tanto en el día como en la noche. En ambos casos, el mayor número de enjambres estuvo en los primeros 10 m de profundidad. En lo que respecta a la eointegración producida, la mayor se dio entre los 10 y 20 m en las horas del día, en tanto que en la noche lo fue en los primeros 10 m.

Antar III

Se detectaron enjambres en las horas del día hasta los 420 m y en la noche hasta los 330 m, sin que haya sido

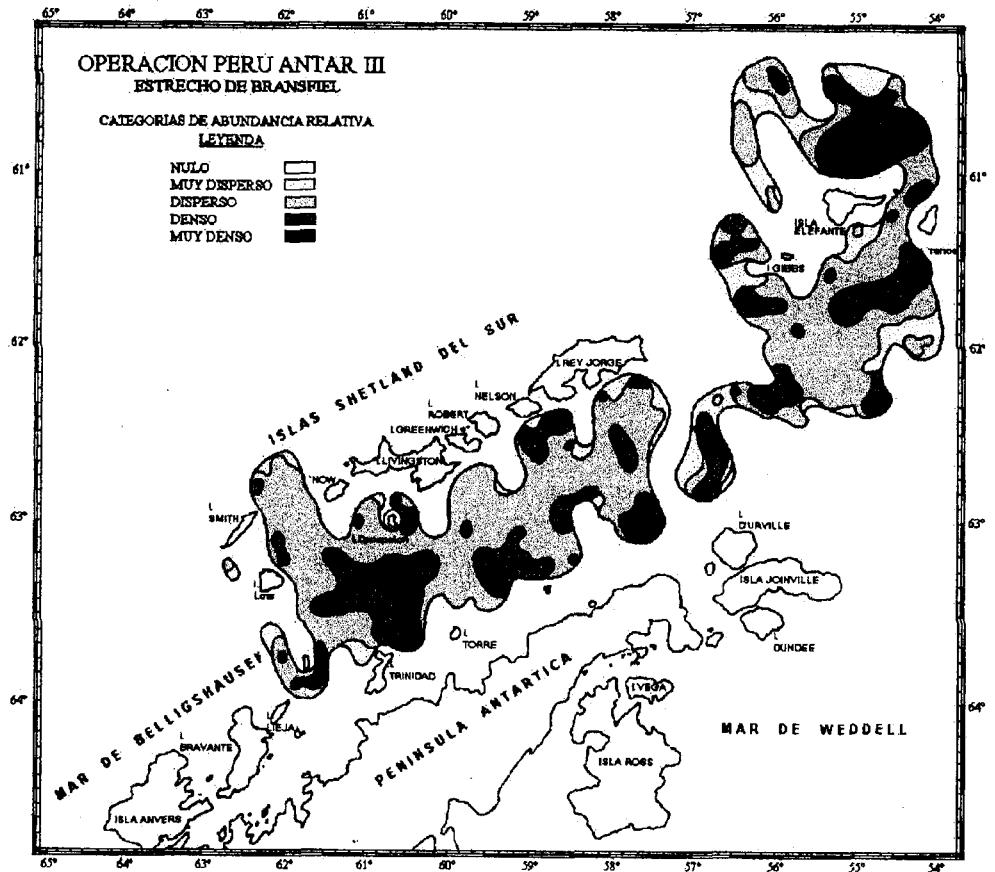


Figura 4. Distribución horizontal de krill según categorías de abundancia relativa. Operación Perú ANTAR III. Fuente: VÍLchez et al. (1991).

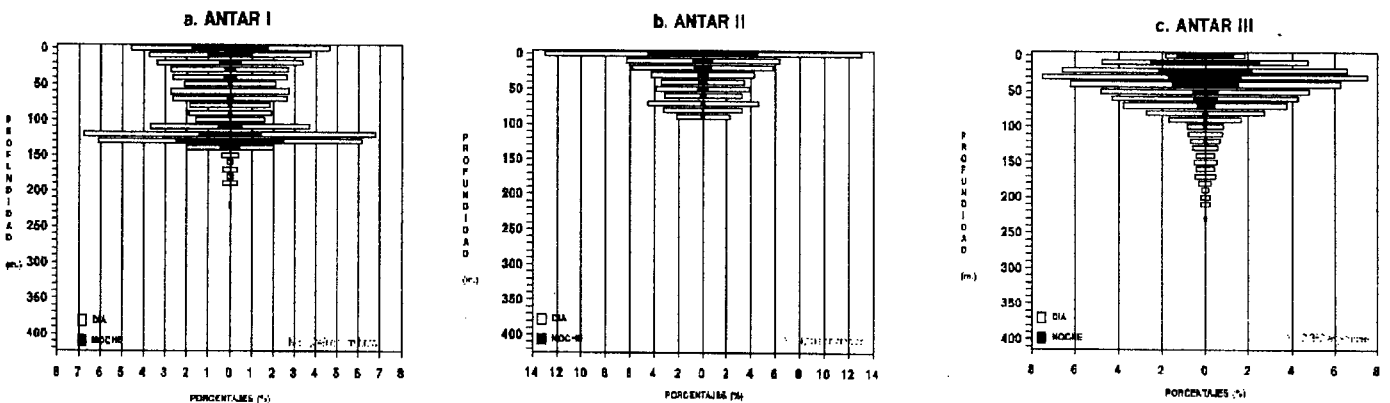


Figura 5. Distribución vertical de enjambres. Total. Fuente: DGIP, IMARPE. Elaboración del autor.

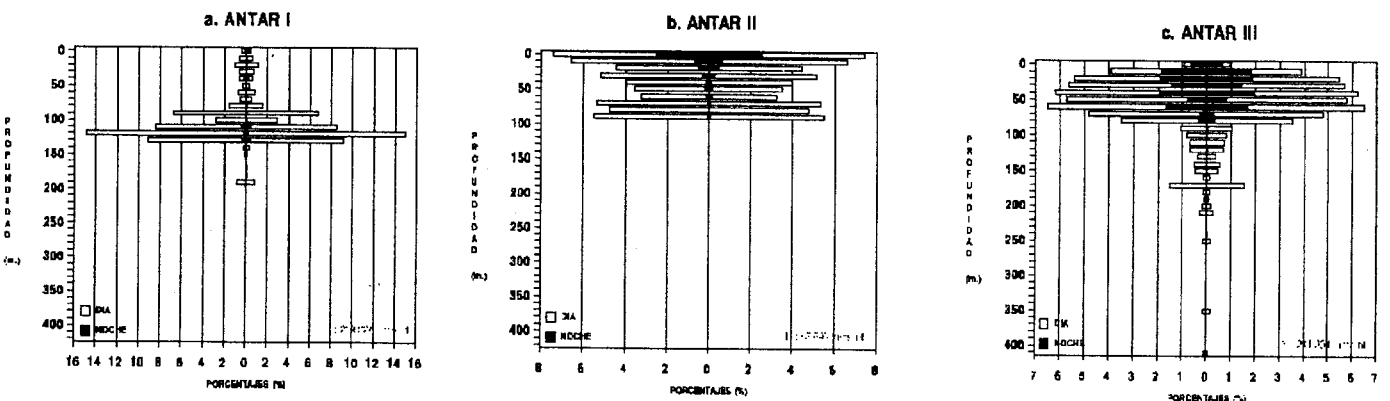


Figura 6. Distribución vertical integrada. Total. Fuente: DGIP, IMARPE.

posible comprobar los registros detectados a tales profundidades por medio de los lances de comprobación. Durante el día, el mayor número de enjambres fue detectado hacia los 40 m en tanto que en la noche hacia los 20 m. Las mejores integraciones se dieron en el día hacia los 60 m y en la noche hacia los 50 m.

Correlación día-noche

Mediante esta técnica se han obtenido índices promedio de abundancia a través del promedio de M para cada hora del día o de la noche (figura 7).

Antar I

La abundancia diurna fue mayor a la nocturna con el valor más alto entre las 05 y 06 y el menor entre las 19 y 20 horas. Para las horas de la noche, el mayor valor promedio M se dio entre las 00 y 01 horas y el menor, paradójicamente, entre las 23 y 24 horas. El factor de correlación (Cn/Cd) entre el día y la noche fue 0,77. Cd alcanzó 831,99 mm y Cn 645,92 mm.

Antar II

La distribución promedio diurna (Cd) fue de 217,44 mm en tanto que la nocturna (Cn) fue de 169,42 mm. La relación entre la abundancia nocturna y diurna (Cn/Cd), al igual que lo observado para ANTAR I fue de 0,77. El mayor valor promedio de M para el día fue de 1 126,2 mm entre las 18 y 19 horas y el menor fue de 6,5 mm entre las 05 y 06 horas. Para la noche, el mayor valor se dio entre las 23 y 24 horas y el menor se dio entre las 00 y 01 horas.

Antar III

La distribución es más pareja, de acuerdo al valor de correlación (Cn/Cd) que alcanzó un valor de 0,54. En el día, la mayor abundancia promedio M se dio entre las 07 y 08 horas (1 410,89 mm) y la menor entre las 05 y 06 horas (50,9 mm). Para la noche, el mayor valor se dio entre las 01 y 02 horas (571,37 mm) y el menor entre las 23 y 24 horas (30,7 mm). Cd alcanzó 530,42 mm y Cn 288,57 mm.

Frecuencia de longitudes

Los lances de comprobación permitieron, por una parte, comprobar los ecotrazos registrados por los

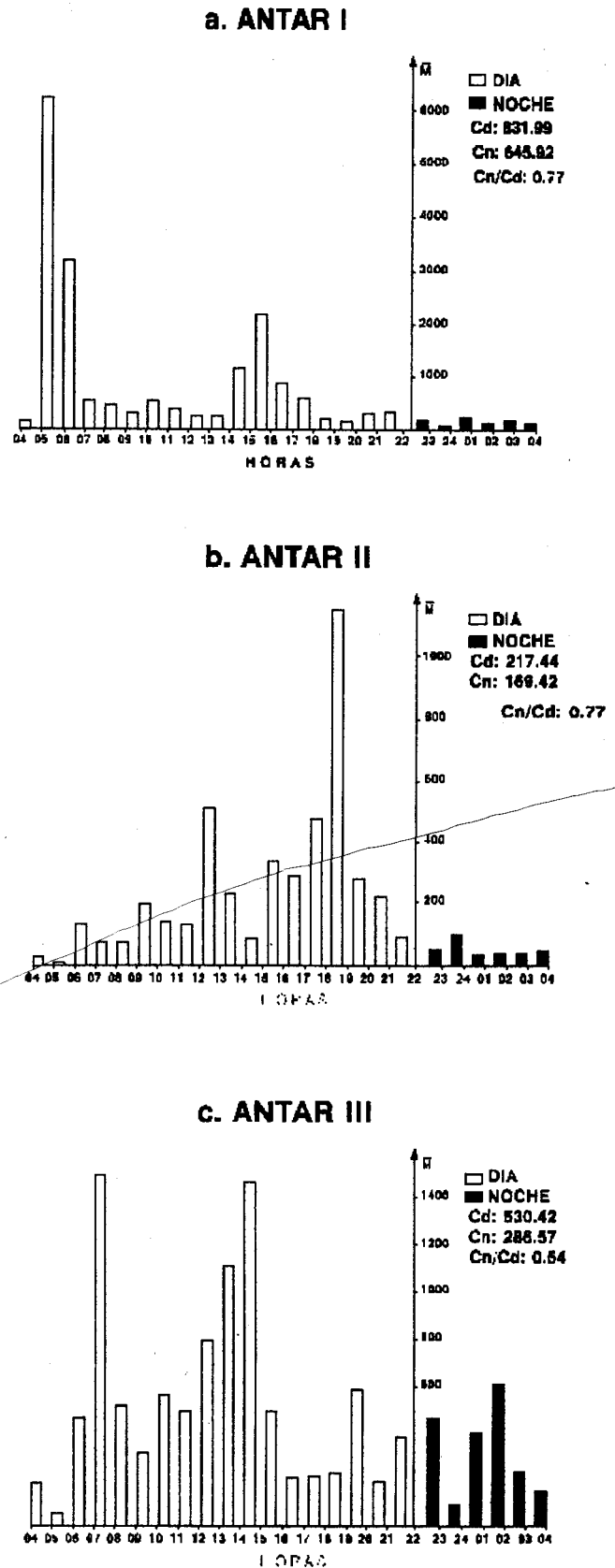


Figura 7. Correlación Día - Noche. Fuente: DGIP, IMARPE.

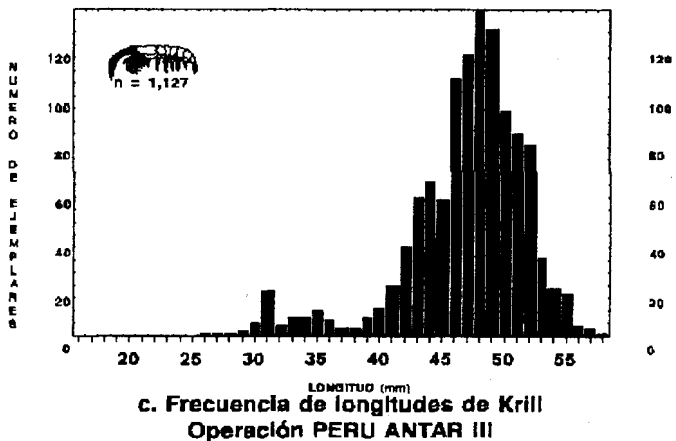
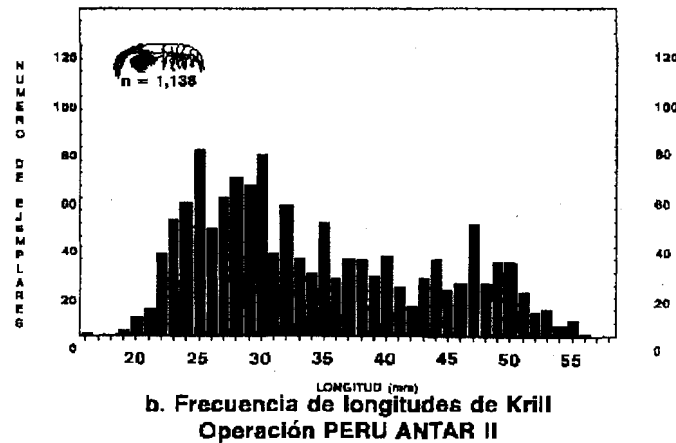
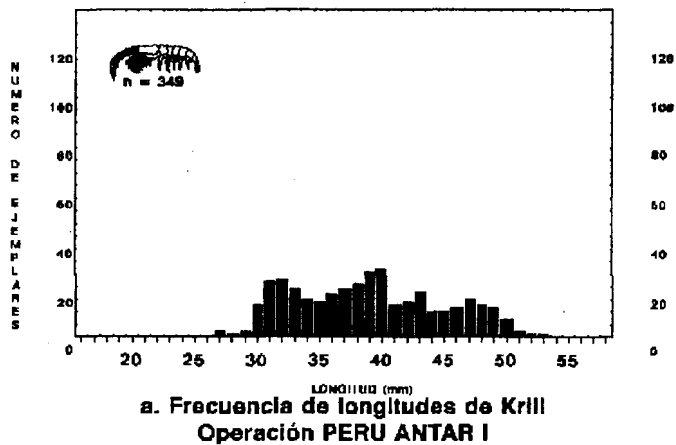


Figura 8. Frecuencia de longitudes de krill
Fuente: DGIP, IMARPE.

equipos de detección y, de otro lado, obtener especímenes de krill con los cuales construir la estructura de tallas de los enjambres detectados. En cada lance se tomó una muestra del total capturado y se procedió a su medición (figura 8).

Antar I

Se midieron 349 ejemplares en total de 3 lances de comprobación efectuados, obteniéndose un rango de 25 a 50 mm, con moda en 40 mm y media en 38,99 mm.

Antar II

Se midieron 1 138 ejemplares del total capturado en los 9 lances de comprobación efectuados, observándose un rango entre 16 y 56 mm, con moda en 25 mm y media en 34,12.

Antar III

Se midieron 1 127 especímenes del total capturado en los 10 lances de comprobación efectuados observándose un rango entre 25 y 58 mm con moda en 48 mm y media en 46,71 mm.

Condiciones oceanográficas y su relación con el krill

ANTAR I se caracterizó por el estado calmo del mar (Beaufort «1»). La presencia de enjambres estuvo asociada a isotermas entre 1,5 °C y -1,0 °C y entre isohalinas de 33,0 a 34,5 ‰. Las zonas en donde se ubicaron las más altas concentraciones estuvieron entre profundidades de 50 a 150 m asociadas a isotermas entre 1,0 °C y -1,0 °C y a las salinidades de 34,0 a 34,5 ‰ (VÍLCHEZ *et al.* 1988).

En ANTAR II, predominó un estado del mar, en la escala Beaufort de «2» a «3». Los enjambres de krill estuvieron asociados a isotermas entre -0,5 °C y 1,0 °C y a isohalinas de 33,5 a 34,25 ‰ (VÍLCHEZ *et al.* 1989).

Para ANTAR III se tuvo predominancia de estado del mar de «3» en la escala Beaufort. El krill apareció asociado a las isotermas de 1,5 °C y -0,5 °C y entre las isohalinas de 34,0 a 34,5 ‰. Las mejores concentraciones (Isla Elefante) estuvieron a profundidades de 30 a 80 m asociadas a isotermas de 1,0 °C y 0,0 °C y a isohalinas de 34,2 a 34,4 ‰ (VÍLCHEZ *et al.* 1991) (Tabla 7).

Tabla 6. Biomasa total por grados de longitud (t)

Longitud Oeste	ANTAR I	ANTAR II	ANTAR III
53-54			32 530
54-55			3 327 540
55-56		113 950	705 900
56-57	5 126 184	2 670 577	726 770
57-58	6 510 389	639 520	523 890
58-59	3 203 917	339 775	522 310
59-60	760 715	125 623	726 240
60-61	445 580	387 407	1 224 850
61-62	684 876	1 241 125	575 450
62-63	268 339	154 947	69 120
Totales	17 000 000	5 672 924	8 434 600

Fuente: VÍLCHEZ *et al.*, 1988, 1989, 1991

Tabla 7. Máximos y mínimos de temperatura y salinidad observados para el krill por Operación.

Operación	ANTAR I	ANTAR II	ANTAR III
Temperatura máxima (°C)	1,50	1,00	1,50
Temperatura mínima (°C)	-1	-0,50	-0,50
Salinidad máxima (‰)	34,50	34,25	34,00
Salinidad mínima (‰)	33,00	33,50	34,50

Fuente: VÍLCHEZ *et al.*, 1988, 1989, 1991

Biomasa por categorías de abundancia

Los picos de biomasa estuvieron todos ubicados entre los 54° y 59° de longitud oeste (figura 9).

Biomasa total por grados de longitud

La mayor biomasa para ANTAR I estuvo entre los 57° y 58° de longitud oeste, con 6 510 389 t, mien-

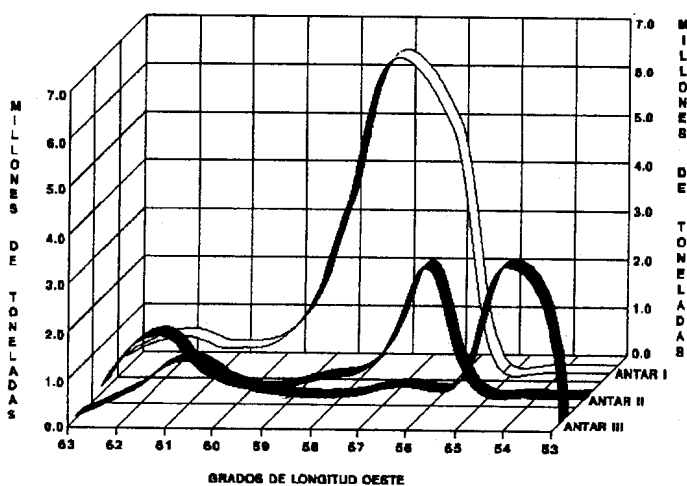


Figura 9. Biomasa total de krill por grados de longitud. Fuente: VÍLCHEZ *et al.* 1988, 1989, 1991.

tras que en ANTAR II lo fue entre los 56° y 57° W con 2 670 579 t. Para ANTAR III estuvo entre los 54° y 55° W, con 3 227 540 t. Las áreas positivas (áreas con presencia de krill) presentan sus mayores valores entre los 54° y 59° W (figura 10).

Biomasa y límites de confianza

Para ANTAR I se calcularon 17 000 000 t con límites de confianza de 29,41%, es decir, entre 12 000 000 t y 22 000 000 t.

Para ANTAR II se calculó una biomasa de 5 672 924 t con límites de confianza de 16,66%, es decir, entre 4 727 815 t y 6 618 033 t.

En ANTAR III se estimaron 8 434 600 t con límites de confianza de 12,00%, es decir, entre 7 422 448 t y 9 446 752 t (figura 11 y tabla 8).

Se ha estandarizado también el estimado central de biomasa a unidades de «gramos por metro cuadrado» (g/m^2) a fin de poder efectuar comparaciones con evaluaciones de otros investigadores. En tal sentido, ANTAR I alcanza 536,05 g/m^2 , ANTAR II 176,66 g/m^2 y ANTAR III 200,93 g/m^2 (tabla 6).

DISCUSION

Desde el punto de vista de la cobertura del muestreo, ésta fue apropiada en todos los casos, ya que se cubrió adecuadamente el Estrecho de Bransfield, además de los alrededores de la Isla Elefante (en ANTAR III). Si bien en la práctica la separación entre transectos no fue fija como se planeó (18 mn), en cambio muestra una simetría adecuada. Las desviaciones o deformaciones de los transectos se deben a la deriva provocada durante las estaciones

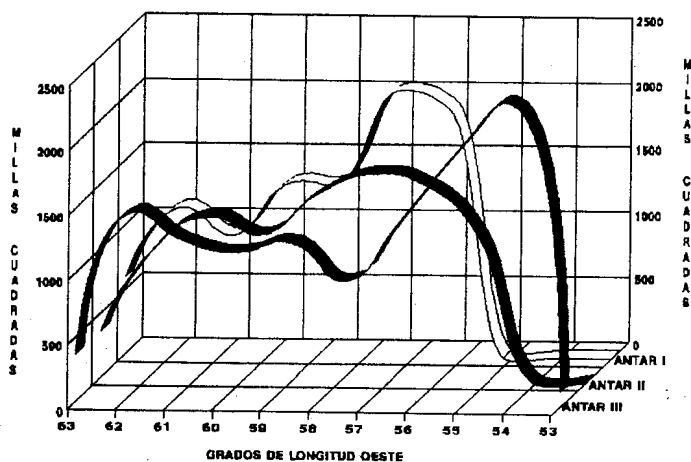
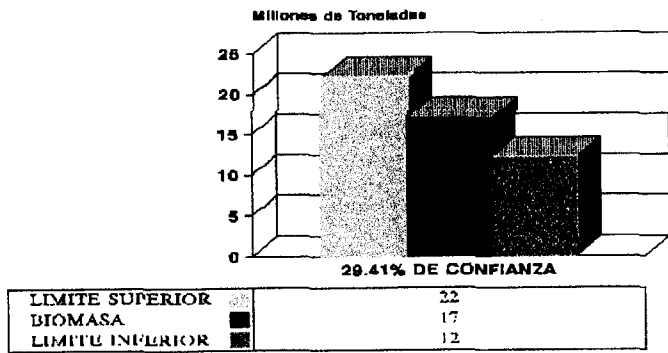
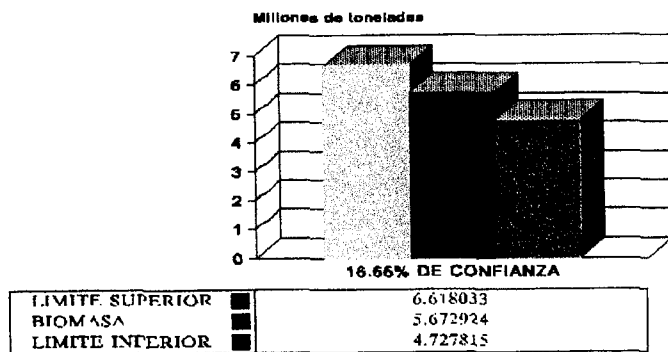


Figura 10. Área de distribución de krill por grados de longitud. Fuente: VÍLCHEZ *et al.* 1988, 1989, 1991.



b. ANTAR II



c. ANTAR III

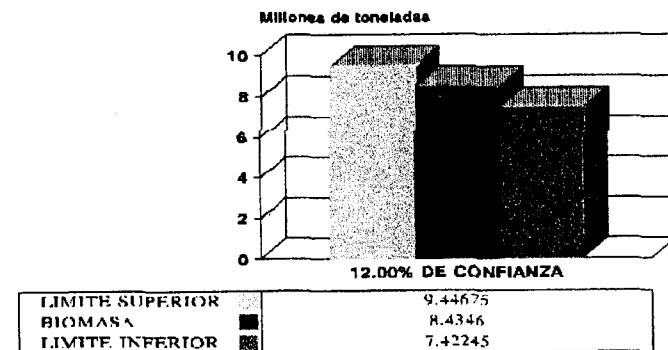


Figura 11. Biomasa y Límites de Confianza.
Fuente: VILCHEZ et al. 1988, 1989, 1991.

Tabla 8. Biomasa (t) y Límites de Confianza (%)

Operación	ANTAR I	ANTAR II	ANTAR III
Porcentaje de confianza	29,41	16,66	12,00
Límite superior (t)	22 000 000	6 618 033	9 446 752
Biomasa (t)	17 000 000	5 672 924	8 434 600
Límite inferior (t)	12 000 000	4 727 815	7 442 448
Biomasa (g/m ²)	536,05	176,66	200,93

Fuente: VILCHEZ et al., 1988, 1989, 1991

oceanográficas, lances de comprobación, estado atmosférico y maniobras efectuadas para seguridad de la embarcación.

En ANTAR III se amplió el rastreo hacia la zona de la Isla Elefante (Islas Piloto Pardo) encontrándose en ella notables concentraciones de krill concordando con lo descrito por otros autores (KALINOWSKY, KLINDT y MACAULAY, citados por EVERSON, 1987b).

En cuanto a la distribución vertical de enjambres se tiene una distribución distinta entre las tres Operaciones ANTAR. La razón evidente es la estructura térmica y halina de la columna de agua, las corrientes y la disponibilidad de alimento. Las pequeñas fluctuaciones de los parámetros oceanográficos entre una operación y otra no justifican por sí solos las variaciones en la distribución vertical del krill (tabla 7); en ANTAR I se detectaron enjambres hasta los 230 m; hasta los 100 m en ANTAR II y hasta los 420 m en ANTAR III. Desde una perspectiva general no es posible deducir patrones comunes de comportamiento. Sin embargo, es válido realizar una distribución vertical de la ecointegración observada que mostró que, comparada con la distribución construida en base al número de enjambres, en las capas más superficiales se agrupa gran número de agregaciones de pequeño tamaño mientras que a profundidades mayores se agrupan menor número de enjambres pero de tamaño mayor.

Con la correlación día-noche se buscó un índice o patrón de agregación promedio, tanto para el día como para la noche. Se han observado distintas horas pico en el período diurno y nocturno, lo que no permite obtener una conclusión importante al respecto. Sin embargo, es bastante significativo que la relación «Cn/Cd» haya sido similar tanto para ANTAR I como para ANTAR II (0,77), lo que significa que desde el punto de vista del índice de abundancia diurno-nocturno existe una proporcionalidad que podría ser establecida con mayores estudios. En ANTAR III, sin embargo, «Cn/Cd» alcanza un valor de 0,54; pero sobre un área considerablemente mayor.

La magnitud de las constantes de calibración no tuvo relación con la composición de tallas de la población de krill, que para las tres Operaciones ANTAR ha sido distinta. Debe tomarse en cuenta la ubicación geográfica de los lances, que en todos los casos fueron efectuados en zonas de alta concentración. Las frecuencias de longitudes determinadas son, en todo caso, representativas sólo de tales áreas.

El resultado obtenido para el TS del krill, con osciloscopio, en ANTAR I, difiere de lo obtenido por otros autores en los últimos años. El valor de «C» si bien no es derivado a partir de valores directos de TS para krill individual, es en cambio función de la densidad de concentración en un espacio o volumen conocido, la que podemos considerar como la simulación de una situación real (ya que también es conocida la composición del krill que interviene en el experimento). Este valor de «C» es único, de acuerdo al método empleado, y utilizado para aplicar la ecuación de biomasa, por lo que se le puede considerar como función de un TS «promedio» porque en la calibración intervienen ejemplares de distintas tallas. Sin embargo, no es conveniente utilizar una sola constante; la variabilidad de la estructura de tallas de la población de krill es cambiante en el espacio, como lo es para cualquier otra especie, por lo que se debe utilizar tantas constantes como número de grupos de edad sea posible distinguir dentro de la población, para lo cual es necesario realizar un muestreo biológico más intenso.

Ya en 1990, y coincidiendo con FOOTE, EVERSON *et al.* (1990) reconocen, por su propia experiencia y por la de otros investigadores, que el TS calculado teóricamente o empíricamente es bastante más bajo de lo que se creía y que, consecuentemente, los estimados sobre la abundancia de krill hasta entonces obtenidos están subestimados. Se debe tomar en cuenta, sin embargo, que el TS es sólo un componente dentro de un proyecto dirigido a estimar la biomasa del krill acústicamente. La calibración adecuada de las ecosondas será para nosotros, en el curso de futuros estudios, tan esencial como la rigurosidad estadística tanto en el diseño de la evaluación como en su análisis.

Independientemente de las consideraciones anteriores, las investigaciones acústicas del krill, y particularmente las realizadas durante las Operaciones ANTAR, tienen el valor de aportar conocimiento sobre índices de abundancia de la distribución del krill para contribuir a monitorear su evolución en el tiempo, que es lo más importante para la toma de decisiones relativas a la pesquería de los recursos.

Al efectuar una comparación para la biomasa por grados de longitud, no se han encontrado analogías notables, salvo la mostrada entre los 54 y 57 grados de longitud oeste, en donde se tienen picos de biomasa para las tres Operaciones ANTAR. Los niveles de biomasa y los índices de concentración dependen de la dinámica de población, comporta-

miento migratorio, disponibilidad de alimento y efectos de la predación natural y por pesca, siendo estos factores variables en el tiempo.

Globalmente, el desplazamiento de las áreas positivas (áreas con presencia de krill) tampoco parece seguir un patrón único. Una cierta tendencia hacia valores mayores se da entre los 60 y 62 grados de longitud oeste, pero puede apreciarse claramente que la abundancia, al menos en el Estrecho de Bransfield, es siempre importante, más allá de la diferencia entre los niveles de abundancia apreciados entre cada una de las Operaciones ANTAR.

Los estimados centrales de biomasa son distintos entre sí y con algunas analogías con lo estimado por otros investigadores. En todos los casos, no se ha considerado al krill presente en los ocho primeros metros de profundidad (4,5 m de calado del BIC Humboldt más 3,5 m de zona turbulenta debajo del transductor), lo que introduce un factor más de incertidumbre respecto a los estimados de biomasa.

CONCLUSIONES

El krill fue detectado en aguas comprendidas entre 1,5 °C y -1,0 °C de temperatura y salinidades entre 34,5 y 33,0 ‰ independientemente de su distribución vertical.

El krill se distribuyó hasta los 230 m en ANTAR I; hasta los 100 m en ANTAR II; y hasta los 420 m en ANTAR III.

La distribución vertical mostró que en las capas superiores se congregaron emjambres de pequeño tamaño mientras que los más compactos se ubicaron en profundidades mayores.

Las principales zonas de distribución fueron los alrededores de la Isla Elefante, Isla Rey Jorge y las Islas Decepción-Trinidad. El krill se distribuyó en gran parte del área de estudio con distintos niveles de agregación. En las tres Operaciones ANTAR se observó que las principales zonas de distribución comprendieron entre los 54 y 57 grados de longitud oeste.

Los estimados de biomasa fueron los siguientes: en ANTAR I $17,0 \times 10^6$ t ($\pm 29,41\%$) con una densidad de 536,05 g/m²; en ANTAR II $5,67 \times 10^6$ t ($\pm 16,66\%$) con una densidad de 176,66 g/m²; y, en ANTAR III, $8,43 \times 10^6$ t ($\pm 12,0\%$) con una densidad de 200,93 g/m².

Los estimados anteriores deben ser considerados sólo como índices de abundancia ya que la me-

metodología empleada no fue apropiada en lo referente a la obtención de las constantes de eointegración. Además, dichos estimados no involucran al krill congregado en los primeros ocho metros de profundidad ni se basan en valores directos de TS.

La correlación día-noche fue coincidente para ANTAR I y II (0,77) mientras que en ANTAR III fue de 0,54. Estos valores muestran que podría existir una correlación fija.

Referencias

- BAZIGOS, G. 1976. The design of fisheries statistical surveys- Inland waters.
- CCAMLR, 1995. Summary of acoustic workgroup on krill assessment. Southaphrica, 1994.
- HEWITT R. y D. DEMER. 1994. Acoustic estimates of krill biomass in the Elephant Island area. En: Journal of The Scientific Committee and The Commission of Antarctic Marine Living Resources. Australia 1994: 1-4.
- EVERSON, I. 1987a. Krill target strength, current status. CCAMLR.
- EVERSON, I. 1987b. Can we satisfactoroly estimate variation in krill abundance ? CCAMLR.
- EVERSON, I., J. WATKINS, D. BONE y K. FOOTE. 1990. Implications of a new acoustic Target Strength for abundance estimates of Antarctic krill. Nature, Nature 345 (6273): 338-340.
- GREEN, C., T. STANTON, P. WIEBE y S. McCLATCHIE. 1991. Acoustic stimates of Antarctic krill. Nature, 349.110 pp.
- JOHANNESSON, K. y R. VÍLCHÉZ. 1981. Application and some results of echo- integration methods in monitoring Peruvian anchovy resources. FAO-NORAD.
- MACAULAY, M. 1987. Biomass estimates of krill in the Bransfield Strait-Elephant Island ecosystem monitoring area of CCAMLR. CCAMLR.
- VÍLCHÉZ, R., A. GONZALES y H. CASANOVA. 1988. Resultados del estudio de la distribución, comportamiento y abundancia del krill en el Estrecho de Bransfield. En: Informe de la Primera expedición Científica Peruana a la Antártida. CONAAN.
- VÍLCHÉZ, R., A. GONZALES, R. CASTILLO y H. CASANOVA. 1989. Resultados del estudio de la abundancia, distribución y comportamiento del krill mediante técnicas hidroacústicas en el Estrecho de Bransfield. Verano 1989. En: Informe de la Segunda Expedición Científica Peruana a la Antártida. CONAAN.
- VÍLCHÉZ, R., A. GONZALES, F. GANOZA, C. SALAZAR y M. GUTIÉRREZ. 1991. Distribución, comportamiento y biomasa del krill en el Estrecho de Bransfield. Verano 1991. En: Informe de la Tercera Expedición Científica Peruana a la Antártida: 189-220. CONAAN.