



ISSN 0378-7702

# INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

Volumen 32

Número 4

**Crucero de evaluación de la merluza y otros  
recursos demersales BIC Humboldt 0109**

**Evaluación de krill antártico *Euphausia superba*.  
Expedición PERÚ ANTAR XIV BIC Humboldt 0301**



Octubre a Diciembre 2004

Callao, Perú

## AVES ANTÁRTICAS Y SU RELACIÓN CON EL KRILL. EXPEDICIÓN PERÚ ANTAR XIV, VERANO AUSTRAL 2003

### ANTARCTIC BIRDS AND THEIR RELATION WITH THE KRILL. PERUVIAN ANTAR XIV EXPEDITION, AUSTRAL SUMMER 2003

Ignacio García-Godos<sup>1</sup>

#### RESUMEN

GARCÍA-GODOS I. 2004. *Aves antárticas y su relación con el krill. Expedición Perú Antar XIV, verano austral 2003. Inf. Inst. Mar Perú 32(4):365-371.* - Durante un recorrido de 534 mn en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, en enero de 2003, se efectuaron observaciones de aves, en forma simultánea con el barrido acústico para determinar la abundancia de krill. Se registraron 2.878 individuos pertenecientes a 18 especies y 6 familias. El número promedio de aves por milla fue  $5,39 \pm 7,28$ . La mayor población se halló entre las islas Elefante y Rey Jorge; la concentración fue baja; casi el 50% se halló en números de 1 a 5 individuos por milla. En el 21% del recorridos no se avistaron aves marinas. Tres especies ocuparon casi el 80% de aves registradas: (1) la "Paloma de El Cabo" (*Daption capense* 29,2%), abundante al norte y al sur este de la Isla Elefante; (2) "Fulmar Antártico" (*Fulmarus glacialoides* 27,6%) principalmente distribuido entre las islas Rey Jorge y Elefante; y (3) el "Pinguino de Barbijo" (*Pygoscelis antarctica* 19,2%), principalmente en áreas cercanas a tierra, dentro del Estrecho de Bransfield y al sudoeste de Isla Elefante. Se encontraron altas correlaciones entre la abundancia de aves marinas y krill a una escala espacial pequeña; sin embargo, no se hallaron correlaciones en escalas mayores. Un mayor esfuerzo en determinar la disponibilidad de krill y otros recursos en la capa superficial del mar ayudaría a entender mejor el tipo de relación existente entre las aves marinas y sus presas desde el punto de vista de la comunidad.

PALABRAS CLAVE: aves marinas, Antártida, krill, *Euphausia superba*, *Daption capense*, *Fulmarus glacialoides*, *Pygoscelis*, ecología de forrajeo, distribución.

#### ABSTRACT

GARCÍA-GODOS I. 2004. *Antarctic birds and its relation with krill. Peru Antar XIV expedition, austral summer 2003. Inf. Inst. Mar Peru 32(4):365-371.* - Along 534 nautical miles, surveyed in the Strait of Bransfield and the surroundings of Elephant Island, in January 2003, observations of birds were carried out, simultaneously with the acoustic sweeping to determine the abundance of krill. A total of 2,878 individuals of 18 species and 6 families were registered. The average number of seabirds by mile was  $5.39 \pm 7.28$ . The main area of concentration was between Elephant Island and the King Jorge Island. Seabirds were recorded in low numbers, with 50% found in groups of 1 to 5 individual by nautical mile surveyed. In 21% of the route, marine birds were not observed. Three species accounted almost 80% of total registered birds: (1) the "Cape Petrel" (*Daption capense* 29.2%), abundant around northern and southeastern Elephant Island; (2) "Antarctic Fulmar" (*Fulmarus glacialoides* 27.6%) mainly distributed between King Jorge and Elephant islands; and (3) the "Chinstrap Penguin" (*Pygoscelis antarctica* 19.2%), mainly in areas near to land, in the Bransfield Strait and southwest of Elephant island. High correlation was found between the seabird abundance and krill on a small scale of distance, but not in higher scales. A greater effort to determine the availability of krill and other resources in the shallow waters would help to understand better of the links between seabirds and preys.

KEYWORDS: seabirds, Antarctica, krill, *Euphausia superba*, *Daption capense*, *Fulmarus glacialoides*, *Pygoscelis*, foraging ecology, distribution.

#### INTRODUCCIÓN

Las interacciones predador-presa son utilizadas dentro del ecosistema marino bajo la premisa que

una alta concentración de predadores es un indicador de la abundancia de presas en la columna de agua (KAIRNS 1987). En este sentido, diversos investigadores han

demostrado que la correlación entre las aves marinas y sus presas se eleva a medida que se incrementa la escala muestral dentro de los transectos recorridos en

<sup>1</sup> Área investig. mamíferos, aves y reptiles. IMARPE. agarcia@imarpe.gob.pe

cruceros de observación de aves (OBST 1985, HEINEMANN et al. 1989, HUNT et al. 1992, SCHNEIDER y DUFFY 1985).

En el Océano Austral, el krill antártico (*Euphausia superba*) tiene un papel clave en el ecosistema marino, siendo una presa importante para peces, aves y mamíferos marinos. Muchas de las aves se alimentan casi exclusivamente del krill, como algunas especies de petreles y pingüinos (CROXALL et al. 1997). De esta forma, la Antártida ofrece una región donde evaluar el grado y forma de la correlación entre la distribución de aves marinas y la abundancia de sus presas.

La fuerte correlación que se espera encontrar entre la distribución de las aves marinas y sus presas, en un amplio rango de escalas temporales y espaciales (HEINEMANN et al. 1989), está siendo mejor documentada a partir de la incorporación de métodos hidroacústicos para estimar la abundancia de la presa. En el caso particular del Estrecho

de Bransfield, el alto número de aves se ha señalado como buen indicador de la presencia de krill (OBST 1985), indicando además, en particular, a algunas especies de aves como asociadas a la presencia de esta presa (HEINEMANN et al. 1989).

El presente trabajo muestra los resultados de los registros visuales de aves marinas a bordo del BIC Humboldt durante el desarrollo de la Expedición Perú ANTAR XIV. Se estudian las poblaciones de aves marinas antárticas en relación con la distribución y abundancia del krill.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Área de estudio.** El presente estudio se llevó a cabo en el Estrecho de Bransfield y en los alrededores de la Isla Elefante entre el 21 y 28 de enero del 2003 a bordo del BIC Humboldt, durante el desarrollo del crucero multidisciplinario de investigaciones sobre el krill, dentro del marco de la Décimo Cuarta

Expedición Científica Peruana a la Antártida ANTAR XIV.

**Obtención de los datos.** Se contaron aves marinas en forma continua durante las horas de luz siguiendo los transectos descritos por el crucero (Figura 1). Las observaciones fueron realizadas por el autor, entre las 04:00 h y las 22:00 h, utilizando binoculares 10 x 50, guías de campo para la identificación de aves marinas (HARRISON 1987, 1988), reloj, cronómetro de regresión, contómetros y libretas de campo de hojas impermeabilizadas. La velocidad del crucero, cuando las condiciones del mar lo permitieron, fue de 10 nudos. Se contaron las aves sólo por la banda de estribor de la embarcación en un ángulo de 90° medido a partir de la proa del buque y hasta una distancia de 300 m. Las unidades de conteo fueron segmentos de una milla náutica de recorrido durante los cuales se realizaba en forma simultánea la eco-integración del Krill. No se rea-

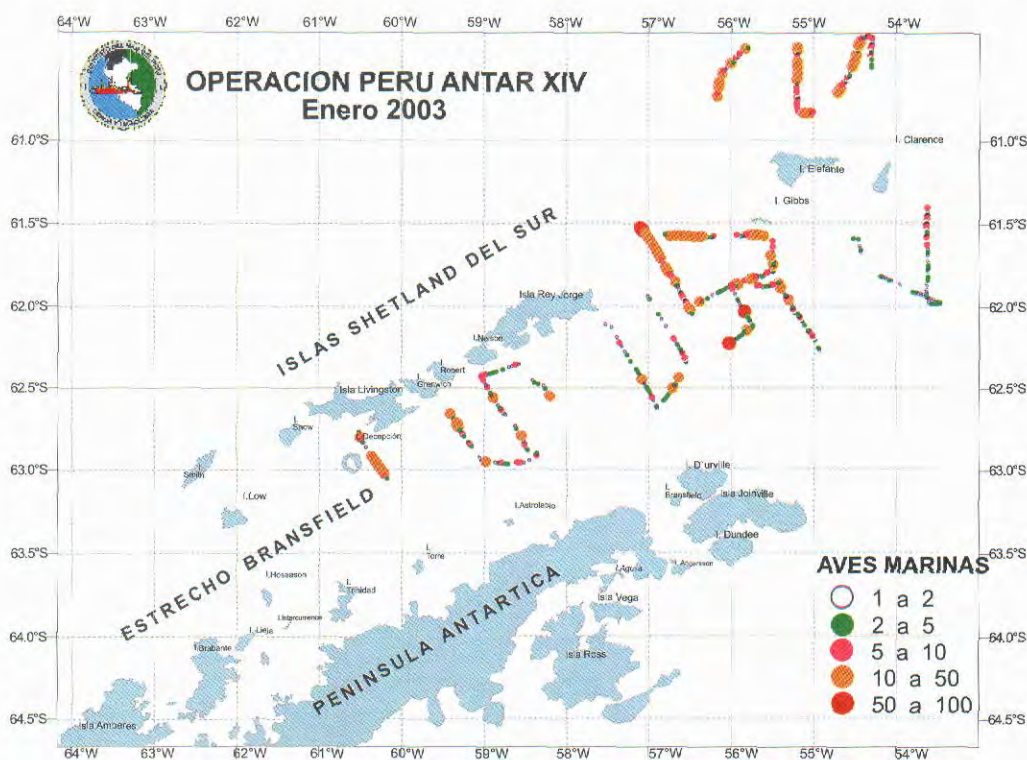


Figura 1. Esfuerzo de búsqueda de aves marinas durante la operación ANTAR XIV. En colores se muestra la densidad de aves por milla observada.

lizaron observaciones durante los lances de comprobación de abundancia y composición de krill, ni durante la toma de datos oceanográficos.

Durante el crucero se recorrieron, en total, 842 mn, y los registros visuales de aves marinas se efectuaron en 534 millas. Las millas restantes corresponden a horas de penumbra, que no fueron evaluadas.

La información sobre abundancia y distribución de krill, tomada simultáneamente utilizando una ecosonda SIMRAD EK 60 de 120 kHz de frecuencia de emisión sonora y un geoposicionador (GPS), fue proporcionada por el programa de evaluación hidroacústica. La abundancia de krill expresada en valores acústicos ( $m^2/mn^2$ ), es directamente proporcionales a la biomasa de krill, y sus datos fueron facilitados por la Unidad de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, de la Dirección de Investigaciones en Pesca del IMARPE. Las observaciones de aves mantuvieron concordancia con los registros acústicos de abundancia de krill en espacio y tiempo.

**Análisis de los datos.**- Las observaciones por cada milla fueron consideradas como independientes, debido a que el objetivo de este estudio no era la estimación de abundancia absoluta de aves.

Para efectos del análisis, se consideraron sólo seis especies: *Daption capense*, *Oceanites oceanicus*, *Fregetta tropica*, *Fulmarus glacialisoides*, *Macronectes giganteus* y el albatros de ceja negra *Diomedea melanophris*, además de los tres pingüinos más comunes en el área de estudio (*Pygoscelis papua*, *P. adeliae*, *P. antarctica*), los cuales resultan difíciles de diferenciar en el mar, y que para efecto del análisis fueron considerados como *Pygoscelis sp.* Todas estas especies representaron en total el 98,8% de las observa-

ciones (Tabla 1). Estas aves consumen principalmente krill, crustáceo que representa más del 85% de la dieta de estas especies, con excepción de *Macronectes giganteus* cuya dieta está compuesta en sólo un 20% por krill (OBST 1985).

**El número de aves y la abundancia de krill.**- Se determinaron las correlaciones entre la abundancia relativa de aves por milla y la abundancia de krill para cada una de las especies en estudio y para el total de aves, utilizando en todos los casos el coeficiente de correlación de SPEARMAN. Para reducir el efecto de la escala espacial, se examinaron las densidades promedio de aves y krill en millas agrupadas dentro de unidades más grandes (v.g. eventos, estratos y cuadrantes).

Los estratos se definieron a partir de la bitácora acústica, la cual proporcionó cinco categorías de abundancia de krill (nulo, muy disperso, disperso, denso y muy denso), obtenidas a partir de valores ecoacústicos. Para cada uno de estos estratos se determinó el número promedio de aves por milla, de cada una de las especies en estudio.

Este procedimiento se llevó a cabo con estratos elaborados a partir de los valores de krill integrados en las tres primeras capas superficiales, cada una con 10 m de profundidad, y con los valores totales integrados entre 2 m y 150 m de profundidad. Se determinó la correlación entre el número de aves por milla y el índice de abundancia de krill de cada estrato, tanto en valores reales como en valores transformados.

Los eventos fueron unidades que comprendían trayectos continuos de longitud variable determinados por interrupciones, tales como lances de comprobación, estaciones oceanográficas o ausencia de luz; los eventos que incluían menos de 10 millas de observación fueron descartados. Se determinaron estratos de abundancia de krill de acuerdo a los datos proporcionados en la bitácora. Un tercer tipo de agrupación de datos fueron los cuadrantes de un grado latitudinal por un grado de longitud. Para los tres casos, se determinó la correlación entre el número promedio de aves por milla de cada una de las especies en estudio en valores transformados y la abundancia promedio de krill.

Tabla 1. Relación general de especies de aves marinas observadas entre el 21 y 28 de enero 2003, durante la XIV Expedición Peruana a la Antártida.

Especia	Familia	Número	Porcentaje	Ocurrencia
<i>Daption capense</i>	Procellariidae	841	29,22	27,34
<i>Fulmarus glacialisoides</i>	Procellariidae	794	27,59	34,08
<i>Pygoscelis antarctica</i>	Sphenicidae	551	19,15	17,04
<i>Pygoscelis sp.</i>	Sphenicidae	234	8,13	9,55
<i>Fregetta tropica</i>	Oceanitidae	144	5,00	20,41
<i>Oceanites oceanicus</i>	Oceanitidae	137	4,76	16,10
<i>Macronectes giganteus</i>	Procellariidae	57	1,98	9,55
<i>Diomedea melanophris</i>	Diomedidae	41	1,42	7,68
<i>Catharacta sp.</i>	Stercorariidae	23	0,80	3,56
<i>Pachiptila vittata belcheri</i>	Procellariidae	12	0,42	1,87
<i>Pygoscelis papua</i>	Sphenicidae	10	0,35	0,94
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	8	0,28	1,50
<i>Sterna vittata</i>	Lariidae	8	0,28	1,12
<i>Catharacta mackormicki</i>	Stercorariidae	7	0,24	1,31
<i>Pachiptila vittata desolata</i>	Procellariidae	3	0,10	0,19
<i>Larus dominicanus</i>	Lariidae	3	0,10	0,56
<i>Pygoscelis adeliae</i>	Sphenicidae	2	0,07	0,37
<i>Thalassoica antarctica</i>	Procellariidae	1	0,03	0,19
<i>Nesofregetta fuliginosa</i>	Oceanitidae	1	0,03	0,19
<i>Phoebetria palpebrata</i>	Diomedidae	1	0,03	0,19
<b>Total</b>		<b>2878</b>	<b>100</b>	

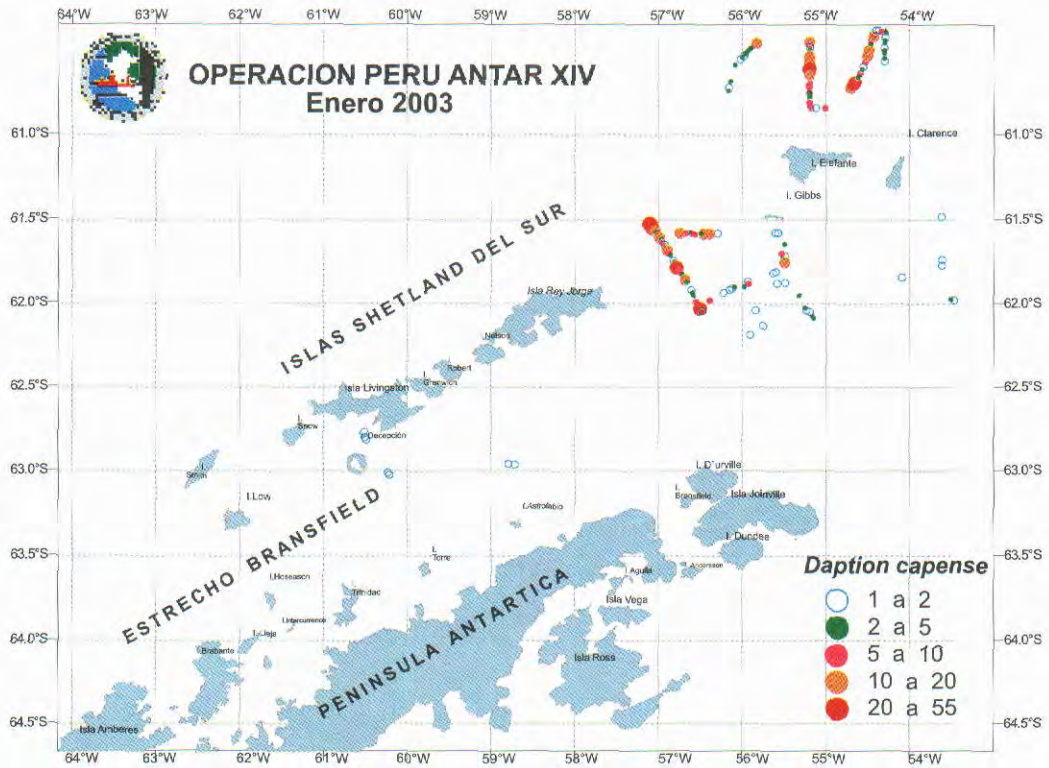


Figura 2. Distribución y densidad de *Daption capense* por milla de observación.

**RESULTADOS**

Durante el recorrido del crucero se realizaron observaciones a lo largo de 534 millas. Se registró un total de 2.878 individuos pertenecientes a 18 especies y 6 familias (Tabla 1).

El número promedio de aves por milla fue  $5,39 \pm 7,28$ . La mayor concentración de aves marinas fue en los alrededores de Isla Elefante, principalmente entre esta isla y la Isla Rey Jorge (Figura 1). Las concentraciones fueron generalmente bajas, encontrándose casi el 50% de ellas en números de 1 a 5 individuos por milla de recorrido. En el 21% de las millas observadas no se registraron aves (Tabla 2).

Tres especies ocuparon casi el 80% de aves registradas:

1.- La Paloma de El Cabo, *Daption capense* (29,2%). Escasa dentro del Estrecho de Bransfield; sin embargo, fue abundante en los alrededores de Isla Elefante, al norte y al sur este (Figura 2).

2.- El Fulmar Antártico, *Fulmarus glacialisoides* (27,6%). Principal-

Tabla 2. Intervalos de abundancia de aves por milla observada. Crucero BIC Humboldt 0301 Perú ANTAR XIV 2003

Intervalo (aves por milla)	Número de millas observadas	%
0	114	21,3
1 a 5	265	49,6
6 a 10	79	14,8
11 a 50	72	13,5
51 a 100	4	0,8
Total	534	100,0

mente distribuido entre las islas Rey Jorge y Elefante, siendo escaso dentro del Estrecho de Bransfield (Figura 3).

3.- El Pingüino de Barbijo, *Pygoscelis antarctica* (19,2%). Principalmente se encontró en áreas cercanas a tierra, dentro del Estrecho de Bransfield y al sudoeste de Isla Elefante (Figura 4).

**El número de aves y la abundancia de krill.**- Los coeficientes de correlación encontrados en el nú-

mero promedio de aves por milla por eventos, con respecto a la abundancia promedio de krill en la columna de agua sólo fueron positivamente significativos para la paloma de El Cabo *D. capense* ( $r_{\text{SPEARMAN}} = 0,549$ ,  $GL = 21$ ;  $P = 0,008$ ) y el albatros de ceja negra *Diomedea melanophris* ( $r_{\text{SPEARMAN}} = 0,631$ ,  $GL = 21$ ;  $P = 0,002$ ); mientras que para los pingüinos del género *Pygoscelis* la correlación fue negativamente significativa ( $r_{\text{SPEARMAN}} = -0,434$ ,  $GL = 21$ ;  $P = 0,043$ ).

No se halló correlación alguna entre el número promedio de aves por milla, con respecto al promedio de abundancia de krill por estrato de abundancia, para cada una de las siete especies en estudio y para el total de aves. Tan solo la abundancia promedio del fulmar antártico estuvo fuertemente correlacionada con la abundancia promedio de krill entre los 10 y 20 metros de profundidad ( $r_{\text{SPEARMAN}} = -0,886$ ,  $GL = 5$ ;  $P = 0,019$ ) y entre los 20 y 30 me-

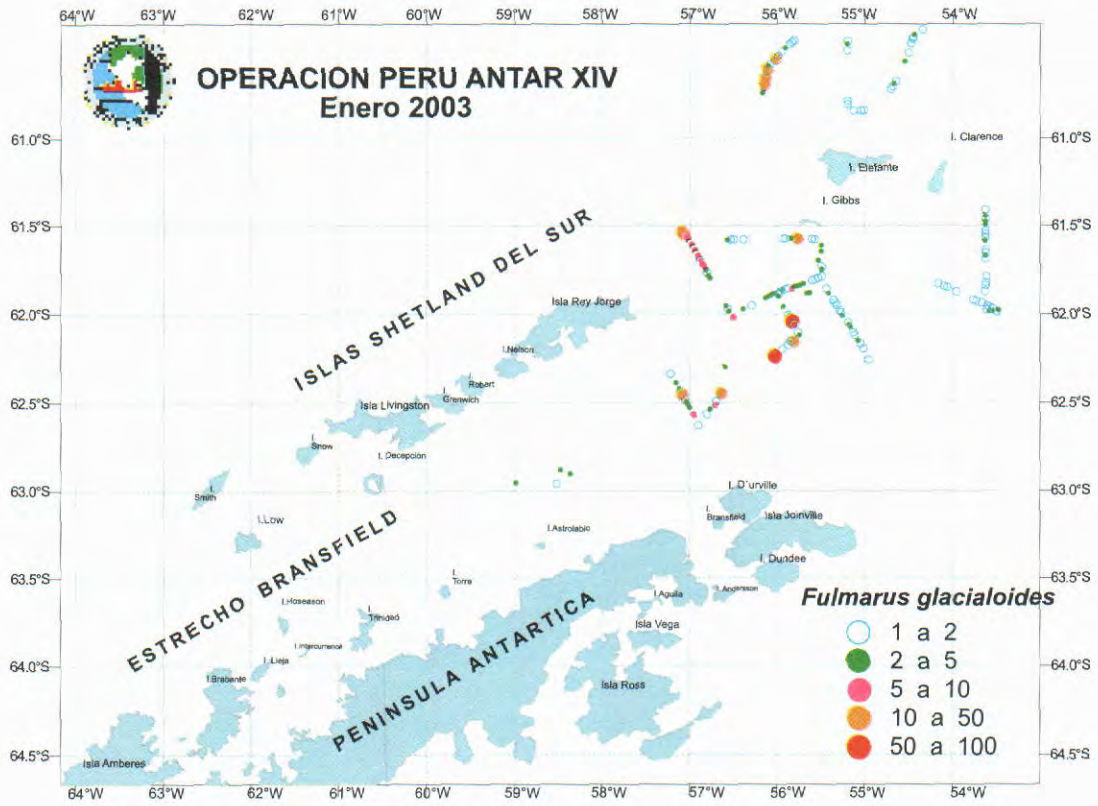


Figura 3. Distribución y densidad de *Fulmarus glacialis* por milla de observación.

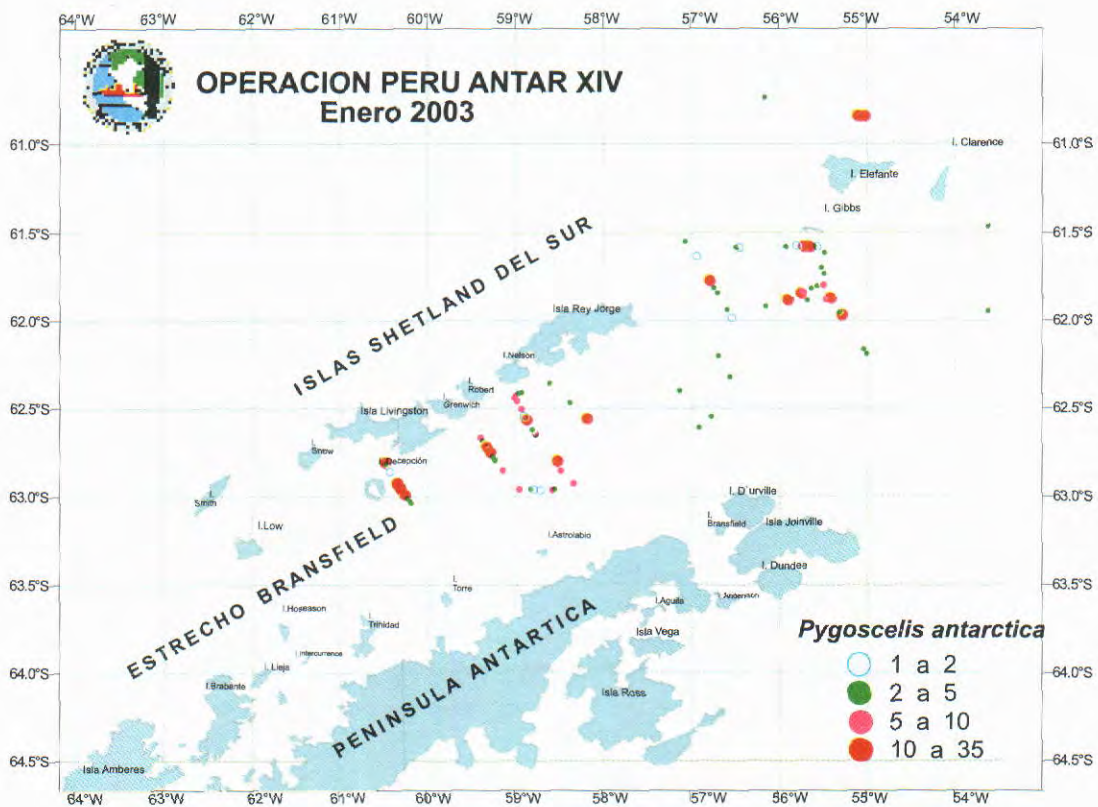


Figura 4. Distribución y densidad de *Pygoscelis antarctica* por milla de observación.

tros de profundidad ( $r_{\text{SPEARMAN}} = -0,829$ ,  $GL = 5$ ;  $P = 0,042$ ).

Al analizar la abundancia de aves y de krill en la misma capa y por cuadrante, los coeficientes de correlación fueron no significativos para todas las especies ( $P > 0,05$ ). Se hallaron fuertes correlaciones al nivel de cuadrantes entre la temperatura superficial del mar (TSM) promedio y el número promedio de aves por milla en el caso de los pingüinos *Pygoscelis* spp. ( $r_{\text{SPEARMAN}} = 0,538$ ,  $GL = 20$ ;  $P = 0,047$ ), el fulmar antártico ( $r_{\text{SPEARMAN}} = -0,579$ ,  $GL = 20$ ;  $P = 0,030$ ) y la golondrina de Wilson ( $r_{\text{SPEARMAN}} = -0,684$ ,  $GL = 20$ ;  $P = 0,007$ ).

## DISCUSIÓN

El número total de aves observado en el presente crucero 2003 fue el 57% de la cantidad de especies observada en el 2002 (ANTAR XIII), pero muy similar al registrado en el ANTAR XII.

La abundancia de aves fue mayor al norte de Isla Elefante, y al noreste de la isla Rey Jorge. Dentro del Estrecho de Bransfield la mayor abundancia de aves marinas se registró en la zona cercana a Isla Decepción (Figura 1).

Trabajos anteriores han demostrado que las correlaciones entre predadores y presas se incrementan con el aumento de la escala de la unidad muestral (SCHNEIDER y DUFFY 1985, OBST 1985, HEINEMANN et al. 1989, HUNT 1991, HUNT et al. 1992). ONEIL et al. 1988 (en HUNT et al. 1992) predijeron que los organismos actúan a escalas mayores en la utilización de un recurso cuando perciben que este recurso se halla en forma dispersa. HEINEMANN et al. (1989) encontraron concordancia numérica y espacial entre algunas especies de aves marinas y el krill en el Estrecho de Bransfield usando el promedio de cientos de millas náuticas dentro una gran área. Según OBST (1985), *Fulmarus glacialis*, *Daption capense* y *Oceanites oceanicus*

serían las mejores indicadoras de presencia de krill, debido a que son altamente pelágicas y pueden permanecer en el mar por varios días buscando y explotando los parches de krill disponibles. HEINEMANN et al. 1989 hallaron concordancia espacial con el krill para *D. capense* y *Fulmarus glacialis* y concordancia numérica con *D. capense* y *Pygoscelis adeliae* en la escala de millas, y a medida que aumentaron la escala las correlaciones se hicieron mayores, pero no necesariamente significativas.

Al igual que en evaluaciones antárticas peruanas anteriores (JAHNCKE et al. 1999, GARCÍA-GODOS y PÉREZ 2000), la paloma de El Cabo, el fulmar antártico y el pingüino de barbijo fueron las principales especies observadas en diferentes cruceros en el Estrecho de Bransfield y alrededores de Isla Elefante. Sin embargo, en el presente crucero la escala espacial podría limitar las correlaciones al nivel de estratos y cuadrantes, puesto que el total de millas observado (534) no sería suficiente para tamaños muestrales mínimos para cada estrato de abundancia de krill o cuadrante, lo que originaría correlaciones débiles.

En contra de lo que se esperaba, la correlación entre la abundancia de krill y el número total de aves marinas ha sido muy baja y poco significativa, a todo nivel de análisis. No obstante, la paloma de El Cabo y el albatros ceja negra presentaron fuertes correlaciones positivas al nivel de eventos, mientras que los pingüinos presentaron fuertes correlaciones negativas al mismo nivel. El fulmar antártico, presentó fuertes correlaciones con la abundancia de krill entre los 10 y 30 metros de profundidad; es un ave pelágica que se alimenta buceando, con lo cual tendría mayor capacidad para detectar alimento a esa profundidad.

La relación negativa encontrada por eventos con respecto a los

pingüinos del género *Pygoscelis* con la abundancia de krill, obedecería a que estas aves buceadoras se alimentan principalmente en las proximidades de sus colonias, frente al continente antártico y las islas circundantes. Estos pingüinos, por estar restringidos en su distribución en el mar a áreas cercanas a sus colonias, ofrecerían correlaciones débiles a escalas mayores, debido a que las concentraciones de krill no necesariamente se hallan dentro de su área de forrajeo por estar lejos de sus colonias. Por otro lado, estas áreas fueron poco evaluadas por el presente crucero debido a la presencia de hielos que impedían la navegación. Una mayor aproximación a tierra habría favorecido la correlación positiva entre abundancia de pingüinos y krill.

La paloma de El Cabo fue la especie que, a nivel de eventos, presentó las mejores correlaciones con respecto a la abundancia de krill en la columna de agua hasta los 150 metros. Pero, estas aves son consumidores superficiales y la correlación que presentan con la capa superficial (de 2 a 10 metros) es muy pobre en algunos casos. Esto puede deberse a que la capa superficial del mar no es completamente evaluada debido a que el transductor de la ecosonda trabaja desde los dos metros de profundidad, perdiéndose así información sobre la abundancia de krill en la capa disponible para la alimentación de estas aves. Estudios anteriores han demostrado que es poco frecuente que se encuentre krill en la superficie del mar por encima de los 10 m de profundidad durante el día (HUNT et al. 1992), haciendo la alimentación de las aves dependiente de la migración vertical diaria del krill. Las correlaciones significativas encontradas se deberían principalmente a que la disponibilidad de la presa en la superficie estaría en relación con la abundancia total de la presa en la columna de agua (SAFINA y BURGUER 1988).

Además del krill, tanto los peces, los tunicados, las medusas y copépodos son presas potenciales de las aves marinas. La detección de estos organismos en superficie y en el total de la columna de agua serviría para explicar mejor el comportamiento de las aves marinas en relación con la comunidad y no en exclusiva con el krill.

Un factor que debe ser considerado para próximos cruceros es el número de observadores asignados para la observación de aves marinas. Debido a circunstancias logísticas solamente se asignó un único observador de aves marinas, quien trabajó en la banda de estribor durante las horas de luz, lo que hizo un total de 18 horas de observación diarias bajo el clima antártico. Este bajo número de observadores asignado contribuye a incrementar el error por parte del observador y a disminuir el esfuerzo de búsqueda, lo cual puede afectar los resultados del crucero. Por tal motivo, se recomienda que un mínimo de cuatro personas sea asignado a la observación de aves marinas en los sucesivos cruceros ANTAR, con el propósito de mantener un estándar en el esfuerzo de búsqueda y aumentar la eficiencia en la toma de datos.

**Agradecimientos.-** A DANIEL TAKAHASHI y ULYSSES BUCCICARDI, biólogos compañeros de trabajo

que prestaron gran apoyo durante el crucero. Las biólogas Mg. GLADYS CÁRDENAS y ELISA GOYA prestaron apoyo logístico para mi participación en el crucero. El Ing. LUIS ESCUDERO proporcionó la bitácora acústica del crucero ANTAR XIV.

## REFERENCIAS

- CROXALL JP, PRINCE PA, REID K. 1997. Dietary segregation of krill-eating South Georgia seabirds. *Journal of Zoology* 242: 531-556.
- JAHNCKE J, GOYA E, PAZ SOLDÁN L. 1999. Las aves marinas antárticas como indicadoras de los patrones de abundancia y distribución del krill *Euphausia superba* en el estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante. *Inf. Inst. Mar Perú* 144:71-81.
- GARCÍA-GODOS I, PÉREZ J. 2000. Avistajes de aves marinas antárticas y su relación con el krill *Euphausia superba* en el estrecho de Bransfield y alrededores de isla Elefante. En: Informe sobre las actividades científicas de la Décima Expedición Peruana a la Antártida. CONAAN, CONCYTEC. Lima. 45-51.
- HARRISON P. 1987. Seabirds of the World. A photographic guide. Christopher Helm (Ed.). London. 317 pp.
- HARRISON P. 1988. Seabirds, An identification guide. Re-printed rev. ed. Christopher Helm (Ed.). London. 448 pp.
- HEINEMANN D, HUNT G, EVERSON I. 1989. Relationships between the distributions of marine avian predators and their prey, *Euphausia superba*, in Bransfield Strait and Southern Drake Passage, Antarctica. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58: 3-16.
- HUNT GL, JR. 1991. Marine ecology of seabirds in polar oceans. *Amer. Zool.* 31: 131-142.
- HUNT JR. GL, HEINEMANN D, EVERSON I. 1992. Distributions and predator-prey interactions of macaroni penguins, Antarctic fur seals, and Antarctic krill near Bird Island, South Georgia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 86: 15-30.
- KAIRNS DK. 1987. Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biological Oceanography Vol.* 5: 261-272.
- OBST BS. 1985. Densities of Antarctic seabirds at sea and the presence of the krill *Euphausia superba*. *The Auk* 102: 540-549.
- O'NEILL RV, MILNE BT, TURNER MG, GARDNER RH. 1988. Resource utilization scales and landscape pattern. *Landscape Ecol.* 2: 63-69.
- SAFINA C, BURGER J. 1988. Ecological dynamics among prey fish, Bluefish, and foraging Common Terns in an Atlantic coastal system: 95-173. En: BURGER J. (ed.). Seabirds and other marine vertebrates. Competition, predation and other interactions. Columbia Univ. Press. 339pp.
- SCHNEIDER DC, DUFFY DC. 1985. Scale-dependent variability in seabird abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25: 211-218.