DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE AVES MARINAS EN EL SUR DE CHILE (38º-57ºS) BASADA EN OBSERVACIONES A BORDO DE EMBARCACIONES PESQUERAS PALANGRERAS DE BACALAO DE PROFUNDIDAD

TESIS

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
Y DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE BIOLOGIA MARINA

LUIS ARIEL CABEZAS BRAVO

2007

ej. 67701

M
C114d
2007

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE AVES MARINAS EN EL SUR DE CHILE (38°-57°S) BASADA EN OBSERVACIONES A BORDO DE EMBARCACIONES PESQUERAS PALANGRERAS DE BACALAO DE PROFUNDIDAD

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
00154
BIBLIOTECA
FACULTAD DE CS. DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

TESIS

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

LUIS ARIEL CABEZAS BRAVO

2007

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE AVES MARINAS EN EL SUR DE CHILE (38°-57°S) BASADA EN OBSERVACIONES A BORDO DE EMBARCACIONES PESQUERAS PALANGRERAS DE BACALAO DE PROFUNDIDAD

TESIS

Para optar al título profesional de Biólogo Marino

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

LUIS ARIEL CABEZAS BRAVO

2007

Luis Ariel Cabezas Bravo

Esta Tesis ha sido aprobada por la Comisión de Tesis en Enero de 2007

Prof. Dr. Alejandro Simeone Cabrera

Director de Tesis

Prof. Dr. Ricardo Bravo Méndez

Prof. Alfredo Pérez Vargas

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	10
1. Objetivo general	10
2. Objetivos específicos	10
HIPÓTESIS	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12
1. Área de estudio	12
2. Periodo y esfuerzo de observación	14
3. Conteo de aves marinas	18
4. Determinación de las especies de aves marinas	19
5. Análisis de datos	20
5.1. Selección de datos	21
5.2. Transformación y estandarización de datos	22
5.2.1. Análisis en la variable temporal	22
5.2.2. Análisis en la variable espacial	22

5.3. Análisis exploratorio 23

5.3.1. Patrones temporales y espaciales en las abundancias 23

5.3.2. Ensamble de especies de aves marinas 27

5.4. Análisis de la variabilidad temporal y espacial 30

5.4.1. Cálculos univariados 31

5.4.2. Técnica multivariada 33

5.5. Información de distribución de la avifauna observada 37

RESULTADOS 38

1. Análisis descriptivo general 38

1.1. Composición específica 38

1.2. Abundancia 40

2. Análisis exploratorio 45

2.1. Patrones de variabilidad temporal 45

2.2. Patrones de variabilidad espacial 52

2.3. Ensamble de especies de aves marinas 56

3. Análisis de la variabilidad temporal 61

3.1. Composición específica estacional 61

3.2. Abundancia estacional 64

3.3. Cálculos univariados 71

3.3.1. Índices ecológicos 71

3.3.2. Análisis de varianza 74

3.4. Técnica multivariada 79

4. Análisis de la variabilidad espacial 85

4.1 Cálculos univariados 85

4.1.1. Índices ecológicos 85

4.1.2. Análisis de varianza 87

4.2 Técnica multivariada 89

5. Información de distribución de avifauna observada 94

5.1. Especies con problemas de conservación y nuevos registros 94

5.2. Especies con escasa información para el área (nuevos registros) 99

DISCUSIÓN 101

1. Hipótesis de trabajo 101

2. Composición y abundancia, observaciones generales 102

3. Variabilidad temporal (estacional) 106

4. Variabilidad espacial (latitudinal) 114

5. Información de distribución de avifauna observada 117

6. En relación con estudios futuros de distribución en el área 124

CONCLUSIÓN 127

LITERATURA CITADA 132

ANEXOS 150

AGRADECIMIENTOS

Una pequeña reflexión antes de empezar... de alguna u otra forma, me considero un hombre afortunado en lo que a amistad se refiere, creo tener bastantes amigos, tampoco que bruto que son millones, pero si de calidad se trata, en conjunto valen mucho. También me siento afortunado de pertenecer a mi loca y hermosa familia. A todos ustedes, familia, amigos y no tan amigos (conocidos por gusto o a la fuerza) van dirigidas estas palabras de gratitud.

En primer lugar a mi familia, madre, padre, hermanas, familia toda... gracias por creer en mí, por su apoyo incondicional, porque a pesar de las dificultades, siempre han estado y estarán ahí, a su modo, pero ahí. Los Amo.

A los profesores de la comisión: Dr. Ricardo Bravo, gracias por su tiempo y compromiso docente; Dr. y amigo Alejandro Simeone, mi enorme gratitud por aceptar ser director de urgencia y ser parte de esta comisión desde los ya pretéritos inicios de mi tesis... y más allá de ser mi director, eres uno más de la dinastía "Mariana", gracias por tu ayuda; Profesor y maestro de la vida "*ad honorem*" Alfredo Pérez, ¡Muy agradecido! ¡Muy agradecido! Por tu generosidad al compartir tu conocimiento, consejos, amistad y de vez en cuando un completo con "chela" y música. ¡Gracias!

Al Dr. Carlos Moreno, Dr. Rodrigo Hucke-Gaete y Dr. Javier Arata, por permitirme participar en el proyecto Fip 2001-31 y utilizar información recopilada en dicho proyecto para la realización de la presente tesis. De forma especial agradezco a Javier Arata por su paciencia y ayuda inicial como director y guía. Al resto de los observadores participantes y a todos los tripulantes que a bordo conocí en el "Niño do Corvo", "Polar Pesca I" e "Isla Camila", gracias por su preocupación, ayuda desinteresada, tolerancia y buena disposición.

A la pingüina, gracias amor por llegar justo en la migración... por querer compartir este viaje migratorio de loro despistado, pingüino glotón, de albatros "errante"... de pequeña golondrina de mar perdida en la inmensidad del océano... espero seguir migrando junto a ti...

A los viejos tercios, y no tan viejos, del querido y nunca bien ponderado Lab. de Ecología: Iván, gracias por tu ayuda en temas de análisis de datos; a Julio, Víctor, Vivi, Pamela, Caco y a todos los ecólogos de corazón y bolsillo... como yo.

A mis amigos: "Hijamigas", Lore, Euge, Ale, Cote Hidalgo... gracias por estar ahí cuando lo necesité, por hacerme reír y pelar el cable. A mis compañeros de generación, Pali, Cristián Cáceres, Luchin Prado, Cote Pérez, Gemy, "chica", Cecilia, Cristina, Rodrigo Arriagada, por su amistad, a pesar del tiempo y la distancia... a Pancho "Tiburcio" Concha, Caro Briones, Marcelo Flores, Luis Amaro, a todos ustedes mis agradecimientos... por supuesto a mis amigos en Santiago, Rodrigo, Lalo y tíos, a Mabel... sólo Dios sabe lo que hemos pasado, para bien o para mal, los quiero mucho.

A Paula y toda su familia, mi gratitud y cariño es por siempre.

Pame y Sra. Jeannette (de biblioteca), Raúl, Fredi, don Claudio, Beto, René, Pato Henríquez... ¡¡¡mil gracias por toda la ayuda y favores concedidos!!!

Y como no, antes de que se me acabe la tinta... gracias por todo a mi amigo y maestro Mariano... a veces creo que "todo" no alcanza para retribuir tu generosidad infinita y desinteresada... gracias por tu apoyo y sabiduría... gracias por hacer de mi un pájaro(n) más... ¡¡¡te quiero harto Amigo!!!

Mil disculpas si se me olvida alguien... todos de alguna forma han contribuido a que esta tesis haya llegado a buen término... ¡¡¡por fin!!!.

LISTA DE TABLAS

Tabla **Pág.**

1. Esfuerzo de observación en la flota artesanal de la pesquería de bacalao de profundidad por periodo de observación entre mayo y noviembre de 2002. 15

2. Esfuerzo de observación en la flota industrial de la pesquería de bacalao de profundidad por periodo de observación entre abril de 2002 y marzo de 2003. 15

3. Especies de aves marinas registradas durante las operaciones de virado para el área operativa de la flota artesanal (AOFA; 38°55'S-46°59'S) e industrial (AOFI; 47°00'S-57°14'S) de la pesquería de bacalao de profundidad. Estatus de las especies para la zona estudiada: R = residente; V = visitante regular; A = visitante accidental. 39

4. Frecuencia de ocurrencia, abundancia específica (N) y abundancia relativa porcentual (N%) registrada durante la totalidad del periodo de estudio para el área examinada (38°55'S-57°14'S). Información obtenida de 262 censos realizados con condiciones adecuadas de visibilidad durante operaciones de virado. Especies en orden de abundancia decreciente. 42

5. Frecuencia de ocurrencia, abundancia media (± desv. estándar) y número de individuos (N) por especie observados alrededor de embarcaciones pesqueras de bacalao de profundidad durante operaciones de virado. Censos (n) realizados en las áreas operativas de las flotas artesanal (AOFA; 38°55'S-46°59'S) e industrial (AOFI; 47°00'S-57°14'S). 44

6. Comparación de las matrices cofenéticas (Mahalanobis, Bray-Curtis), a través del coeficiente de correlación matricial*. Los coeficientes son dados tanto para los análisis exploratorios independientes de cada flota como para ambas en conjunto. 51

7. Análisis no jerárquico de K-medias basado en la composición y abundancias mensuales promedio de las especies de aves registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial). Se entrega la pertenencia de los meses a los diferentes conglomerados obtenidos y la distancia Euclídea de cada caso a su centroide de clasificación. 51

8. Análisis no jerárquico de K-medias basado en la composición y abundancias latitudinales promedio de aves marinas registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial). Se entrega la pertenencia de las latitudes a los diferentes conglomerados obtenidos y la distancia Euclídea de cada unidad espacial a su centroide de clasificación. 55

9. Listado de especies avistadas durante los embarques en lanchas artesanales de bacalao de profundidad (38°55'S-46°59'S), agrupados por época estacional sobre la base de 84 operaciones de virado monitoreadas con condiciones adecuadas de visibilidad (1 = presente; 0 = ausente). 62

10. Listado de especies avistadas durante los embarques industriales de bacalao de profundidad (47°00'S-57°14'S) y agrupados por época estacional. Información obtenida de 178 operaciones de virado monitoreadas con condiciones adecuadas de visibilidad (1 = presente; 0 = ausente). 63

11. Frecuencia de ocurrencia, abundancia media y número total de aves marinas (N) observadas en diferentes épocas estaciónales alrededor de lanchas artesanales durante las faenas de virado en el área operativa de la flota artesanal (AOFA). 65

12. Frecuencia de ocurrencia, abundancia media y número total de aves marinas (N) observadas en diferentes épocas estaciónales alrededor de barcos factoría durante las faenas de virado en el área operativa de la flota industrial (AOFI). 69

13. Índices de diversidad de Shannon (H'), uniformidad de Pielou (J') y sus respectivas reasignaciones estocásticas (H'_b y J'_b) para la totalidad de especies registradas en cada área operativa pesquera (AOFA = artesanal; AOFI = industrial) y en toda el área (área global), durante los tres periodos estacionales. 72

14. Estadísticos de las pruebas de homogeneidad de varianza, ANDEVA de un factor y prueba no paramétrica de rangos, obtenidos en el análisis univariado entre estaciones (otoño-invierno, primavera) para cada especie del ensamble principal de aves, presentes alrededor de embarcaciones artesanales. 75

15. Estadísticos de las pruebas de homogeneidad de varianza, ANDEVA de un factor y ANDEVA no paramétrica (Kruskal-Wallis), obtenidos en el análisis univariado entre estaciones (otoño-invierno, primavera, verano) para cada especie del ensamble principal de aves, presentes alrededor de embarcaciones industriales. 76

16. Comparación múltiple de medias de Tamhane (paramétrica, varianzas desiguales) y de Dunn (no paramétrica) de las especies pertenecientes al ensamble principal que presentaron diferencias significativas entre periodos estacionales en el AOFI (OI = otoño-invierno; P = primavera; V = verano). 78

17. Resultados del análisis de porcentajes de similitud para el ensamble principal de aves. Se entrega la contribución de cada especie a la diferencia entre periodos estacionales en el AOFA. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre estaciones. 81

18. Análisis de similitudes (ANOSIM) para evaluar diferencias en la estructura del ensamble principal de aves entre los periodos estacionales determinados en el AOFI. 82

19. Resultados del análisis de porcentajes de similitud para el ensamble principal de aves. Se entrega la contribución de cada especie a la diferencia entre periodos estacionales en el AOFI. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre estaciones. 83

20. Índices de diversidad de Shannon (H'), uniformidad de Pielou (J') y sus respectivas reasignaciones estocásticas (H'_b y J'_b) para el conjunto total de aves registradas en cada grupo latitudinal; 38°-45°S (AOFA), 47°-57°S (AOFI). 86

21. Estadísticos de las pruebas de homogeneidad de varianza, ANDEVA de un factor y ANDEVA no paramétrica, obtenidos en el análisis univariado entre los dos grupos latitudinales (38°-45°S y 47°-57°S) para cada especie del ensamble principal de aves, presentes alrededor de embarcaciones artesanales e industriales. 88

22. Resultados del análisis de porcentajes de similitud para el ensamble principal de aves. Se entrega la contribución de cada especie a la diferencia entre grupos latitudinales durante el periodo global de estudio. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre grupos latitudinales. 91

23. Análisis de porcentajes de similitud, identificando aquellas especies del conjunto total de aves registradas que más contribuyeron a la diferencia entre grupos latitudinales durante el periodo global de estudio. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre grupos latitudinales. 94

LISTA DE FIGURAS

Figura **Pág.**

1. Área de estudio (territorio marítimo chileno; X, XI y XII regiones). Las líneas de color rosado, violeta y naranjo corresponden a 200, 1000 y 2000 m de profundidad, respectivamente (plataforma y talud continental). Fuente GEBCO 97. 13

2. Distribución de los lances monitoreados a bordo de lanchas artesanales de bacalao de profundidad (X y XI regiones) entre mayo y noviembre de 2002. 16

3. Distribución de los lances industriales de bacalao de profundidad (XII región) monitoreados por los observadores científicos entre abril de 2002 y marzo de 2003. 17

4. Número de especies de aves marinas, según categoría taxonómica (orden y familia), presente durante el periodo de estudio (abril 2002-marzo 2003) para el área investigada (38°55'S-57°14'S). 40

5. Clasificación jerárquica de los meses explorados (patrón temporal), basado en la composición y abundancia promedio de las especies de aves registradas en la flota artesanal de bacalao de profundidad; **A**-distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%). 46

6. Clasificación jerárquica de los meses explorados (patrón temporal), basado en la composición y abundancia promedio de las especies de aves registradas para la flota industrial de bacalao de profundidad; **A**-distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%). 48

7. Clasificación jerárquica de los meses explorados (patrón temporal), basado en la composición y abundancia promedio de las especies de aves registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial) de bacalao de profundidad; **A**- distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%). 50

8. Clasificación jerárquica del patrón espacial (latitudinal) de abundancias promedio (estandarizadas y transformadas) de aves marinas registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial) de bacalao de profundidad; **A**- distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%). 54

9. Clasificación jerárquica del patrón espacial (latitudinal) basado en la composición específica (presencia-ausencia) de las aves marinas registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial). Disimilitud calculada según coeficiente de Dice. 56

10. Clasificación jerárquica de la composición específica (presencia-ausencia) registrada durante el estudio (flotas artesanal e industrial en conjunto). La disimilitud entre especies (distancia (%); coeficiente de Dice) se presenta sobre la base de la comparación mensual (**A**) y latitudinal (**B**). Códigos de especies como en Tabla 5. 58

11. Grupos recurrentes formados a partir de las especies que presentaron asociación positiva sobre la base de las observaciones reunidas en ambas áreas operativas (**A**), en el AOFA (**B**) y en el AOFI (**C**). La unión entre las especies "asociadas" y/o aquellas especies individuales de un grupo que muestran afinidad positiva con algún taxa del ensamble principal, son entregadas como proporciones de la magnitud de estas asociaciones. Códigos de especies como en Tabla 5. 59

12. Abundancia media (**A**) y porcentajes de abundancia (**B**), por época estacional, de las especies del ensamble principal observado durante los virados a bordo de lanchas artesanales de la pesquería de bacalao de profundidad. **66**

13. Abundancia media (**A**) y porcentajes de abundancia (**B**), por época estacional, de las especies del ensamble principal observado durante los virados a bordo de barcos industriales de la pesquería de bacalao de profundidad. **70**

14. Media e intervalos de confianza (95%) en torno a los valores de diversidad y uniformidad generados mediante reasignación estocástica (H'_b, J'_b) para el conjunto total de especies registradas en cada periodo estacional (OI = otoño-invierno; P = primavera; V = verano) y áreas operativas pesqueras (más toda el área en conjunto). **73**

15. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico del ensamble principal de aves a través de los censos mensuales agrupados por periodos estacionales. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en el AOFA (stress = 0,2). **79**

16. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico del ensamble principal de aves a través de los censos mensuales agrupados por periodos estacionales. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en el AOFI (stress = 0,16). **82**

17. Media e intervalos de confianza (95%) en torno a los valores de diversidad y uniformidad generados mediante reasignación estocástica (H'_b, J'_b) para el conjunto total de especies registradas en cada grupo latitudinal identificado (áreas operativas pesqueras). **86**

18. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico del ensamble principal de aves, a través de los censos y según grupo latitudinal. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en las dos áreas operativas de las flotas pesqueras, artesanal e industrial (stress = 0,15). 89

19. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico, considerando la abundancia estandarizada (**A**) y la presencia-ausencia (**B**) del conjunto total de aves registradas durante los censos y según grupo latitudinal. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en las dos áreas operativas de las flotas pesqueras (stress: A = 0,16; B = 0,18). 92

20. Número de individuos de albatros de ceja negra (**A**) y de cabeza gris (**B**) durante las operaciones de virado alrededor de embarcaciones pesqueras palangreras (industriales) de bacalao de profundidad. Sus colonias reproductivas en Chile: **a**- Isla Diego de Almagro, **b**- Islotes Evangelistas, **c**- Islas Ildefonso, y **d**- Islas Diego Ramírez. 96

21. Número de individuos de petrel gigante antártico (**A**) y petrel gigante subantártico (**B**) durante las operaciones de virado alrededor de embarcaciones pesqueras palangreras (artesanales e industriales) de bacalao de profundidad. 97

22. Número de individuos de fardela negra grande (**A**) y fardela de Nueva Zelanda (**B**) durante las operaciones de virado alrededor de embarcaciones pesqueras palangreras (artesanales e industriales) de bacalao de profundidad. 98

23. Nuevos registros de ejemplares de: **A**- albatros de Salvin y albatros de Buller; **B**- fardela gris, fardela blanca, fardela de frente blanca, yunco de los canales y pingüino de Adelia 100

RESUMEN

La literatura ornitológica referente a presencia y rangos de distribución de especies pelágicas en la zona austral de Chile (42°-57°S) es particularmente reducida. La distribución de la mayoría de las especies presentes se basa en escasos avistamientos, desconociéndose las variaciones estacionales intraespecíficas en el uso de este hábitat. En orden de revertir esta situación, se analizó la presencia-ausencia, abundancia relativa y distribución temporal y espacial de las especies de aves marinas pelágicas en el sur de Chile durante un año. La presencia y abundancia de aves marinas fue registrada durante las operaciones de pesca en barcos artesanales e industriales de bacalao de profundidad, entre los 38°-57°S desde abril de 2002 a marzo de 2003. Se identificó un total de 25 especies de aves marinas de las que 10 exhibieron una constancia (presencia conjunta) espacio-temporal a lo largo de toda o gran parte del área prospectada durante el periodo de estudio, constituyendo un grupo multiespecífico persistente (ensamble principal) asociado a las actividades pesqueras de ambas flotas. Dentro del ensamble general destaca la dominancia, en términos de abundancia y frecuencia de ocurrencia, de tres especies: el petrel moteado *Daption capense*, el albatros de ceja negra *Thalassarche melanophrys* y la categoría específica *Macronectes* spp. (especies de petrel gigante). Tres tendencias en la variación estacional de la abundancia fueron encontradas: i) especies que presentaron un máximo de abundancia en otoño-invierno y mínimos en verano (*Fulmarus glacialoides* y *Procellaria aequinoctialis*); ii) con mínimos de

abundancia durante otoño-invierno y máximos en verano (*Macronectes* spp., *Diomedea epomophora* y *Diomedea exulans*); iii) y especies que presentaron patrones de abundancia estacional opuestos simultáneamente en el área operativa de la flota artesanal (38°-47°S) y en el área de pesca industrial (47°-57°S) (*T. melanophrys*, *D. capense* y *Oceanites oceanicus*). Factor fundamental que subyace a los patrones temporales identificados, son los movimientos de dispersión y migración durante las épocas reproductiva y no reproductiva. La variabilidad latitudinal observada en la abundancia de algunas especies comunes a ambas áreas operativas de pesca, sería principalmente un efecto del tipo de embarcación (mayor atracción y concentración de aves en torno a la flota industrial, 47°-57°S) y no necesariamente un reflejo de la variabilidad espacial asociada a la distribución natural de las especies y, adicionalmente, estaría reflejando el desplazamiento estacional masivo de especies de origen subantártico y antártico hacia sus lugares de reproducción. La avifauna pelágica observada en torno a las embarcaciones pesqueras artesanales e industriales de bacalao de profundidad constituiría parte importante de la riqueza de especies presentes durante todo o gran parte del año en el Pacífico sudoriental, frente al litoral austral de Chile. Se entrega nueva información sobre rangos de distribución y presencia de especies pelágicas poco frecuentes, raras, accidentales o con escasa información previa para el área de estudio (i.e. *Thalassarche salvini*, *Macronectes halli*, *Procellaria westlandica*, *Procellaria cinerea*, *Pterodroma lessoni*, *Puffinus creatopus*, *Pelecanoides urinatrix*, *Pygoscelis adeliae*).

INTRODUCCIÓN

La distribución y abundancia de las aves marinas está directamente influida por las características físicas (oceanográficas, meteorológicas y geomorfológicas) y biológicas del medioambiente marino (Ashmole 1971, Ainley 1980, Hunt 1990) a escalas temporales y espaciales diversas (Schneider & Duffy 1985, Hunt & Schneider 1987). Estos procesos generan patrones bien definidos en la distribución y abundancia de las aves marinas, resultado de las concentraciones localizadas de sus presas. Dentro de estos procesos pueden considerarse: (i) los aspectos físicos que resultan en la acumulación pasiva o en el incremento de la producción de los organismos presas, (ii) la cantidad y el tipo de presas presentes y su disponibilidad, y (iii) las interacciones con otros organismos que aumentan la posibilidad de localizar presas, o por el contrario, resulte en interacción competitiva frente a la obtención del alimento (Hunt 1990). A lo anterior se suman las interacciones entre aves marinas y las actividades pesqueras, en donde estas últimas pueden provocar cambios positivos en la distribución y dinámica poblacional de las especies, tal como la expansión en el rango reproductivo y aumento de su abundancia (Camphuysen & Garthe 2000), o cambios negativos, tales como atracción de algunas especies a zonas de pesca fuera de sus áreas habituales de forrajeo, dependencia sobre fuentes de alimento derivadas de las actividades pesqueras, mortalidad incidental, reducción de la abundancia de sus presas, entre otros (Abrams 1983, Tasker *et al.* 2000, Montevecchi 2002, Furness 2003). El conocimiento de los patrones de distribución y abundancia, así como sus

variaciones a diferentes escalas de tiempo y espacio, entrega información básica e imprescindible para poder comprender en qué forma y magnitud los múltiples factores físicos, biológicos, comunitarios y antrópicos actúan sobre los ensambles de aves marinas en el medioambiente pelágico, hábitat en el que se desarrolla parte importante de sus ciclos de vida.

De la ornitofauna actualmente registrada para Chile, 109 especies son consideradas como aves marinas, lo que representa un 24% del total de aves reconocidas para el país (Schlatter & Simeone 1999). Son consideradas aves marinas todas aquellas que pasan una parte importante de su ciclo de vida alimentándose en el mar (Ainley 1980, Taylor 2000, Schlatter & Simeone 1999, Schreiber & Burger 2002). Dentro de este grupo se puede diferenciar a las aves pelágicas (u oceánicas) de aquellas especies de aves marinas costeras. Las primeras tienen su nicho y utilizan el hábitat marino-pelágico la mayor parte de su tiempo (ca. 90%), mientras las segundas permanecen casi la totalidad de su tiempo y su nicho se realiza entre el litoral y el límite de la plataforma continental (Ainley 1980, Schlatter & Simeone 1999).

La literatura ornitológica referente a presencia y rangos de distribución de especies pelágicas en la zona austral de Chile (42°-57°S), es particularmente reducida. Las primeras publicaciones ornitológicas recopilan, para esta zona, fundamentalmente información de expediciones avifáunicas realizadas durante la primera mitad del siglo pasado (Reynolds 1935, Murphy 1936, Philippi *et al.* 1954, Goodall *et al.* 1957, Humphrey *et al.* 1970). Otros estudios se realizaron como parte de cruceros de investigación (Jehl 1973, Brown *et al.* 1975), en áreas

adyacentes y comunes con Argentina (Olrog 1958, Cooke & Mills 1972, Linkowski & Rembiszewski 1978, Whitney & Stejskal 1992, Raya & Schiavini 2000), travesías y expediciones ornitológicas diversas (Clark *et al.* 1984a, 1984b, 1992), visitas restringidas y esporádicas a la región (Devillers & Terschuren 1978, Howell & Webb 1995, Arata 2003) o simplemente como observaciones complementarias dentro del marco de otras investigaciones (Aguayo *et al.* 1998). La mayoría de estos estudios han estado circunscritos a periodos restringidos de tiempo, generalmente limitándose a proporcionar sólo información de tipo cualitativa (catastros de especies) y obtenida principalmente en fiordos y canales interiores, quedando las áreas oceánicas sin ser evaluadas.

De los rasgos físicos geomorfológicos que definen el litoral, Camus (2001) reconoce al archipiélago de Chiloé (41°45'S) como el único quiebre biogeográfico de gran magnitud de la costa continental chilena. Al norte de este límite natural la línea costera es continua, mientras que hacia el sur el litoral se caracteriza por una accidentada geografía, con gran número islas, golfos, fiordos y canales que se extienden hasta el Cabo de Hornos. Otro rasgo característico es la amplitud de la plataforma continental chilena, extremadamente angosta en comparación a su contraparte Atlántica (Camus 2001, Acha *et al.* 2004).

Entre las características físicas oceanográficas de la costa chilena, destaca la influencia superficial predominante de la masa de agua subantártica, de baja temperatura y salinidad, asociada a la Corriente Circumpolar Antártica (Deriva del Oeste). Esta última, se aproxima a la costa continental de Chile bifurcándose aproximadamente en el paralelo 42°S (Chiloé) dando origen a dos flujos: uno con

dirección norte, la corriente de Humboldt, y otro con orientación sur llamado corriente del Cabo de Hornos, el que bordea el cono sudamericano y continúa hacia el este hasta unirse a la corriente de Falkland en el Atlántico (Silva & Neshyba 1979, Rojas & Silva 1996, Camus 2001, Acha *et al.* 2004).

La corriente de Humboldt es una zona zoogeográfica importante para la distribución de aves marinas con un considerable nivel de endemismo (Johnson 1965, Schlatter & Simeone 1999). Una característica relevante de este sistema es la ocurrencia de centros de surgencia bien definidos en tiempo y espacio, los que sustentan la alta productividad asociada con la corriente de Humboldt y que se refleja en los altos niveles de desembarque pesquero (Acha *et al.* 2004, Halpin *et al.* 2004).

La corriente del Cabo de Hornos se caracteriza por ser menos salina y presentar altos valores de oxígeno, resultado de la interacción con la circulación estuarina del complejo de fiordos y archipiélagos del sur, propiedades que llegan a presentarse hasta 100 km mar adentro en la latitud 51°S. En general, al sur de los 42°S, las fuerzas superficiales están dominadas por fuertes vientos con dirección hacia el polo y abundantes precipitaciones, lo que caracteriza las habituales tormentas que ocurren en el extremo sur del continente (Silva & Neshyba 1977, Strub *et al.* 1998 *fide* Acha *et al.* 2004). Esta zona sería una de las unidades biogeográficas mayores reconocibles para la biota marina de la costa chilena (Camus 2001). Para las aves marinas en Chile, por su parte, Schlatter (1984) distinguió a los "archipiélagos del sur" como una de las tres principales subdivisiones en la costa chilena, la que presentaría importantes poblaciones

reproductivas de especies de origen subantártico; su análisis, basado especialmente en características oceanográficas, señala que el inicio de esta área se ubica en el Canal de Chacao (42ºS) y se extiende hacia el sur hasta el archipiélago de Diego Ramírez (57ºS). Esta unidad de división espacial fue corroborada recientemente bajo el criterio de endemismo por Schlatter & Simeone (1999).

Otro factor determinante en la distribución, abundancia y asociación entre las aves marinas, particularmente durante la temporada reproductiva, es la ubicación de sus colonias de nidificación (Wahl *et al.* 1989, Ainley *et al.*1993, Garthe 1997). La relación entre la distribución durante la época reproductiva y las zonas de alimentación está dada por la necesidad y obligación de las aves de retornar a sus colonias para asumir las tareas reproductivas y de crianza (incubación, alimentación de los pollos) (Bourne 1981, Shealer 2002). De esta forma, durante la época reproductiva, las aves marinas presentan rangos de alimentación restringidos, los cuales varían según la especie (Weimerskirch *et al.* 1988, 1993, Schneider 1997), siendo muy reducidos para especies costeras (e.g. gaviotas, gaviotines, cormoranes, pingüinos) o más amplios para especies pelágicas (e.g. Procellariiformes) (Schneider 1997, Shealer 2002). Muchas especies pelágicas de origen subantártico, presentes en aguas chilenas, poseen amplia dispersión e incluso son observadas en latitudes más septentrionales. No obstante, su distribución reproductiva se restringe fundamentalmente a la zona circumpolar (e.g. albatros de ceja negra *Thalassarche melanophrys* (Temminck) 1828) y en algunos casos también antártica (e.g. petrel moteado *Daption capense*

(Linné) 1758) (Schlatter & Simeone 1999, Araya & Millie 2000). Entre las colonias más importantes existentes en la Región de Magallanes destacan: las colonias de albatros de ceja negra en la isla Diego de Almagro (51°30'S, 75°15'W) (Lawton *et al.* 2003), los islotes Evangelistas (52°23'S, 75°05'W) (Arata *et al.* 2003), las islas Ildefonso (55°48'S, 69°24'W) (Aguayo *et al.* 2001) y la más numerosa en el archipiélago de Diego Ramírez (56°31'S, 68°43'W) donde también nidifica el albatros de cabeza gris, *Thalassarche chrysostoma* (Forster) 1785 (Schlatter & Riveros 1997). Otras colonias de especial consideración por su magnitud, son las de fardela negra, *Puffinus griseus* (Gmelin) 1789, en la isla de Guafo (43°36'S, 74°43'W) y archipiélago del Cabo de Hornos (55°45'S, 67°25'W) (Clark *et al.* 1984b, 1992) y la colonia de petrel azulado, *Halobaena caerulea* (Gmelin) 1789, en Diego Ramírez (Schlatter & Riveros 1997). Importante es señalar que los albatros de ceja negra y de cabeza gris, por mencionar sólo algunas especies, están catalogadas como especies "en peligro" y "vulnerable", respectivamente, en el listado rojo de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (IUCN 2004).

No obstante, la distribución de las aves en alta mar es determinada, además de las características físicas, por las variables biológicas del medioambiente marino y la biología propia de las especies. La productividad primaria y la distribución y disponibilidad de los organismos presa son consideradas entre las primeras, mientras que el tamaño corporal y el comportamiento (métodos) de alimentación son inherentes a cada especie (Ashmole 1971, Ribic & Ainley 1989, Ainley *et al.* 1993). Todo esto, además, está

influido por la edad y estado fisiológico del individuo, lo que determina diferentes requerimientos energéticos (Bourne 1981, Shealer 2002). Así se ha determinado, en diferentes especies de Procellariiformes, la existencia de patrones de distribución diferenciales entre inmaduros y adultos (Croxall *et al.* 1999), entre machos y hembras (Weimerskirch *et al.* 1993, 1997, Sagar & Weimerskirch 1996, Croxall *et al.* 1999, González-Solís *et al.* 2000), así como también modificaciones en la distribución antes y durante la época de reproducción (Weimerskirch *et al.* 1993, Waugh *et al.* 2000, González-Solís *et al.* 2002). Nicholls *et al.* (2002) identificó frente a la costa chilena, entre los 39º-52ºS, rangos de forrajeo durante época no reproductiva de ejemplares adultos de albatros real del norte, *Diomedea* (*epomophora*) *sanfordi* Murphy 1917, y albatros errante de las Antípodas, *Diomedea* (*exulans*) *antipodensis* Robertson & Warham 1992, y que incluyó la plataforma continental y áreas pelágicas adyacentes próximas al talud continental, respectivamente. Patrones similares de distribución son descritos para adultos (en época no reproductiva) y subadultos de tres especies de albatros del género *Thalassarche* que ocurren a lo largo de las aguas de la corriente de Humboldt (Spear *et al.* 2003).

Un factor adicional que afecta la distribución y abundancia de las especies es la presencia de actividades pesqueras (Garthe 1997). En las XI y XII regiones existen importantes pesquerías de peces demersales (i.e. merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) 1872, congrio dorado *Genypterus blacodes* (Forster) 1801, bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* Smith 1898) (Aguayo *et al.* 1993), las que están interactuando con las poblaciones de aves marinas (Moreno

et al. 2003, Moreno *et al.* 2006). Para especies de amplios rangos de distribución tales como albatros, petreles y fardelas, los desechos derivados de las actividades pesqueras pueden generar cambios en su habitual distribución en el mar (Wahl & Heinemann 1979, Abrams 1983, Ryan & Moloney 1988, Montevecchi 2002). La atracción de aves marinas hacia embarcaciones palangreras en general, es también suscitada por el despliegue de largas líneas de aparejos (long-line) que llevan cientos de anzuelos con carnadas, las que son tomadas o robadas por una amplia gama de especies de albatros, petreles, gaviotas y salteadores (Brothers 1991, Cherel *et al.* 1996, Alexander *et al.* 1997, Brothers *et al.* 1999, Tasker *et al.* 2000, Weimerskirch *et al.* 2000). La mayoría de las embarcaciones palangreras de la flota pesquera demersal austral (PDA) de Chile corresponde a barcos factoría. Este tipo de embarcaciones genera niveles considerables de desechos de pesca y descarte (Thompson 1992, Thompson & Riddy 1995) convirtiéndose en un importante foco de atracción para aves marinas, tanto en cantidad de especies como en número de individuos (Ashford *et al.* 1994, Cherel *et al.* 1996, Weimerskirch *et al.* 2000). No obstante, existen otras especies que "normalmente evitarían" alimentarse cerca de embarcaciones pesqueras o, simplemente, no son atraídas por las faenas de pesca (e.g. pingüinos, cormoranes y algunas especies de petreles y albatros) (Ryan & Moloney 1988, Onley & Bartle 1999).

La descripción detallada del patrón temporal y espacial de distribución de las aves marinas en un área poco estudiada como es el sistema pelágico sur-austral de Chile, es un paso fundamental para comprender la ecología comunitaria (al nivel de ensamble) e intraespecífica (movimientos migratorios y/o distribución)

de estas especies durante una etapa poco conocida de su historia de vida. El conocimiento de la distribución y abundancia de diversas especies de aves marinas que confluyen en áreas comunes de concentración, es particularmente importante para comprender el uso diferencial y explotación que hacen estos organismos de los diferentes recursos (alimento) y hábitat marinos, tanto en época reproductiva como no reproductiva. Además, debido a la fuerte intervención humana en esta área, la descripción de los patrones de distribución es importante para estimar el grado de interacción y riesgo potencial que las aves marinas tienen con las actividades pesqueras, considerando que muchas de estas especies se encuentran actualmente en serios problemas de conservación.

En la presente tesis, los datos corresponden a observaciones obtenidas en el desarrollo del proyecto FIP 2001-31, "Interacción de la pesquería del bacalao de profundidad con mamíferos y aves marinas", ejecutado por el Instituto de Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, entre el 2001 y 2003.

OBJETIVOS

1. Objetivo General

- Evaluar la distribución de aves marinas pelágicas en el sur de Chile (38º-57ºS), basado en la composición específica y abundancias relativas observadas durante faenas de pesca industrial y artesanal de bacalao de profundidad.

2. Objetivos Específicos

- Conocer la composición específica, variabilidad numérica temporal (estacional) y espacial (latitudinal) de las aves marinas pelágicas en el área de estudio durante un periodo anual de observación científica, con énfasis en aquellas especies más conspicuas dentro del ensamble presente alrededor de las embarcaciones industriales y artesanales durante las faenas de pesca.
- Describir y comparar cuantitativamente los cambios temporales (estacionales) y espaciales (latitudinales) del ensamble de aves presente alrededor de las embarcaciones pesqueras a través de la estimación de parámetros comunitarios y el análisis de disimilitud.
- Actualizar la información existente referida al rango de distribución de las especies presentes en la zona de estudio.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

H_1 : Respondiendo a cambios estacionales y/o en la distribución latitudinal, se podría esperar que exista una variación temporal y/o espacial en la composición específica y abundancia del ensamble de aves marinas pelágicas que se observan en torno a las actividades extractivas de las diferentes flotas pesqueras de bacalao de profundidad que operan en el área de estudio (38°-57°S).

H_0 : La composición específica y abundancia del ensamble de aves marinas pelágicas presente en torno a las actividades de captura de las diferentes flotas pesqueras de bacalao de profundidad que operan entre los 38°-57°S, se mantiene constante a través de los distintos periodos estacionales del año y sin variaciones a lo largo del rango latitudinal abarcado por el estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

El área de estudio abarcó la zona comprendida entre las latitudes 38°55'S y los 57°14'S, correspondiente a las regiones X, XI y XII. Dadas las características de la pesquería, la investigación se desarrolló principalmente sobre la zona del talud y plataforma continental y, en menor grado, en áreas pelágicas adyacentes (Figura 1), llegando a alcanzar en algunas ocasiones hasta más de 60 millas mar adentro (Figuras 2 y 3).

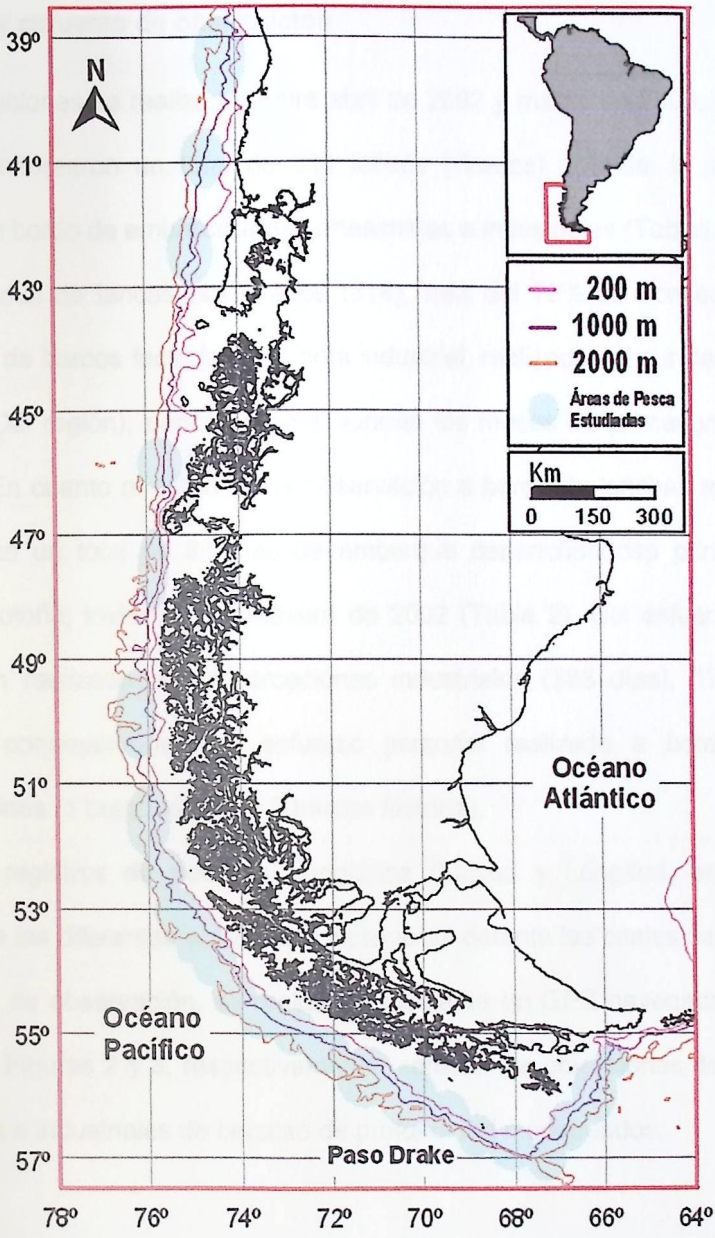


Figura 1. Área de estudio (territorio marítimo chileno; X, XI y XII regiones). Las líneas de color rosado, violeta y naranjo corresponden a 200, 1000 y 2000 m de profundidad, respectivamente (plataforma y talud continental). Fuente GEBCO 97.

2. Periodo y esfuerzo de observación

Las observaciones se realizaron entre abril de 2002 y marzo de 2003, período en que se monitorearon un total de 314 lances (virados) durante 17 embarques realizados a bordo de embarcaciones artesanales e industriales (Tablas 1 y 2).

Del total de lances observados (314), más del 70% se concentró en las actividades de barcos factoría de la flota industrial, realizadas al sur de los 47° de latitud sur (XII región), principalmente durante los meses de primavera y verano (Tabla 1). En cuanto al esfuerzo de observación a bordo de lanchas artesanales, éste alcanzó un total de 84 días de embarque desarrollándose principalmente durante el otoño, invierno y primavera de 2002 (Tabla 2). Del esfuerzo total de observación realizado en embarcaciones industriales (388 días), 179 días de embarque correspondieron al esfuerzo personal realizado a bordo de tres embarcaciones (1 barco hielero y 2 barcos factoría).

Los registros de posición geográfica (Latitud y Longitud, en grados y minutos) de las diferentes actividades pesqueras durante las cuales se efectuaron las labores de observación, se realizaron mediante un GPS navegador GARMIN eTrex. Las Figuras 2 y 3, respectivamente, señalan las ubicaciones de los lances artesanales e industriales de bacalao de profundidad muestreados.

Tabla 1. Esfuerzo de observación en la flota artesanal de la pesquería de bacalao de profundidad por periodo de observación entre mayo y noviembre de 2002.

Periodo de observación	Nº de embarques	Lances observados	Días de embarque	Área de operación
Mayo 2002	2	9	12	X región
Junio 2002	1	9	11	X región
Julio 2002	3	25	21	X región
Agosto / Septiembre 2002	1	17	13	X región
Octubre 2002	2	12	16	X, XI regiones
Octubre / Noviembre 2002	1	14	11	X región
Totales	10	86	84	

Tabla 2. Esfuerzo de observación en la flota industrial de la pesquería de bacalao de profundidad por periodo de observación entre abril de 2002 y marzo de 2003.

Periodo de observación	Nº de embarques	Lances observados	Días de embarque	Área de operación
Abril 2002	1	5	9	XII región
Junio 2002	1	8	20	XI, XII regiones
Septiembre / Octubre 2002	2	93	100	XII región
Septiembre / Octubre / Noviembre 2002	1	60	81	XII región
Diciembre 2002	1	17	17	XII región
Enero / Febrero / Marzo 2003	1	45	77	XII región
Totales	7	228	304	

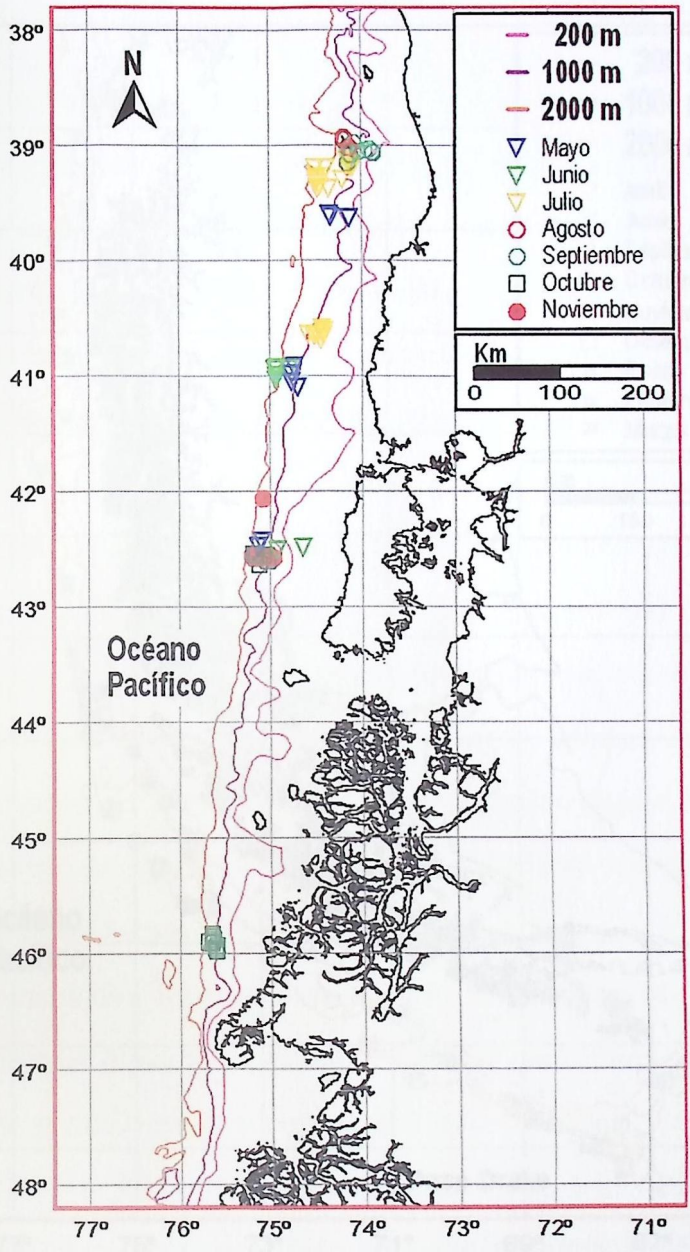


Figura 2. Distribución de los lances monitoreados a bordo de lanchas artesanales de bacalao de profundidad (X y XI regiones) entre mayo y noviembre de 2002.

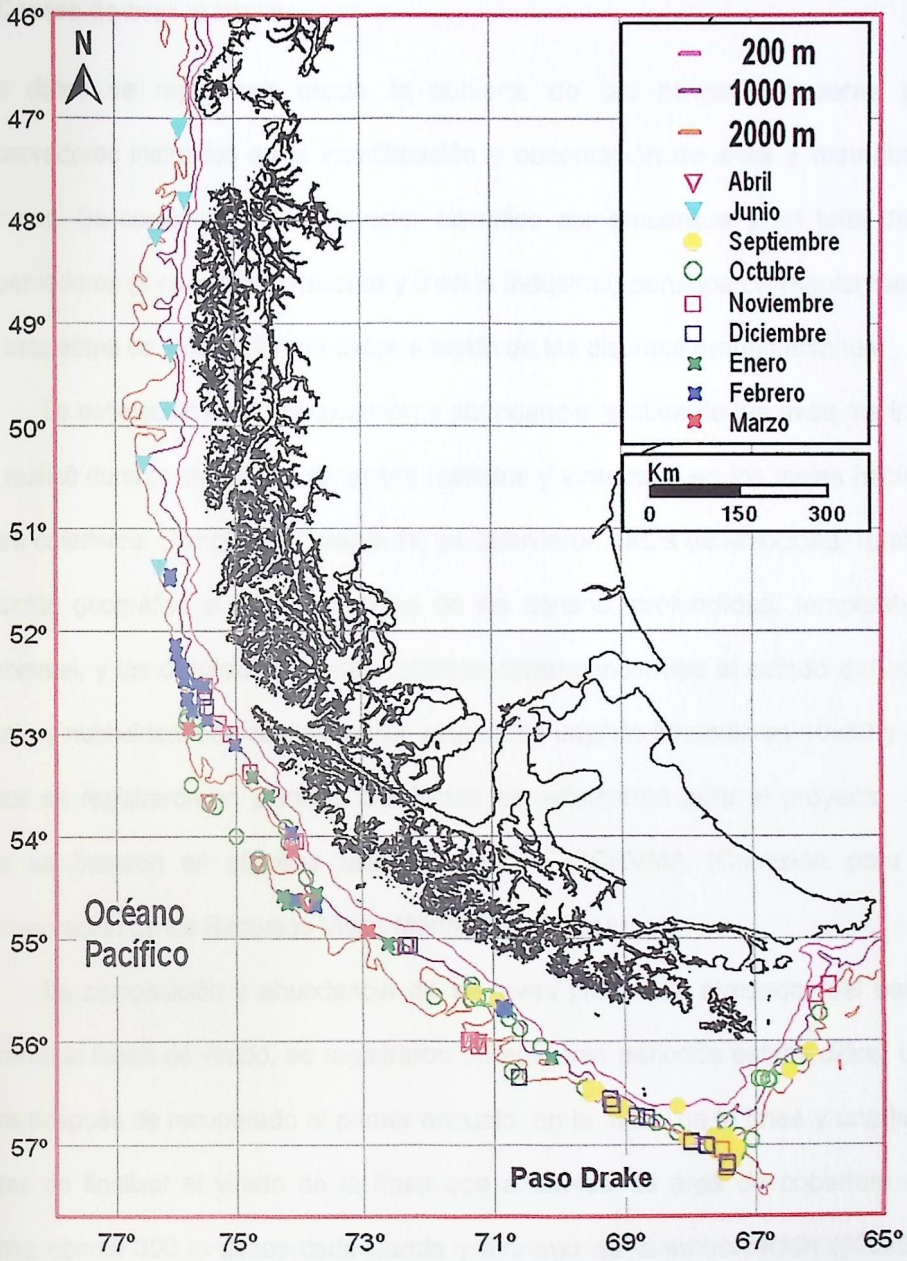


Figura 3. Distribución de los lances industriales de bacalao de profundidad (XII región) monitoreados por los observadores científicos entre abril de 2002 y marzo de 2003.

3. Conteo de aves marinas

Los datos se registraron desde la cubierta de las naves pesqueras por observadores instruidos en la identificación y observación de aves y mamíferos marinos. Se contó con un observador científico por embarque y un total de 6 observadores (3 en la flota artesanal y 3 en la industrial) participaron regularmente en esta etapa de recolección de datos a bordo de las distintas embarcaciones.

La estimación de la composición y abundancia relativa de las aves marinas se realizó durante las faenas de pesca (calados y virados) y en los viajes hacia y entre caladeros. Complementariamente, se obtuvieron datos de velocidad, rumbo, posición geográfica al inicio y término de los censos, profundidad, temperatura ambiental, y las condiciones meteorológicas correspondientes al estado del mar, viento y nubosidad. Los censos fueron realizados usando binoculares 10x50 y los datos se registraron en planillas diseñadas especialmente para el proyecto, las que se basaron en planillas utilizadas por la CCRVMA (Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos).

La composición y abundancia de las aves presentes alrededor del barco durante la faena de virado, se registraron durante tres periodos establecidos: una hora después de recuperado el primer anzuelo, en la mitad de la línea y una hora antes de finalizar el virado de la línea con anzuelos. El área de cobertura del censo abarcó 300 m desde cada banda y extremo de la embarcación (600x600 m). Este protocolo permitió estimar la abundancia relativa de las especies asociadas al barco durante el proceso de virado de la línea (Moreno *et al.* 2003).

4. Determinación de las especies de aves marinas

A bordo de las embarcaciones pesqueras, como literatura de apoyo para la identificación de las especies de aves marinas, cada observador científico contó con un ejemplar de la Guía de Campo de las Aves de Chile (Araya & Millie 2000) y la Guía de Identificación de Aves Marinas de los Océanos del Sur (Onley & Bartle 1999). Adicionalmente, se obtuvo registros audiovisuales (fotografías y video) de las especies presentes en las áreas de pesca, como también de aquellas especies capturadas (vivas y muertas), lo que permitió determinar con mayor precisión la identidad de aquellas especies menos frecuentes o que presentan una mayor dificultad en su identificación.

La nomenclatura y clasificación usada se basó en la Lista Patrón de las Aves Chilenas (Araya *et al.* 1995). Las dudas surgidas debido a las actuales revisiones y modificaciones realizadas en nombres científicos o categorías taxonómicas (e.g. género, especie), se resolvieron siguiendo lo propuesto en "A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union" (Remsen *et al.* Junio 2005).

Las especies congéneres, similares y de difícil diferenciación entre sí a distancia o en vuelo, fueron tratadas al nivel genérico o grupal correspondiente (e.g. *Pachyptila* spp.). Estas categorías se mantuvieron durante los análisis estadísticos posteriores, excepto las especies del género *Macronectes*, que fueron tratadas separadamente sólo para su análisis descriptivo, y la categoría

"*Diomedea epomophora-exulans*", que fue considerada en el análisis descriptivo y no en los posteriores.

5. Análisis de datos

Debido a que los datos de detección (conteos) e identificación de aves marinas provienen de distintas plataformas de observación (tipo de embarcación, altura de la plataforma) así como también de diferentes equipos de observadores, pudiendo esto introducir variabilidad y, por lo tanto, diferir considerablemente entre sí (Van der Meer & Camphuysen 1996, Tasker *et al.* 1984), se decidió que los censos y la información recopilada desde la zona de actividad de las lanchas artesanales (38°55'S-46°59'S) y la zona operativa industrial (47°00'S-57°14'S), fueran tratados de forma independiente para el caso de los análisis exploratorios temporales y de variabilidad numérica estacional. Cabe señalar que el rango operativo latitudinal de las flotas pesqueras artesanal e industrial no presentó superposición. Por lo tanto, para determinar si existían diferencias en la composición y abundancia de aves marinas en su rango espacial (comparación latitudinal) se efectuó primeramente una adecuada estandarización de los datos por unidad espacial, operación matemática que se detalla más adelante.

Para los cálculos del análisis descriptivo se utilizó el programa Microsoft Excel 2000, el que también se empleó para cálculos matriciales. En los análisis estadísticos exploratorios y en los de variabilidad temporal y espacial de los datos,

tanto univariados como multivariados, se usaron los paquetes estadísticos SPSS para Windows versión 11.5 (*Statistical Package for Social Sciences*), STATISTICA 6.0, PAST versión 1.29 (*Palaeontological Statistics*) y PRIMER 5 para Windows versión 5.2.9 (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*). Los gráficos de clasificación y ordenación, se obtuvieron mediante los paquetes estadísticos STATISTICA 6.0 y PRIMER 5, respectivamente.

5.1. Selección de datos

Los análisis de distribución espacial y abundancia estacional de las aves marinas observadas, se efectuaron sólo con los censos realizados durante las operaciones de virado, ya que éstos resultaron ser más representativos en cuanto a la cantidad de especies y abundancias registradas en el área.

Los conteos hechos durante la navegación y el calado, fueron excluidos de estos análisis. Asimismo, se descartaron aquellos censos realizados en condiciones de visibilidad inadecuada (tormentas, condiciones inapropiadas del mar, niebla, lluvia y censos nocturnos). Sólo fueron considerados aquellos conteos realizados durante el día y en condiciones de visibilidad iguales o mayores a 300 m alrededor de la embarcación. En general, la descripción de la composición y abundancia temporal y espacial de la avifauna, se realizó considerando el máximo número de individuos presentes por especie y lance (unidad básica de muestreo).

5.2. Transformación y estandarización de datos

5.2.1. Análisis en la variable temporal

Las abundancias máximas registradas por especie y lance fueron transformadas a la forma log(x+1) con el fin de acercar los valores extremos a los valores centrales de la distribución, amortiguando, de esta forma, la presencia de los casos aberrantes (valores extremos de abundancia) y normalizando hasta el punto de lograr que las técnicas paramétricas empleadas pudieran ser utilizadas sin riesgos de errores serios (Vivanco 1999, Fowler & Cohen 1997, Zar 1999).

5.2.2. Análisis en la variable espacial

Las abundancias máximas específicas registradas en cada censo fueron agrupadas por unidades espaciales equivalentes a un grado de latitud. Debido a la segregación espacial de las flotas y de las propias embarcaciones, las que concentraron desigualmente sus esfuerzos de pesca a lo largo del área de estudio, no todas las unidades espaciales potenciales (latitudes) presentaron registro de información. La estandarización aplicada correspondió al cálculo de proporciones derivadas del cociente entre el número total de individuos observados por especie en cada censo, y el total de aves registradas en dicho censo. Como un solo valor, las proporciones expresan la relación de las partes con respecto al total y son cantidades básicas y puras, no expresadas en unidades de ninguna clase (Sokal & Rohlf 1979, Fowler & Cohen 1997). Finalmente, y

previo a la realización de los análisis, se efectuó una transformación angular (arcsen $\sqrt{p}$) de las proporciones (p) obtenidas, transformación apropiada para normalizar valores de porcentajes y proporciones (Sokal & Rohlf 1979, Fowler & Cohen 1997, Legendre 1998).

5.3. Análisis exploratorio

5.3.1. Patrones temporales y espaciales en las abundancias

A partir de las abundancias máximas transformadas logarítmica y angularmente, se obtuvieron, de forma respectiva, las abundancias mensuales y latitudinales promedio para cada especie. Con esta información se ejecutaron los análisis de clasificación jerárquica aglomerativa y de K-medias (clasificación no jerárquica), lo que permitió visualizar patrones de agrupación temporal y espacial. Estos análisis se aplicaron conforme a validar los patrones de agrupación encontrados en ambos procedimientos, comparando así los resultados producidos por los diferentes algoritmos de clasificación usados. Este tipo de evaluación corresponde a una validación de carácter no estadístico (Legendre 1998).

En los análisis de clasificación jerárquica se emplearon dos coeficientes de distancia, el coeficiente de Mahalanobis (D^2) y el de Bray-Curtis (D_{BC}). La distancia de Mahalanobis (Mahalanobis 1948 *fide* Manly 1994), es descrita por la siguiente formula matricial:

$$D_{ij}^2 = (Y_i - Y_j)' V^{-1} (Y_i - Y_j)$$

donde

Y_i = vector de medias de la *i*-ésima unidad de muestreo.

Y_j = vector de medias de la *j*-ésima unidad de muestreo.

V = matriz de covarianza común.

El coeficiente de Bray-Curtis (Bray-Curtis 1957 *fide* Brower *et al.* 1998, Legendre 1998), opera de la siguiente forma:

$$D_{BC} = 1 - \frac{\sum |x_i - y_i|}{\sum (x_i + y_i)} = 1 - \frac{2W}{A + B}$$

donde

W = suma de las abundancias mínimas de las diferentes especies.

A = sumas de las abundancias de todas las especies en la unidad de muestreo espacial (o temporal) **A**.

B = sumas de las abundancias de todas las especies en la unidad de muestreo espacial (o temporal) **B**.

Muchas de las variables empleadas en el análisis (especies), presentaron altos valores de correlación (multicolinealidad). La distancia de Mahalanobis (D^2) toma en cuenta estas correlaciones e incorpora un procedimiento de estandarización, además de ajustar las correlaciones entre las variables, compensando así las relaciones existentes descubiertas (Manly 1994, Vivanco

1999, Gondar 2000). El coeficiente de Bray-Curtis se caracteriza en que la diferencia entre las especies más abundantes contribuye en la misma medida, que la diferencia existente entre las especies raras, propiedad deseable en el caso de datos de abundancias normalizadas (Legendre 1998). Sin embargo, debido a que ignora las ausencias conjuntas, su valor es determinado principalmente por variables con valores altos (e.g. especies con abundancias altas), ya que estas variables son probablemente las que hacen la mayor diferencia entre los elementos a clasificar (Quinn & Keough 2002).

Como técnica jerárquica aglomerativa de enlace, se empleó la media aritmética ponderada. Este algoritmo es preferible a la media aritmética no ponderada, en casos donde los elementos a ser clasificados provienen de muestreos que difieren de un diseño azaroso simple o sistemático (Legendre 1998).

Como índice de consenso para medir el grado de acuerdo entre los dendogramas obtenidos de los dos coeficientes de distancia, se calculó un coeficiente de correlación matricial para cada comparación a partir de los respectivos valores cofenéticos (Rohlf 1982, Lapointe & Legendre 1990, Legendre 1998). Este índice adoptó la forma de la correlación de rangos de Spearman, evitando así los supuestos de linealidad (Johnson 1967, Rohlf 1974, Legendre 1998). El índice de consenso, para las presentes clasificaciones, sólo representa una comparación formal y no tiene carácter significativo, correspondiendo a una validación de tipo no estadística (Legendre 1998).

Para el análisis de K-medias, el número de grupos (k) a ser obtenidos por división fue determinado a partir de la solución encontrada en los dendogramas de los análisis exploratorios correspondientes (temporal y espacial), así como también la configuración inicial de los centroides. Una segunda clasificación por división, fue efectuada para igual número de k grupos con centroides iniciales aleatorios, de forma de poder validar (validación aleatoria) la solución encontrada en la primera clasificación de K-medias (solución K-medias). Para ambos procedimientos se estableció un número máximo de 30 iteraciones y un criterio de convergencia igual a 0,02. La distancia euclídea fue la medida utilizada para calcular la distancia de cada elemento a los centroides grupales. Esta medida es la única función de distancia disponible durante el proceso de división de K-medias en el caso de que la matriz de entrada, como ocurre en este análisis, corresponde a los datos brutos y no a una matriz de distancia calculada a partir de otro coeficiente (Legendre 1998).

Según Vivanco (1999), en un análisis de K-medias se pueden establecer las siguientes etapas para su aplicación:

a) Definición del número de k grupos a establecer entre los n elementos sometidos a clasificación.
b) Establecer los centroides iniciales de los k grupos.
c) Asignar los elementos al centroide más cercano.
d) Calcular el valor del centroide de cada grupo en función de los elementos asignados.
e) Optimizar la clasificación reasignando elementos y calculando el valor de

los centroides correspondientes.

f) Realizar iteraciones sucesivas hasta maximizar la calidad de la clasificación.

5.3.2. Ensamble de especies de aves marinas

A partir de los datos de ausencia-presencia de las diferentes especies observadas para el área y periodo global de estudio, se realizaron los análisis de clasificación jerárquica aglomerativa en función de la variable temporal y espacial. Para esto se empleo como técnica de enlace, la media aritmética ponderada, mientras que la medida de similitud utilizada correspondió al coeficiente de Dice (S_D) (Dice 1945 *fide* Saiz 1980, Legendre 1998), el que se caracteriza por dar doble ponderación a las presencias conjuntas (Legendre 1998, Quinn & Keough 2002):

$$S_D = \frac{2c}{a + b + 2c}$$

donde

a = número de censos en donde la especie a está presente.

b = número de censos en donde la especie b está presente.

c = número de censos en los que ambas especies están presentes.

Como índice de consenso se utilizó el coeficiente de correlación matricial (correlación de Spearman).

Para validar los resultados de los dendogramas y cuantificar el grado de co-ocurrencia entre las especies en el tiempo y espacio, se llevó a cabo un análisis de grupos recurrentes (Fager 1957, Fager & McGowan 1963). Esta técnica identifica grupos objetivos de especies frecuentes, basándose principalmente en puntuaciones (e.g. ausencia-presencia) más que en valores de abundancia. La determinación de los grupos recurrentes está definida por la solidez de su asociación, la que se mide a través de un índice de afinidad ($\forall$) para todos los pares de especies (Fager & McGowan 1963, Venrick 1982, Smith & Hyrenbach 2003):

$$\forall = \frac{J}{(N_A N_B)^{1/2}} - \frac{1}{2(N_B)^{1/2}}$$

donde

J = número de ocurrencias conjuntas.

N_A = número total de ocurrencias de la especie **A**.

N_B = número total de ocurrencias de la especie **B**.

Las especies son codificadas de manera que $N_A \leq N_B$. El primer término de la ecuación cuantifica el grado de co-ocurrencia, mientras que el segundo es una corrección aplicada para tamaños de muestra desiguales. Este índice de afinidad proporciona una medida cuantitativa de la asociación entre especies. De los valores de afinidad obtenidos de todos los pares de especies, se selecciona un

valor límite de ∀ sobre el que todo valor superior es considerado como indicativo de una asociación interespecífica "positiva" (Fager & McGowan 1963, Venrick 1982, Smith & Hyrenbach 2003). Para este estudio se definió como valor límite de ∀ al promedio más 1,97 unidades de error estándar de los valores de ∀ calculados para todos los pares de especies posibles, tanto en el área global de estudio ($\forall_{límite}$ = 0,210) como en las divisiones espaciales menores (determinadas por los análisis exploratorios: $\forall_{lím.\ AOFA}$ = 0,366; $\forall_{lím.\ AOFI}$ = 0,257), siguiendo así el criterio estadístico usado por Veit & Hunt (1991) para definir "agregación" de aves. El análisis se restringió a 15 taxa que presentaron una frecuencia de ocurrencia mayor al 5% durante el periodo total de estudio, descartando así las especies que se presentaron ocasionalmente alrededor de las embarcaciones (Weimerskirch *et al.* 2000, Smith & Hyrenbach 2003). Las conexiones entre el grupo recurrente principal (ensamble principal) y las especies asociadas a éste, fueron cuantificadas a través de la proporción de los miembros del grupo que presentaron una afinidad positiva con las especies asociadas (Fager & McGowan 1963, Venrick 1982, Smith & Hyrenbach 2003).

5.4. Análisis de la variabilidad temporal y espacial

Para el análisis descriptivo general, cálculo de los índices ecológicos de diversidad y uniformidad (univariado), y en un ámbito del análisis de similitudes (multivariado)

entre grupos latitudinales (ausencia-presencia versus abundancia), se consideró toda la composición específica registrada alrededor de las embarcaciones pesqueras (ensamble general de aves). Los análisis univariados y multivariados restantes, dirigidos a comprobar diferencias en las abundancias entre los periodos estacionales y grupos latitudinales, se restringió fundamentalmente a las especies que conformaron el "ensamble principal" de aves encontrado alrededor de las embarcaciones pesqueras. Lo anterior se fundamenta en el hecho que estos grupos están compuestos de especies que ocurren juntas muy frecuentemente, representando una unidad particularmente apropiada dentro de las cuales examinar relaciones interespecíficas (Fager 1957). Estos grupos recurrentes conforman ensambles, entendiéndose por ensamble al conjunto de animales taxonómica y filogenéticamente relacionados (e.g. aves marinas) que pueden o no interactuar, directa o indirectamente, y que coinciden en el espacio y el tiempo, siendo de especial interés ecológico aquellos que presentan algún grado de estructura comunitaria (Jaksic 1981, 2001, Magurran 2004).

5.4.1. Cálculos univariados

Para medir atributos particulares a estructuras comunitarias (en este caso al nivel de ensambles), se estimaron los índices de diversidad de Shannon (*H'*) (1948):

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \times \ln p_i$$

donde

S = riqueza de especies (o número de taxa presentes en la unidad de muestreo).

p_i = proporción de la *i*-ésima especie en la unidad de muestreo.

ln = logaritmo natural.

y de uniformidad (*J'*) (Pielou 1966):

$$J' = \frac{H'}{H'_{máx}}$$

donde

H' = diversidad de Shannon

$H'_{máx}$ = $\ln (S)$

Mediante el programa PAST (Palaeontological Statistics, versión 1.29), se calculó la riqueza específica (*S*) (Ludwig & Reynolds 1988) y se reasignaron estocásticamente la diversidad de Shannon (H'_b) y la uniformidad (J'_b), cuyos valores estimados corresponden al punto medio del intervalo de confianza al 95%, generado a partir de la muestra original simulada (remuestreada con reemplazo) (Manly 1997) 1000 veces aleatoriamente.

La variabilidad numérica intraespecífica entre los periodos estacionales y grupos latitudinales, fue analizada mediante un análisis de varianza de un factor (ANDEVA). Preliminarmente, en las abundancias transformadas, se ejecutaron

pruebas de homogeneidad de varianza (Prueba de Levene) para verificar los supuestos de igualdad de varianzas. La violación de este supuesto es más grave que la de normalidad, puesto que varianzas desiguales pueden afectar seriamente la prueba F del ANDEVA. El análisis de varianza es robusto frente a la violación del supuesto de normalidad en la distribución de los datos y sólo es considerado un problema cuando existe heterogeneidad de varianza (Zar 1999, Quinn & Keough 2002). La prueba de comparaciones múltiples de Tamhane (apropiada cuando las varianzas son desiguales) (Zar 1999), fue implementada como prueba *a posteriori* para determinar las medias que difieren, en el supuesto de que existan diferencias significativas ($P<0.05$). Adicionalmente, en el caso de ausencia de homogeneidad de varianza y normalidad, se llevó a cabo un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Esta prueba se ejecutó cuando el número de unidades espaciales o temporales a comparar fue igual a tres, mientras que el procedimiento de Mann-Whitney se usó en el caso de comparaciones en par. La prueba de Kruskal-Wallis es idéntica al procedimiento de Mann-Whitney cuando el número de grupos a comparar es igual a dos (Zar 1999). Como prueba no paramétrica de comparaciones múltiples se uso el estadístico Q de Dunn (1964) para tamaños de muestra desiguales (Zar 1999).

5.4.2. Técnica multivariada

Siguiendo la estrategia propuesta por Clarke (1993), la que contempla primero el despliegue gráfico del patrón comunitario (ensamble) de interés a través de una técnica de ordenación, se llevó a cabo el escalamiento multidimensional no-métrico basado en las abundancias transformadas, en la matriz de coeficientes de distancia de Bray-Curtis (o de Dice, para datos binarios) y en la matriz de disimilitud de rangos (Clarke 1993, Clarke & Warwick 2001). El algoritmo de esta técnica corresponde a un procedimiento de optimización iterativo, por lo tanto fue repetido 1000 veces con el fin de obtener la mejor solución de acuerdo al coeficiente de "stress" asociado a esta técnica (Kruskal & Wish 1978 *fide* Clarke & Warwick 2001).

$$"Stress" = \sqrt{\frac{\sum_j \sum_k \left(d_{jk} - \hat{d}_{jk}\right)^2}{\sum_j \sum_k d_{jk}^2}}$$

donde

d_{jk} = distancia entre los puntos j-ésimo y k-ésimo de la muestra.

$\hat{d}_{jk}$ = distancia predicha de la línea de regresión ajustada correspondiente a la disimilitud δ_{jk} de la matriz de coeficientes de Bray-Curtis (abundancia) o de Dice (presencia-ausencia).

La mejor solución de la ordenación puede interpretarse de acuerdo a la siguiente regla práctica:

- "stress" < 0,05 existe una excelente representación gráfica;
- "stress" < 0,1 corresponde a una buena ordenación;
- "stress" < 0,2 aún corresponde a una ordenación potencialmente útil;
- "stress" > 0,2 la representación gráfica es peligrosa de interpretar;
- "stress" > 0,3 los puntos están ubicados aleatoriamente en el espacio de ordenación, es decir tienen una baja relación con la matriz de rangos original.

Para probar la existencia o no de diferencias en los patrones espaciales (grupos latitudinales) y temporales (periodos estacionales) de la estructura del "ensamble principal", se prosiguió con la validación de los grupos formados por la técnica de ordenación mediante el análisis de similitudes (ANOSIM) a partir de las pruebas global y de a pares con un nivel de significancia del 5% (P<0,05) del estadístico R (Clarke 1993), que refleja las diferencias observadas entre los grupos (unidades de patrón temporal o espacial) contrastadas con las diferencias dentro de los grupos bajo la hipótesis nula subyacente que indica que no existen diferencias en la composición comunitaria (ensamble) entre éstos. Un proceso de aleatoriedad es usado para hallar la probabilidad de obtener valores particulares de R por azar, lo que en esta oportunidad correspondió a 1000 iteraciones.

$$R = \frac{(\bar{r}_B - \bar{r}_W)}{\frac{1}{2}M}$$

donde

$\bar{r}_B$ = promedio de las similitudes de los rangos de todos los pares de réplicas (censos mensuales o latitudinales) entre diferentes grupos (unidades de patrón temporal o espacial).

$\bar{r}_W$ = promedio de todas las similitudes de los rangos de las réplicas intra grupos.

M = $n \times (n-1)/2$, y n es el total de muestras (censos) en consideración.

Técnicamente, *R* no puede estar situado fuera del rango (-1, 1). Cuando éste es igual a 1 indica que todas las réplicas dentro de los grupos son más similares entre ellas que entre las réplicas de diferentes grupos y, cuando es aproximadamente 0 indica que las similitudes entre y dentro de los grupos son iguales en promedio. Es decir, que la hipótesis nula de esta prueba estadística no puede ser rechazada. Valores inferiores a 0 son poco probables, ya que correspondería a que las similitudes entre diferentes grupos son mayores que aquellas dentro de los grupos (Clarke & Warwick 2001).

En la determinación de diferencias entre grupos latitudinales, también se consideró el conjunto total de especies registradas en el estudio (ensamble general); para esto, los datos de abundancia (estandarizados y transformados) y de presencia-ausencia, fueron analizados en pruebas independientes. Diferencia

en el análisis de similitudes entre estas dos aproximaciones, reflejará si la composición (análisis de la presencia-ausencia) o cambios en la abundancia y composición (análisis de la abundancia) son los causantes de los patrones.

Finalmente, para determinar las especies que caracterizaron los periodos estacionales y grupos latitudinales dentro del "ensamble principal" (y del conjunto total de especies, en el caso de la comparación latitudinal), se llevó a cabo el procedimiento de porcentajes de similitud (Clarke 1993). Este procedimiento identifica las especies que contribuyen más al cálculo de las similitudes intra grupos y al cálculo de las disimilitudes entre grupos, pudiendo así determinar aquellas especies que son buenas discriminadoras entre éstos. Esto último es obtenido de la comparación de las razones calculadas entre la contribución media y la desviación estándar de estos valores (contribución de la especie en cada réplica o unidad de muestreo) (Clarke 1993, Clarke & Warwick 2001, French *et al.* 2003).

5.5. Información de distribución de la avifauna observada

Los nuevos antecedentes sobre rangos de distribución y presencia de especies de aves pelágicas, principalmente de aquellas con escasa información para el área, se exhiben a través de las Figuras de las posiciones de cada uno de los avistamientos mediante mapas digitales del área de estudio (General Bathimetric Charts of the Ocean, GEBCO, 1997) y utilizando el programa GIS SURFER,

versión 7.02. De la misma forma, se examinó también la información de las especies residentes y visitantes para el área, que exhibieron abundancias importantes y que presentan problemas de conservación e interacción (negativa principalmente) en torno a las actividades de pesca de bacalao de profundidad.

RESULTADOS

1. Análisis descriptivo general

1.1. Composición específica

Se registraron un total de 25 especies pertenecientes a 8 familias y 4 órdenes (Tabla 3, Fig. 4), siendo el orden Procellariiformes el más representado con un total de 20 especies. De las especies registradas, *Thalassarche bulleri* y *Pelecanus thagus*, se observaron únicamente al norte de los 42°S, mientras que otras 8 especies de aves se registraron exclusivamente en el área operativa de la flota industrial. Éstas fueron: *Pachyptila* spp., *Procellaria westlandica*, *Puffinus creatopus*, *Puffinus griseus*, *Pterodroma lessoni*, *Pelecanoides urinatrix*, *Stercorarius* spp. y *Pygoscelis adeliae*. Las otras 15 especies fueron registradas en las áreas operativas de ambas flotas (Tabla 3).

Once de las especies registradas en la zona de estudio (38°55'S-57°14'S) son residentes, mientras que las otras 14 ocurren como visitantes regulares o accidentales (Tabla 3). De las especies residentes, nueve pertenecen al orden Procellariiformes y dos al orden Charadriiformes (familia Laridae).

Tabla 3. Especies de aves marinas registradas durante las operaciones de virado para el área operativa de la flota artesanal (AOFA; 38°55'S-46°59'S) e industrial (AOFI; 47°00'S-57°14'S) de la pesquería de bacalao de profundidad. Status de las especies para la zona estudiada: R = residente; V = visitante regular; A = visitante accidental.

nº	Especie	Nombre común	AOFA	AOFI
1	*Thalassarche bulleri*	Albatros de Buller (V)	X	
2	*Thalassarche chrysostoma*	Albatros de cabeza gris (R)	X	X
3	*Thalassarche melanophrys*	Albatros de ceja negra (R)	X	X
4	*Thalassarche salvini*	Albatros de Salvin (V)	X	X
5	*Diomedea epomophora*	Albatros real (V)	X	X
6	*Diomedea exulans*	Albatros errante (V)	X	X
7	*Macronectes giganteus*	Petrel gigante antártico (R)	X	X
8	*Macronectes halli*	Petrel gigante subantártico (V)	X	X
9	*Daption capense*	Petrel moteado (V)	X	X
10	*Fulmarus glacialoides*	Petrel plateado (V)	X	X
11	*Halobaena caerulea*	Petrel azulado (R)	X	X
12	*Pachyptila* spp.†	Petreles paloma (R†)		X
13	*Oceanites oceanicus*	Golondrina de mar (R)	X	X
14	*Procellaria aequinoctialis*	Fardela negra grande (V)	X	X
15	*Procellaria cinerea*	Fardela gris (V)	X	X
16	*Procellaria westlandica*	Fardela de Nueva Zelanda (A)		X
17	*Puffinus creatopus*	Fardela blanca (R)		X
18	*Puffinus griseus*	Fardela negra (R)		X
19	*Pterodroma lessoni*	Fardela de frente blanca (V)		X
20	*Pelecanoides urinatrix*	Yunco de los canales (R)		X
21	*Pelecanus thagus*	Pelícano (V)	X	
22	*Larus dominicanus*	Gaviota dominicana (R)	X	X
23	*Stercorarius chilensis*	Salteador chileno (R)	X	X
24	*Stercorarius* spp.††	Salteadores (V)		X
25	*Pygoscelis adeliae*	Pingüino de Adelia (V)		X
	Total especies		**17**	**23**

† Se reconocen varias especies, siendo difícil diferenciarlas a distancia y en vuelo. Sólo *Pachyptila belcheri* ha sido confirmada como residente para la zona.

†† Se reconocen varias especies, siendo difícil diferenciarlas a distancia y en vuelo. Se excluye a los individuos de *Stercorarius chilensis*

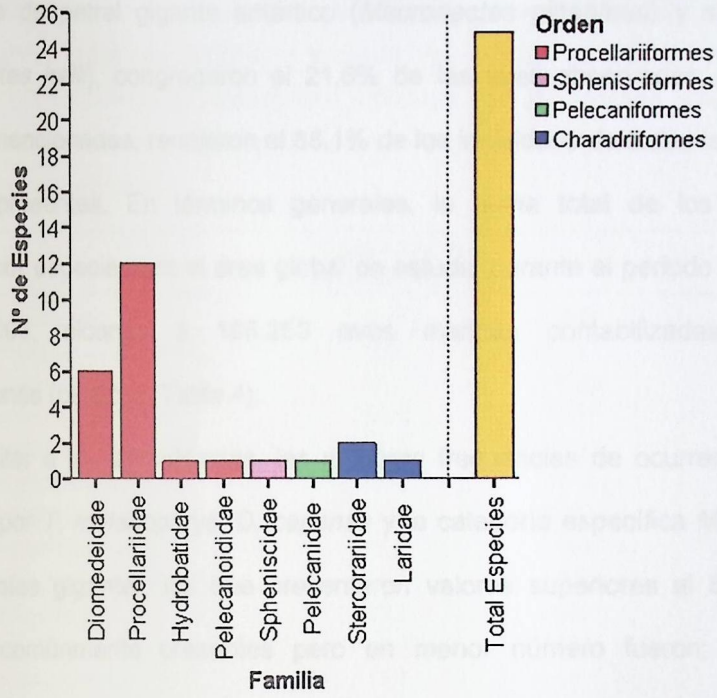


Figura 4. Número de especies de aves marinas, según categoría taxonómica (orden y familia), presente durante el periodo de estudio (abril 2002-marzo 2003) para el área investigada (38°55'S-57°14'S).

1.2. Abundancia

El ensamble de aves marinas alrededor de los barcos de pesca estuvo dominado por tres especies. De éstas, la más abundante correspondió al petrel *Daption capense* seguido por el albatros *Thalassarche melanophrys* y la categoría específica que reunió a los individuos de petrel gigante identificados sólo hasta el taxón genérico (*Macronectes* spp.). Esta última categoría, más los conteos

específicos de petrel gigante antártico (*Macronectes giganteus*) y subantártico (*Macronectes halli*), congregaron el 21,6% de las aves observadas. Las cuatro especies mencionadas, reunieron el 88,1% de los individuos de todas las especies de aves presentes. En términos generales, la suma total de los individuos contados por especie para el área global de estudio durante el periodo abril 2002-marzo 2003, alcanzo a 106.253 aves marinas contabilizadas en 262 observaciones (censos) (Tabla 4).

Similar a las abundancias, las mayores frecuencias de ocurrencia fueron exhibidas por *T. melanophrys*, *D. capense* y la categoría específica *Macronectes* spp. (petreles gigante), los que presentaron valores superiores al 80%. Otras especies comúnmente presentes pero en menor número fueron; *Diomedea exulans*, *Diomedea epomophora*, *Procellaria aequinoctialis*, *M. giganteus* y *Oceanites oceanicus*. El resto de las especies contribuyó marginalmente (abundancias >1%) a la abundancia total, siendo avistadas con frecuencias de ocurrencia inferiores al 40% (Tabla 4).

La abundancia media, así como el número de especies presentes, fue mayor para el área operativa de la flota industrial (AOFI) que para la artesanal (AOFA) (Tabla 5).

De las 17 especies registradas alrededor de las embarcaciones artesanales, 9 especies, más la categoría específica *Macronectes* spp., fueron regularmente observadas con una abundancia media mayor a un individuo por censo y una ocurrencia durante las faenas de virado superior al 20% (Tabla 5). La especie más abundante la constituyó *D. capense*, alcanzando el 40,3% del total de

Tabla 4. Frecuencia de ocurrencia, abundancia específica (N) y abundancia relativa porcentual (N%) registrada durante la totalidad del periodo de estudio para el área examinada (38°55'S-57°14'S). Información obtenida de 262 censos realizados con condiciones adecuadas de visibilidad durante operaciones de virado. Especies en orden de abundancia decreciente.

nº	Especies	Frecuencia de ocurrencia (%)	N	N (%)
1	*Daption capense*	91,2	40946	38,5
2	*Thalassarche melanophrys*	99,6	29722	28,0
(3, 8)	*Macronectes* spp.*	82,1	14339	13,5
3	*Macronectes giganteus*	53,4	7671	7,2
4	*Oceanites oceanicus*	44,7	3556	3,3
5	*Procellaria aequinoctialis*	64,9	2543	2,4
6	*Diomedea epomophora*	74,0	2161	2,0
7	*Diomedea exulans*	86,6	1998	1,9
(6, 7)	*D. epomophora / exulans* **	30,2	1272	1,2
8	*Macronectes halli*	37,4	960	0,9
9	*Pachyptila* spp.†	11,5	287	0,3
10	*Larus dominicanus*	11,1	180	0,2
11	*Fulmarus glacialoides*	27,1	165	0,2
12	*Puffinus griseus*	14,1	105	0,1
13	*Halobaena caerulea*	10,3	100	0,1
14	*Thalassarche chrysostoma*	22,5	87	0,1
15	*Procellaria westlandica*	4,6	51	0,05
16	*Thalassarche salvini*	7,3	33	0,03
17	*Procellaria cinerea*	5,0	30	0,03
18	*Stercorarius chilensis*	5,3	26	0,02
19	*Stercorarius* spp.††	2,7	8	0,01
20	*Pelecanoides urinatrix*	1,5	5	0,005
21	*Thalassarche bulleri*	0,8	2	0,002
22	*Puffinus creatopus*	0,8	2	0,002
23	*Pygoscelis adeliae*	0,4	2	0,002
24	*Pterodroma lessoni*	0,4	1	0,001
25	*Pelecanus thagus*	0,4	1	0,001
	Total aves observadas	**100,0**	**106253**	**100,0**

* Incluye a los individuos no diferenciados a distancia de las especies *Macronectes halli* y *M. giganteus*.

** Incluye a los individuos no diferenciados a distancia de las especies *Diomedea epomophora* y *D. exulans*.

† Se reconocen varias especies, siendo difícil diferenciarlas a distancia y en vuelo. Sólo *Pachyptila belcheri* ha sido confirmada como residente para la zona.

†† Se reconocen varias especies, siendo difícil diferenciarlas a distancia y en vuelo. Se excluye a los individuos de *Stercorarius chilensis*.

aves contabilizadas en esta zona (AOFA), seguido en número por *T. melanophrys* (18,6%), *P. aequinoctialis* (13,7%) y las especies pertenecientes al género *Macronectes* (13,3%).

Por su parte, durante los virados monitoreados a bordo de los barcos factoría (flota industrial, AOFI), una cantidad de 9 especies, de un total de 23, se avistaron con una frecuencia de ocurrencia que superó el 16%, mientras que la abundancia media por censo de éstas fluctuó, según la especie, entre 2 y 205 ejemplares (Tabla 5). Las especies con mayor abundancia y porcentaje de presencia, al igual que para la zona pesquera artesanal, fueron *D. capense* que concentró cerca del 40% de los individuos censados, *T. melanophrys* con un 29,1%, y las especies de petrel gigante del género *Macronectes* (22,6% de la abundancia total). Todas estas especies se observaron frecuentemente en las cercanías de las embarcaciones industriales con valores de ocurrencia mayores al 40% (Tabla 5).

Tabla 5. Frecuencia de ocurrencia, abundancia media (± desv. estándar) y número de individuos (N) por especie observados alrededor de embarcaciones pesqueras de bacalao de profundidad durante operaciones de virado. Censos (n) realizados en las áreas operativas de las flotas artesanal (AOFA; 38°55'S-46°59'S) e industrial (AOFI; 47°00'S-57°14'S).

		AOFA			AOFI		
Código	Especies	Frecuencia de ocurrencia (%)	Abundancia media ± DE	N	Frecuencia de ocurrencia (%)	Abundancia media ± DE	N
THB	*Thalassarche bulleri*	2,4	0,02 ± 0,2	2			
THCH	*Thalassarche chrysostoma*	17,9	0,3 ± 0,7	23	24,7	0,4 ± 0,7	64
THM	*Thalassarche melanophrys*	100,0	24,6 ± 28,2	2070	99,4	155,3 ± 93,5	27652
THS	*Thalassarche salvini*	13,1	0,3 ± 0,8	24	4,5	0,1 ± 0,2	9
DIEP	*Diomedea epomophora*	88,1	9,0 ± 7,4	754	67,4	7,9 ± 12,0	1407
DIEX	*Diomedea exulans*	81,0	4,1 ± 4,8	348	89,3	9,3 ± 12,2	1650
DIEP_EX	*D. epomophora / exulans*				44,4	7,1 ± 11,8	1272
MAG	*Macronectes giganteus*	54,8	7,1 ± 11,8	595	52,8	39,8 ± 49,1	7076
MAH	*Macronectes halli*	21,4	1,3 ± 3,1	111	44,9	4,8 ± 11,1	849
MA_sp	*Macronectes* spp.	51,2	9,1 ± 12,8	767	96,6	76,2 ± 70,8	13572
DAC	*Daption capense*	96,4	53,3 ± 48,0	4477	88,8	204,9 ± 243,5	36469
FUG	*Fulmarus glacialoides*	47,6	1,3 ± 2,6	110	17,4	0,3 ± 0,9	55
HAC	*Halobaena caerulea*	7,1	0,1 ± 0,4	8	11,8	0,5 ± 2,6	92
PA_sp	*Pachyptila* spp.				16,9	1,6 ± 7,3	287
OCO	*Oceanites oceanicus*	28,6	2,3 ± 4,7	197	52,2	18,9 ± 32,1	3359
PRA	*Procellaria aequinoctialis*	97,6	18,1 ± 13,7	1520	49,4	5,7 ± 11,2	1023
PRC	*Procellaria cinerea*	11,9	0,3 ± 1,1	27	1,7	0,02 ± 0,1	3
PRW	*Procellaria westlandica*				6,7	0,3 ± 1,4	51
PUC	*Puffinus creatopus*				1,1	0,01 ± 0,1	2
PUG	*Puffinus griseus*				20,8	0,6 ± 2,0	105
PTL	*Pterodroma lessoni*				0,6	0,006 ± 0,1	1
PEU	*Pelecanoides urinatrix*				2,2	0,03 ± 0,2	5
PETH	*Pelecanus thagus*	1,2	0,012 ± 0,1	1			
LAD	*Larus dominicanus*	4,8	0,7 ± 5,9	62	14,0	0,7 ± 2,2	118
STCH	*Stercorarius chilensis*	8,3	0,1 ± 0,4	10	3,9	0,1 ± 0,5	16
ST_sp	*Stercorarius* spp.				3,9	0,04 ± 0,2	8
PYA	*Pygoscelis adeliae*				0,6	0,01 ± 0,1	2
	Total aves observadas	**100,0**	**132,2 ± 81,4**	**11106**	**100,0**	**534,5 ± 331,2**	**95147**
		(n = 84 observaciones)			(n = 178 observaciones)		

2. Análisis exploratorio

2.1. Patrones de variabilidad temporal

Se observa claramente un patrón temporal estacional en las abundancias mensuales promedio (previamente transformadas) de la ornitofauna marina registrada alrededor de las embarcaciones pesqueras artesanales, industriales y, en general, para ambas flotas en conjunto. La Figura 5 muestra dicho patrón para la flota artesanal de acuerdo a los dos coeficientes de distancia utilizados. La comparación visual y formal de estos dendogramas, esta última basada en el coeficiente de correlación matricial para matrices cofenéticas (Tabla 6), muestra una baja semejanza entre las estructuras jerárquicas. No obstante, a partir de la existencia de núcleos grupales establecidos, como es el caso de los grupos "mayo-junio" y "octubre-noviembre", se puede apreciar notoriamente condiciones invernales y primaverales, respectivamente. El grupo "julio-agosto-septiembre" no muestra concordancia en los dendogramas, tanto en el nivel de fusión como el de tipología (estructura jerárquica). Su interpretación es más compleja, principalmente si se considera que de forma posterior se fusiona indistintamente a los núcleos de primavera (Fig. 5A) y de invierno (Fig. 5B).

El patrón observado en las abundancias promedio durante la operación pesquera industrial (Fig. 6), evidencia tres grupos claramente identificables a los niveles de distancia 50 (Fig. 6A) y 25% (Fig. 6B). Estos son: "abril" que, en general, exhibió una baja similitud con los otros grupos de meses; "enero-febrero-marzo" representando el periodo más estival; y el conjunto

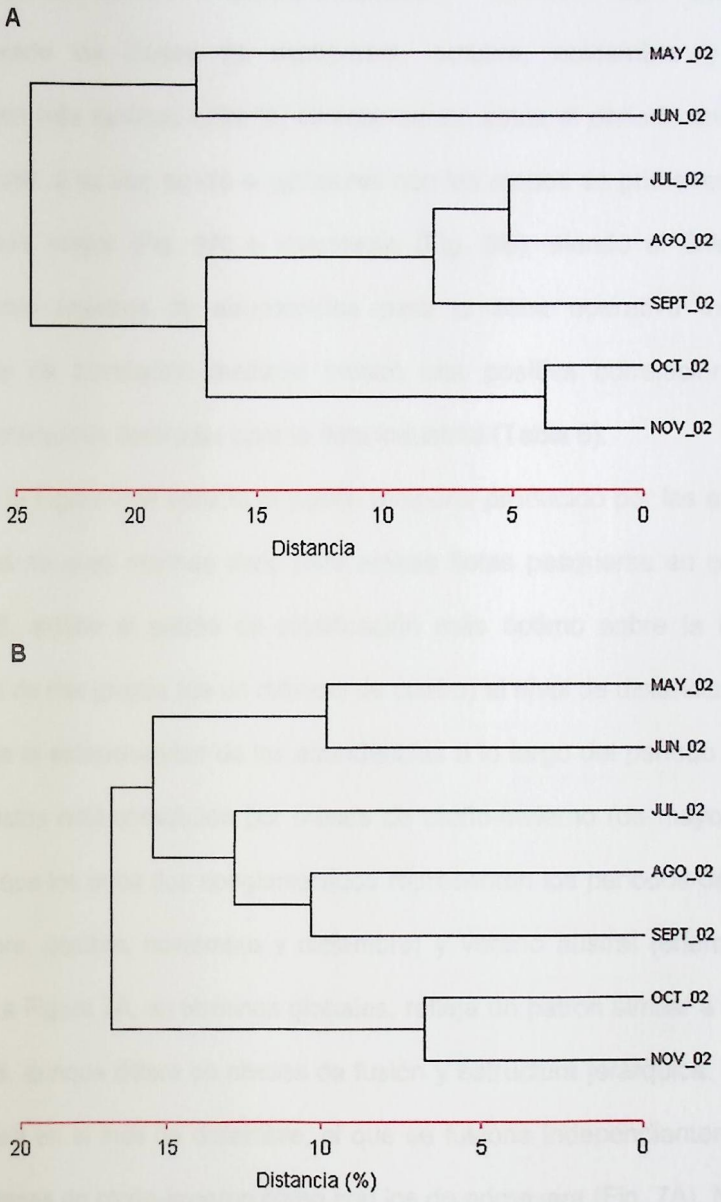


Figura 5. Clasificación jerárquica de los meses explorados (patrón temporal), basado en la composición y abundancia promedio de las especies de aves registradas en la flota artesanal de bacalao de profundidad; **A**- distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%).

"junio-septiembre-octubre-noviembre-diciembre". Dentro de este último conglomerado los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre presentaron más similitud entre sí, caracterizando estos el periodo primaveral. El mes de junio, a su vez, tendió a agruparse con los meses de primavera a niveles de distancia mayor (Fig. 6A) e intermedio (Fig. 6B), siendo el único mes de invierno con registros de abundancias para la zona operativa industrial. El coeficiente de correlación matricial mostró una positiva correlación entre las gráficas jerárquicas obtenidas para la flota industrial (Tabla 6).

En la Figura 7 se aprecia el patrón temporal producido por las abundancias mensuales de aves marinas dado para ambas flotas pesqueras en conjunto. La Figura 7B, exhibe el patrón de clasificación más óptimo sobre la base de la formación de tres grupos (de un máximo de cuatro) al nivel de distancia de 25%, lo que refleja la estacionalidad de las abundancias a lo largo del periodo de estudio. Uno de estos está constituido por meses de otoño-invierno (de mayo a agosto), mientras que los otros dos conglomerados representan los periodos de primavera (septiembre, octubre, noviembre y diciembre) y verano austral (enero, febrero y marzo). La Figura 7A, en términos globales, refleja un patrón similar a aquel de la gráfica 7B, aunque difiere en niveles de fusión y estructura jerárquica. Esto último se visualiza en el mes de diciembre, el que se fusiona independientemente tanto con los meses de otoño-invierno como con los de primavera (Fig. 7A). No obstante lo anterior, se puede reconocer un patrón de clasificación estacional en ambos dendogramas, cuyo consenso se ve reflejado en el respectivo coeficiente de correlación matricial (flotas en conjunto, Tabla 6). Caso especial corresponde al

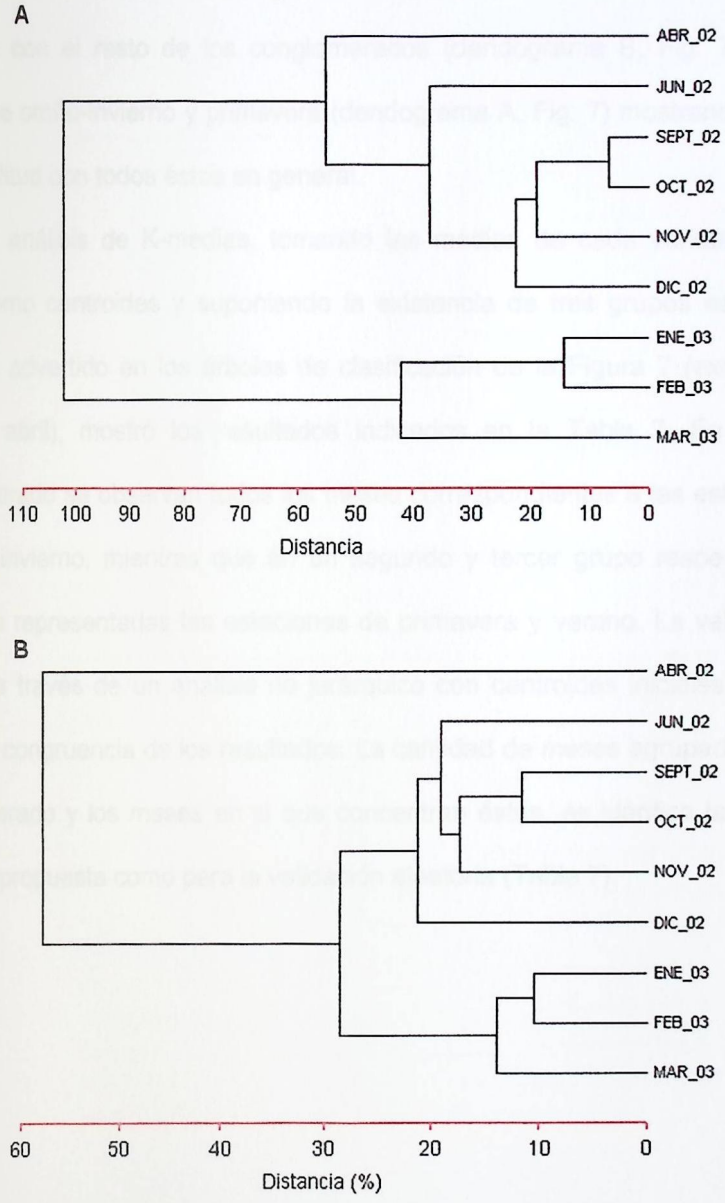


Figura 6. Clasificación jerárquica de los meses explorados (patrón temporal), basado en la composición y abundancia promedio de las especies de aves registradas para la flota industrial de bacalao de profundidad; **A**- distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%).

mes de abril que forma un conglomerado único que se combina a una mayor distancia con el resto de los conglomerados (dendograma B, Fig. 7) o de los grupos de otoño-invierno y primavera (dendograma A, Fig. 7) mostrando una muy baja similitud con todos éstos en general.

El análisis de K-medias, tomando las medias de cada variable en cada grupo como centroides y suponiendo la existencia de tres grupos estacionales, según lo advertido en los árboles de clasificación de la Figura 7 (excluyendo al mes de abril), mostró los resultados indicados en la Tabla 7. En un primer conglomerado se observan todos los meses correspondientes a las estaciones de otoño e invierno, mientras que en un segundo y tercer grupo respectivamente, aparecen representadas las estaciones de primavera y verano. La validación del modelo a través de un análisis no jerárquico con centroides iniciales aleatorios, reveló la congruencia de los resultados. La cantidad de meses agrupados en cada conglomerado y los meses en si que concentran éstos, es idéntica tanto para la solución propuesta como para la validación aleatoria (Tabla 7).

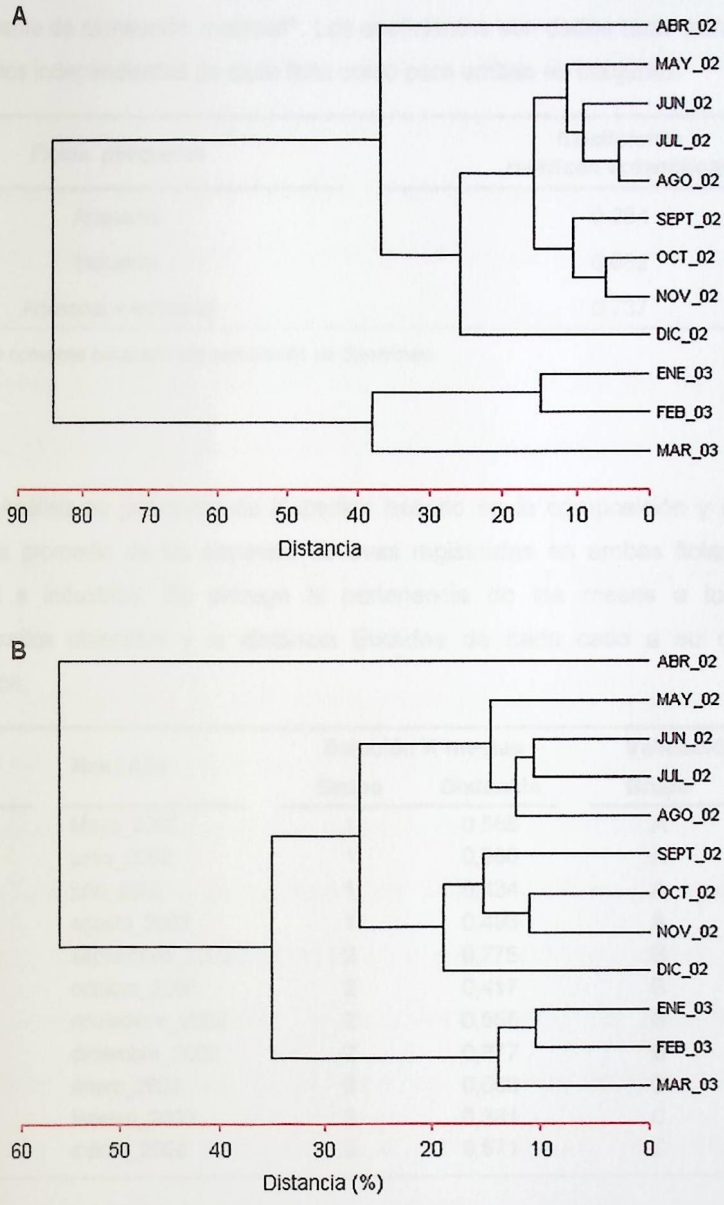


Figura 7. Clasificación jerárquica de los meses explorados (patrón temporal), basado en la composición y abundancia promedio de las especies de aves registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial) de bacalao de profundidad; **A**- distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%).

Tabla 6. Comparación de las matrices cofenéticas (Mahalanobis, Bray-Curtis), a través del coeficiente de correlación matricial*. Los coeficientes son dados tanto para los análisis exploratorios independientes de cada flota como para ambas en conjunto.

Flotas pesqueras	Coeficiente matrices cofenéticas
Artesanal	0,284
Industrial	0,662
Artesanal + Industrial	0,737

* Índice de consenso calculado con correlación de Spearman.

Tabla 7. Análisis no jerárquico de K-medias basado en la composición y abundancias mensuales promedio de las especies de aves registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial). Se entrega la pertenencia de los meses a los diferentes conglomerados obtenidos y la distancia Euclídea de cada caso a su centroide de clasificación.

Código	Mes / Año	Solución K-medias		Validación aleatoria	
		Grupo	Distancia	Grupo	Distancia
MAY_02	Mayo_2002	1	0,588	A	0,590
JUN_02	junio_2002	1	0,380	A	0,382
JUL_02	julio_2002	1	0,434	A	0,434
AGO_02	agosto_2002	1	0,496	A	0,492
SEPT_02	septiembre_2002	2	0,776	B	0,770
OCT_02	octubre_2002	2	0,417	B	0,415
NOV_02	noviembre_2002	2	0,565	B	0,570
DIC_02	diciembre_2002	2	0,877	B	0,881
ENE_03	enero_2003	3	0,653	C	0,656
FEB_03	febrero_2003	3	0,381	C	0,375
MAR_03	marzo_2003	3	0,571	C	0,571

2.2. Patrones de variabilidad espacial

En la Figura 8 se advierte el patrón espacial producido por las medidas de disimilitud (distancias) aplicadas en las abundancias latitudinales promedio (previamente estandarizadas y transformadas) de todas las especies observadas para ambas flotas pesqueras. La comparación visual (dendogramas) y formal (correlación matricial igual a 0,87) muestra una afinidad adecuada entre ambas clasificaciones jerárquicas, apreciándose en ellas la existencia de dos grupos relativamente estables en términos de tipología, niveles de fusión y de posición de las unidades de organización espacial (latitudes), aunque esto último en menor grado. Uno de los grupos, distinguibles a los niveles de distancia 40 (Fig. 8A) y 30% (Fig. 8B), está conformado por las latitudes más septentrionales del área de estudio, específicamente aquellas correspondientes al área operativa de la flota artesanal (38°S-45°S), mientras que el segundo conglomerado reúne las unidades latitudinales correspondientes al área de pesca industrial (47°S-57°S).

La Tabla 8, resume los resultados del análisis de K-medias que supone la existencia de dos grupos con diferencias en la distribución espacial de las aves, al nivel de composición específica y abundancia, según lo advertido en los dendogramas de la Figura 8. Si bien se observa congruencia entre la configuración inicial, correspondiente al resultado de las clasificaciones jerárquicas, y la configuración final de la solución de K-medias, su validación a través de centroides iniciales aleatorios no coincide con la solución propuesta (Tabla 8). La cantidad de casos (latitudes) congregados en los conglomerados,

difiere ligeramente entre la clasificación de la solución obtenida y su validación aleatoria. Específicamente, el "Grupo 2" de la solución original, reúne a 7 de sus 10 casos (latitudes) en el "Grupo B" de la validación, mientras que el resto de los casos se reubican en el "Grupo A" (Tabla 8). No obstante lo anterior, es posible considerar válido el patrón espacial proporcionado por los dendogramas de la Figura 8, apoyado en el número de unidades latitudinales que presentó congruencia entre estos árboles de clasificación y el resultado de la clasificación no jerárquica. Además, se debe considerar el "ruido" generado por aquellas especies de aves menos frecuentes (raras) sobre los patrones de agrupación examinados. Esto último se puede apreciar en la Figura 9, que muestra una clasificación jerárquica espacial basada únicamente en la composición total de especies (ausencia-presencia) y en donde el patrón latitudinal de las unidades espaciales es más bien confuso en comparación a los obtenidos empleando las abundancias como atributo.

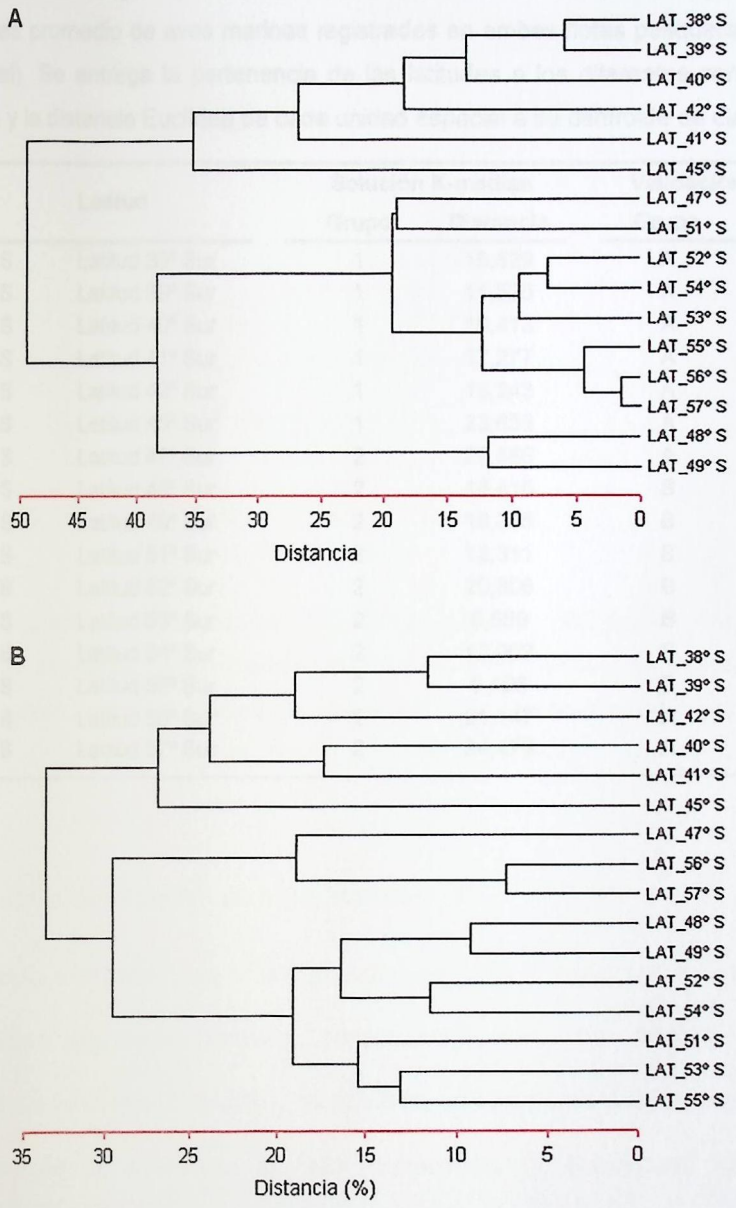


Figura 8. Clasificación jerárquica del patrón espacial (latitudinal) de abundancias promedio (estandarizadas y transformadas) de aves marinas registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial) de bacalao de profundidad; **A**- distancia de Mahalanobis, **B**- distancia de Bray-Curtis (%).

Tabla 8. Análisis no jerárquico de K-medias basado en la composición y abundancias latitudinales promedio de aves marinas registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial). Se entrega la pertenencia de las latitudes a los diferentes conglomerados obtenidos y la distancia Euclídea de cada unidad espacial a su centroide de clasificación.

Código	Latitud	Solución K-medias		Validación aleatoria	
		Grupo	Distancia	Grupo	Distancia
LAT_38° S	Latitud 38° Sur	1	16,529	A	18,365
LAT_39° S	Latitud 39° Sur	1	11,525	A	12,186
LAT_40° S	Latitud 40° Sur	1	10,413	A	15,285
LAT_41° S	Latitud 41° Sur	1	17,277	A	21,461
LAT_42° S	Latitud 42° Sur	1	18,243	A	18,883
LAT_45° S	Latitud 45° Sur	1	23,659	A	25,552
LAT_47° S	Latitud 47° Sur	2	20,586	A	16,049
LAT_48° S	Latitud 48° Sur	2	18,416	B	12,117
LAT_49° S	Latitud 49° Sur	2	18,365	B	10,592
LAT_51° S	Latitud 51° Sur	2	12,311	B	10,814
LAT_52° S	Latitud 52° Sur	2	20,806	B	13,889
LAT_53° S	Latitud 53° Sur	2	6,589	B	9,558
LAT_54° S	Latitud 54° Sur	2	12,962	B	7,948
LAT_55° S	Latitud 55° Sur	2	9,126	B	16,966
LAT_56° S	Latitud 56° Sur	2	21,147	A	20,323
LAT_57° S	Latitud 57° Sur	2	24,478	A	22,301

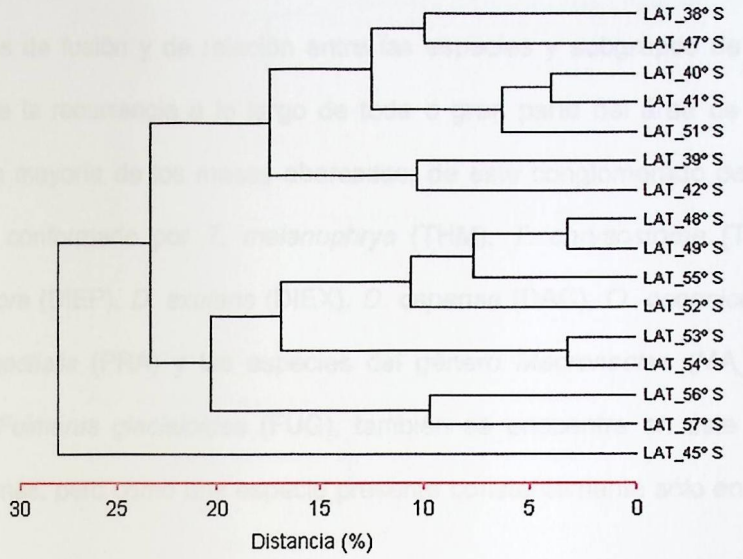


Figura 9. Clasificación jerárquica del patrón espacial (latitudinal) basado en la composición específica (presencia-ausencia) de las aves marinas registradas en ambas flotas pesqueras (artesanal e industrial). Disimilitud calculada según coeficiente de Dice.

2.3. Ensamble de especies de aves marinas

En el análisis exploratorio de la composición específica registrada en cada una de las unidades temporales (meses, exceptuando abril; Fig. 10A) y espaciales consideradas (latitudes; Fig. 10B), se advierte un conglomerado de especies que, por medio de la valoración de sus presencias (y ausencias) conjuntas e individuales, representaría la base del ensamble de aves en torno a las actividades pesqueras de las embarcaciones artesanales e industriales. Si bien el índice de consenso de las matrices cofenéticas no es alto (0,42), lo que evidencia

las diferencias existentes entre estos dendogramas en cuanto a niveles jerárquicos de fusión y de relación entre las especies y subgrupos de éstas, es destacable la recurrencia a lo largo de toda o gran parte del área de estudio y durante la mayoría de los meses abarcados, de este conglomerado de especies que está conformado por *T. melanophrys* (THM), *T. chrysostoma* (THCH), *D. epomophora* (DIEP), *D. exulans* (DIEX), *D. capense* (DAC), *O. oceanicus* (OCO), *P. aequinoctialis* (PRA) y las especies del género *Macronectes* (MA_sp). Otra especie, *Fulmarus glacialoides* (FUG), también se encuentra en este grupo de aves marinas, pero como una especie presente constantemente sólo en el ámbito espacial.

El resultado del análisis de grupos recurrentes (Fig. 11), confirma lo expuesto por el análisis de clasificación precedente. De las 24 categorías específicas registradas durante todo el estudio (petreles gigante reunidos en una sola categoría genérica "*Macronectes* spp."; "*Diomedea epomophora / exulans*" no considerada), 9 fueron descartadas previamente por no presentar frecuencias de ocurrencia superiores al 5% (Tabla 4). Del resto de las 15 especies, 12 se organizaron en dos grupos recurrentes y tres como especies asociadas (Fig. 11A). De los grupos formados, el más grande y primero en constituirse, coincide casi en su totalidad con el conglomerado o ensamble de aves observado anteriormente (Fig. 10). Las únicas diferencias lo constituye la inclusión de *Halobaena caerulea* (HAC) y la confirmación de *F. glacialoides* (FUG) como parte de este ensamble principal de especies. Este grupo recurrente mayor (ensamble principal), coincide íntegramente con aquel encontrado para el AOFI (Fig. 11C) y en un 70% con el

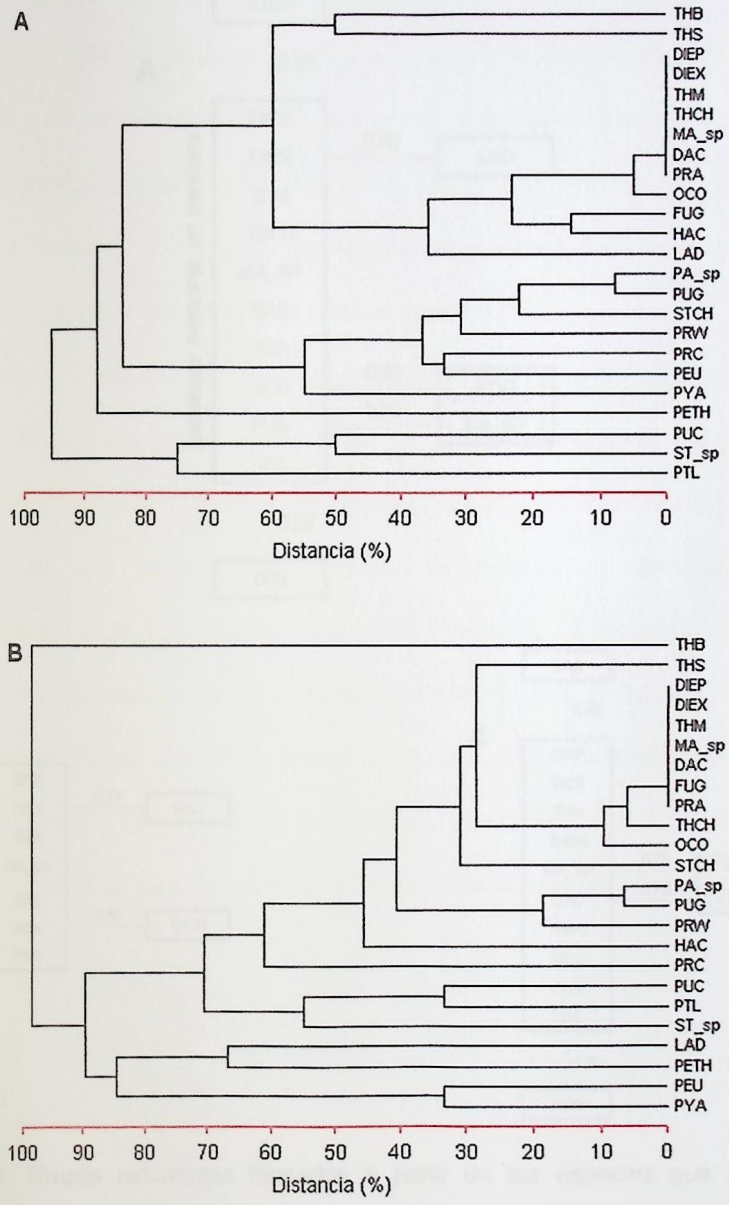


Figura 10. Clasificación jerárquica de la composición específica (presencia-ausencia) registrada durante el estudio (flotas artesanal e industrial en conjunto). La disimilitud entre especies (distancia (%); coeficiente de Dice) se presenta sobre la base de la comparación mensual (**A**) y latitudinal (**B**). Códigos de especies como en Tabla 5.

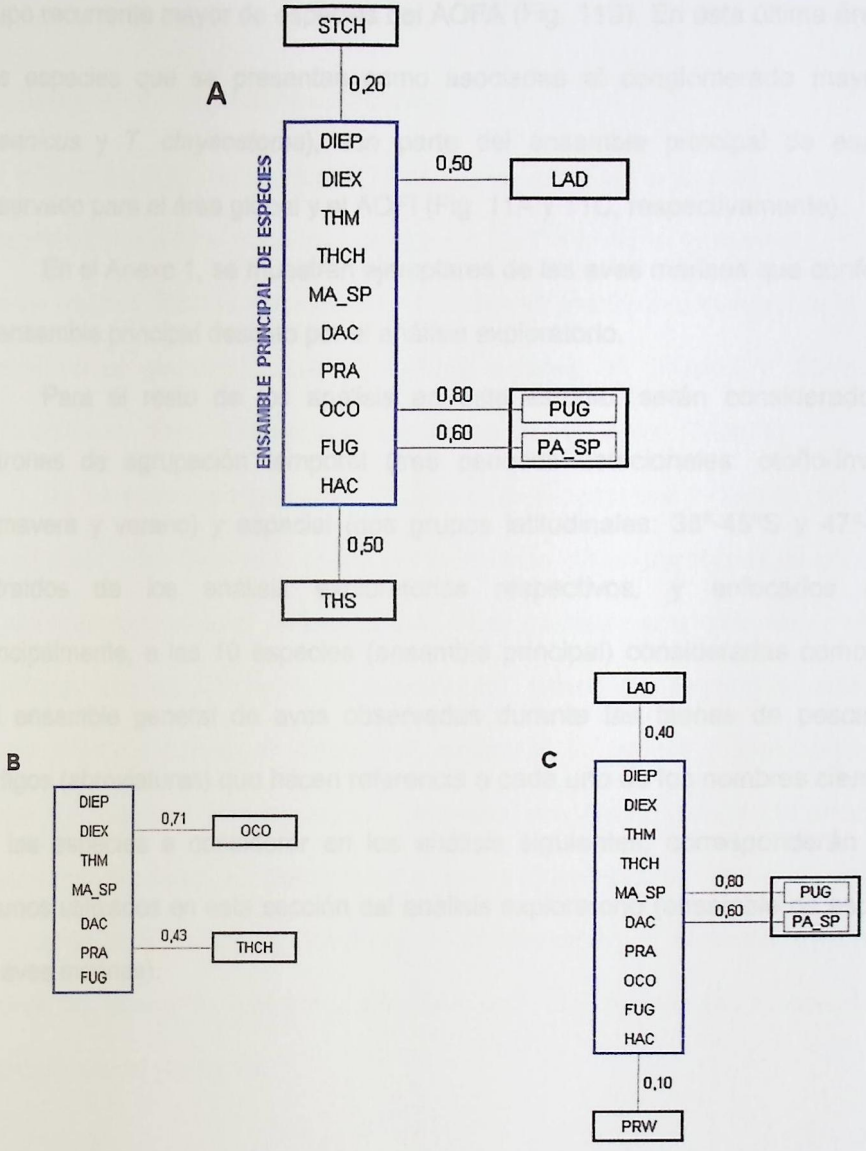


Figura 11. Grupos recurrentes formados a partir de las especies que presentaron asociación positiva sobre la base de las observaciones reunidas en ambas áreas operativas (**A**), en el AOFA (**B**) y en el AOFI (**C**). La unión entre las especies "asociadas" y/o aquellas especies individuales de un grupo que muestran afinidad positiva con algún taxa del ensamble principal, son entregadas como proporciones de la magnitud de estas asociaciones. Códigos de especies como en Tabla 5.

grupo recurrente mayor de especies del AOFA (Fig. 11B). En esta última área, las dos especies que se presentan como asociadas al conglomerado mayor (*O. oceanicus* y *T. chrysostoma*), son parte del ensamble principal de especies observado para el área global y el AOFI (Fig. 11A y 11C, respectivamente).

En el Anexo 1, se muestran ejemplares de las aves marinas que conforman el ensamble principal descrito por el análisis exploratorio.

Para el resto de los análisis en este estudio, serán considerados los patrones de agrupación temporal (tres periodos estacionales: otoño-invierno, primavera y verano) y espacial (dos grupos latitudinales: 38°-45°S y 47°-57°S) extraídos de los análisis exploratorios respectivos, y enfocados éstos, principalmente, a las 10 especies (ensamble principal) consideradas como base del ensamble general de aves observadas durante las faenas de pesca. Los códigos (abreviaturas) que hacen referencia a cada uno de los nombres científicos de las especies a considerar en los análisis siguientes, corresponderán a los mismos utilizados en esta sección del análisis exploratorio (ensamble de especies de aves marinas).

3. Análisis de la variabilidad temporal

3.1. Composición específica estacional

Del total de especies registradas (17) asociadas a la flota artesanal, 12 estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio (otoño-invierno, primavera), mientras que los albatros *Thalassarche salvini* y *T. bulleri* se avistaron sólo durante la época otoño-invernal, entretanto que *Procellaria cinerea*, *P. thagus* y *Stercorarius chilensis* fueron vistos solamente en los meses de primavera (Tabla 9).

De las especies registradas (23) en el área operativa industrial (AOFI), 14 fueron observadas durante la época otoño-invierno, 18 en los meses de primavera e igual número durante el periodo estival. Siete se observaron sólo en un periodo estacional: tres en primavera, *H. caerulea*, *P. urinatrix* y *Pygoscelis adeliae*; y cuatro durante el verano, *P. cinerea*, *P. creatopus*, *P. lessoni* y *Stercorarius* spp. (Tabla 10). Las otras 16 especies se observaron en más de un periodo estacional, destacando de éstas *F. glacialoides* y *Larus dominicanus*, vistas durante los periodos de otoño-invierno y primavera; *P. westlandica* y *S. chilensis*, observados durante los meses de primavera y verano; y *T. salvini* avistado en las épocas invernal y estival (Tabla 10).

Tabla 9. Listado de especies avistadas durante los embarques en lanchas artesanales de bacalao de profundidad (38°55'S-46°59'S), agrupados por época estacional sobre la base de 84 operaciones de virado monitoreadas con condiciones adecuadas de visibilidad (1 = presente; 0 = ausente).

Código	Especie	Otoño-Invierno	Primavera
THB	*Thalassarche bulleri*	1	0
THCH	*Thalassarche chrysostoma*	1	1
THM	*Thalassarche melanophrys*	1	1
THS	*Thalassarche salvini*	1	0
DIEP	*Diomedea epomophora*	1	1
DIEX	*Diomedea exulans*	1	1
MAG	*Macronectes giganteus*	1	1
MAH	*Macronectes halli*	1	1
DAC	*Daption capense*	1	1
FUG	*Fulmarus glacialoides*	1	1
HAC	*Halobaena caerulea*	1	1
OCO	*Oceanites oceanicus*	1	1
PRA	*Procellaria aequinoctialis*	1	1
PRC	*Procellaria cinerea*	0	1
PETH	*Pelecanus thagus*	0	1
LAD	*Larus dominicanus*	1	1
STCH	*Stercorarius chilensis*	0	1
	Total especies	**14**	**15**

Tabla 10. Listado de especies avistadas durante los embarques industriales de bacalao de profundidad (47°00'S-57°14'S) y agrupados por época estacional. Información obtenida de 178 operaciones de virado monitoreadas con condiciones adecuadas de visibilidad (1 = presente; 0 = ausente).

Código	Especie	Otoño-Invierno	Primavera	Verano
THCH	*Thalassarche chrysostoma*	1	1	1
THM	*Thalassarche melanophrys*	1	1	1
THS	*Thalassarche salvini*	1	0	1
DIEP	*Diomedea epomophora*	1	1	1
DIEX	*Diomedea exulans*	1	1	1
MAG	*Macronectes giganteus*	1	1	1
MAH	*Macronectes halli*	1	1	1
DAC	*Daption capense*	1	1	1
FUG	*Fulmarus glacialoides*	1	1	0
HAC	*Halobaena caerulea*	0	1	0
PA_sp	*Pachyptila* spp.	1	1	1
OCO	*Oceanites oceanicus*	1	1	1
PRA	*Procellaria aequinoctialis*	1	1	1
PRC	*Procellaria cinerea*	0	0	1
PRW	*Procellaria westlandica*	0	1	1
PUC	*Puffinus creatopus*	0	0	1
PUG	*Puffinus griseus*	1	1	1
PTL	*Pterodroma lessoni*	0	0	1
PEU	*Pelecanoides urinatrix*	0	1	0
LAD	*Larus dominicanus*	1	1	0
STCH	*Stercorarius chilensis*	0	1	1
ST_sp	*Stercorarius* spp.	0	0	1
PYA	*Pygoscelis adeliae*	0	1	0
	Total especies	**14**	**18**	**18**

3.2. Abundancia estacional

Siguiendo el patrón de división temporal (tres periodos estacionales), observado en el análisis exploratorio de la sección 2.1, se estableció que de las 13 categorías especificas observadas regularmente durante la época de otoño-invierno alrededor de las embarcaciones artesanales, 8 presentaron un porcentaje de ocurrencia durante los virados superior al 27% y una abundancia media mayor a 2 individuos por censo (Tabla 11) siendo, además, las especies del ensamble principal que más contribuyeron en promedio a la composición avifaunística durante esta época (Fig. 12A). La especie más abundante la constituyó *D. capense*, representando el 42,5% de la abundancia estacional total observada, seguido en magnitud por *T. melanophrys* (21,5%), *P. aequinoctialis* (15,2%) y *Macronectes* spp. (7,9 %) (Fig. 12B).

Durante la primavera, 6 especies (incluyendo la categoría *Macronectes* spp.) evidenciaron una frecuencia de ocurrencia igual o superior al 25%, además de presentar una abundancia promedio que fluctuó entre los 5,2 (*D. exulans*) y 44 individuos por censo (*D. capense*) en el AOFA (Tabla 11). Estas especies también correspondieron a las integrantes del ensamble principal que mayores valores promedio registraron para primavera (Fig. 12A). Las especies de aves marinas que concentraron las abundancias más altas para esta época del año fueron: *D. capense* (37,4%), *Macronectes* spp. (20,5%), *T. melanophrys* (14,8%) y *P. aequinoctialis* (11,6%) (Fig. 12B).

Tabla 11. Frecuencia de ocurrencia, abundancia media y número total de aves marinas (N) observadas en diferentes épocas estaciónales alrededor de lanchas artesanales durante las faenas de virado en el área operativa de la flota artesanal (AOFA).

Código	Especies	Otoño-Invierno			Primavera		
		Frecuencia de ocurrencia (%)	Abundancia media ± DE	N	Frecuencia de ocurrencia (%)	Abundancia media ± DE	N
THB	*Thalassarche bulleri*	4,5	0,05 ± 0,2	2			
THCH	*Thalassarche chrysostoma*	18,2	0,2 ± 0,5	10	17,5	0,3 ± 0,9	13
THM	*Thalassarche melanophrys*	100,0	31,3 ± 36,1	1375	100,0	17,4 ± 12,4	695
THS	*Thalassarche salvini*	25,0	0,5 ± 1,1	24			
DIEP	*Diomedea epomophora*	77,3	8,3 ± 8,9	364	100,0	9,8 ± 5,4	390
DIEX	*Diomedea exulans*	72,7	3,2 ± 4,0	140	90,0	5,2 ± 5,5	208
MA_sp	*Macronectes* spp.*	97,7	11,6 ± 7,9	510	100,0	24,1 ± 13,8	963
DAC	*Daption capense*	100,0	61,7 ± 61,2	2716	92,5	44,0 ± 24,6	1761
FUG	*Fulmarus glacialoides*	68,2	2,2 ± 3,4	97	25,0	0,3 ± 0,6	13
HAC	*Halobaena caerulea*	6,8	0,1 ± 0,3	3	7,5	0,1 ± 0,5	5
OCO	*Oceanites oceanicus*	47,7	4,0 ± 5,7	177	7,5	0,5 ± 1,9	20
PRA	*Procellaria aequinoctialis*	97,7	22,1 ± 16,3	973	97,5	13,7 ± 8,4	547
PRC	*Procellaria cinerea*				25,0	0,7 ± 1,6	27
PETH	*Pelecanus thagus*				2,5	0,03 ± 0,2	1
LAD	*Larus dominicanus*	4,5	0,1 ± 0,7	6	5,0	1,4 ± 8,5	56
STCH	*Stercorarius chilensis*				17,5	0,3 ± 0,6	10
	Total aves observadas	**100,0**	**145,4 ± 103,1**	**6397**	**100,0**	**117,7 ± 44,4**	**4709**
		(n = 44 observaciones)			(n = 40 observaciones)		

* Incluye a los individuos identificados hasta nivel de especie o género de *Macronectes halli* y *M. giganteus*.

Si bien el esfuerzo de observación realizado en las dos épocas estacionales consideradas es similar, este se desarrolló principalmente al norte de los 43°S (Figura 2) como resultado de la concentración pesquera de las lanchas en zonas más septentrionales. Lo anterior, debido principalmente, al mal tiempo predominante en zonas más australes, lo que se acentúa en época invernal.

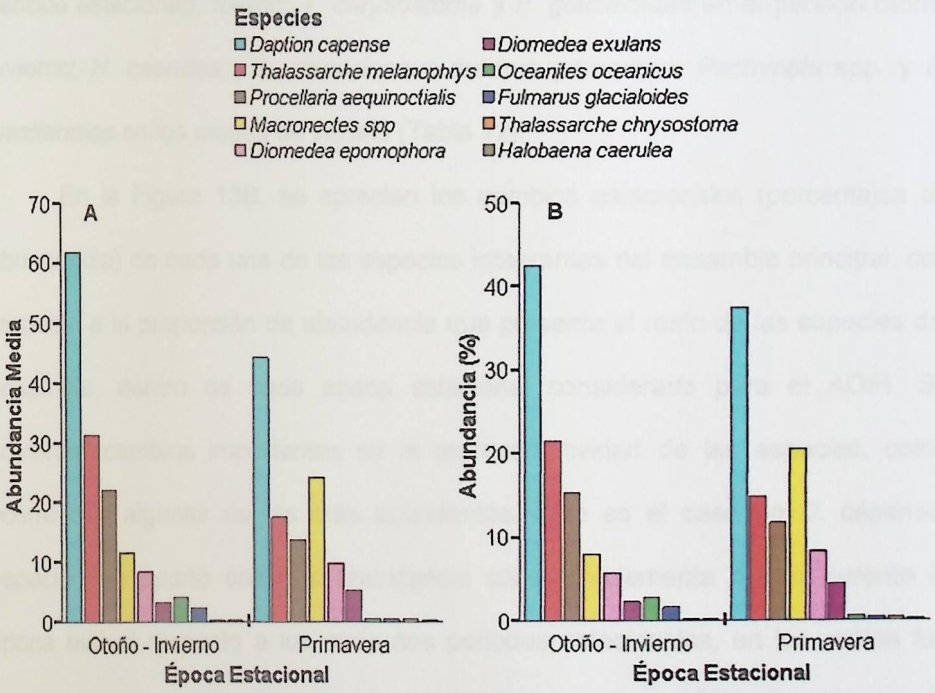


Figura 12. Abundancia media (A) y porcentajes de abundancia (B), por época estacional, de las especies del ensamble principal observado durante los virados a bordo de lanchas artesanales de la pesquería de bacalao de profundidad.

Por su parte en el AOFI, siete especies se presentaron asiduamente durante las tres épocas estacionales consideradas, las que superaron el 37% de ocurrencia (Tabla 12). Estas fueron: *T. melanophrys*, *D. epomophora, D. exulans, Macronectes* spp., *D. capense, O. oceanicus* y *P. aequinoctialis*, especies que, además, exhibieron valores promedio de abundancia mayores a 2 ejemplares por censo durante estos periodos, siendo la abundancia promedio más alta aquella observada en *D. capense* (274,5) durante la primavera (Tabla 12). Otras especies que mostraron frecuencias y abundancias medias de interés (en al menos un periodo estacional), fueron: *T. chrysostoma* y *F. glacialoides* en el periodo otoño-invierno; *H. caerulea* y *L. dominicanus* durante primavera; *Pachyptila* spp. y *P. westlandica* en los meses de verano (Tabla 12).

En la Figura 13B, se aprecian los cambios estacionales (porcentajes de abundancia) de cada una de las especies integrantes del ensamble principal, con respecto a la proporción de abundancia que presenta el resto de las especies del ensamble, dentro de cada época estacional considerada para el AOFI. Se advierten cambios importantes en la representatividad de las especies, como ocurre con algunas de las más abundantes. Este es el caso de *D. capense*, especie que aportó con una abundancia considerablemente menor durante la época estival respecto a los otros dos periodos estacionales, en los cuales fue primera en magnitud. En contraste, *Macronectes* spp. reflejó un alza en su representatividad estacional, pasando de ser la tercera en orden de magnitud (otoño-invierno y primavera) a la especie más abundante durante los meses de verano. Lo anterior es reafirmado por los cambios que presentaron ambas

especies en sus abundancias promedio en el transcurso del estudio (Fig. 13A). Por su parte, *T. melanophrys*, no evidenció cambios en su representatividad respecto al resto de las especies del ensamble, presentándose como la segunda especie más abundante en el AOFI a través de los tres periodos estacionales (Fig. 13B). En relación con la representatividad en las abundancias del resto de las especies; *O. oceanicus* y *D. epomophora* mostraron un aumento sustancial en verano, *D. exulans* no registró grandes variaciones, manteniéndose relativamente constante, y *P. aequinoctialis* experimentó una disminución durante las épocas de primavera y verano. La otras tres especies del ensamble, en general, exhibieron una baja representatividad estacional en comparación a las especies antes mencionadas (Fig. 13).

Tabla 12. Frecuencia de ocurrencia, abundancia media y número total de aves marinas (N) observadas en diferentes épocas estacionales alrededor de barcos factoría durante las faenas de virado en el área operativa de la flota industrial (AOFI).

		Otoño-Invierno			Primavera			Verano		
Código	Especies	Frec. de ocurr. (%)	Abundancia media ± DE	N	Frec. de ocurr. (%)	Abundancia media ± DE	N	Frec. de ocurr. (%)	Abundancia media ± DE	N
THCH	*Thalassarche chrysostoma*	62,5	0,8 ± 0,7	6	23,1	0,4 ± 0,8	48	21,1	0,2 ± 0,4	8
THM	*Thalassarche melanophrys*	100,0	63,0 ± 26,6	504	100,0	179,6 ± 96,0	23352	100,0	99,5 ± 35,5	3781
THS	*Thalassarche salvini*	12,5	0,1 ± 0,4	1				18,4	0,2 ± 0,5	8
DIEP	*Diomedea epomophora*	62,5	2,6 ± 4,0	21	60,8	3,5 ± 5,0	452	92,1	24,5 ± 15,5	932
DIEX	*Diomedea exulans*	87,5	5,9 ± 3,2	47	89,2	10,3 ± 13,8	1335	94,7	7,1 ± 6,0	268
MA_sp	*Macronectes* spp.*	100,0	51,8 ± 48,5	414	98,5	118,3 ± 91,2	15375	100,0	149,2 ± 47,2	5670
DAC	*Daption capense*	100,0	68,8 ± 33,2	550	99,2	274,5 ± 250,8	35690	50,0	4,8 ± 12,5	182
FUG	*Fulmarus glacialoides*	100,0	2,6 ± 1,6	21	17,7	0,3 ± 0,7	34			
HAC	*Halobaena caerulea*				16,2	0,7 ± 3,1	92			
PA_sp	*Pachyptila* spp.†	12,5	0,1 ± 0,4	1	4,6	0,3 ± 2,0	44	60,5	6,4 ± 14,6	242
OCO	*Oceanites oceanicus*	50,0	3,9 ± 4,9	31	40,0	7,9 ± 17,8	1023	97,4	60,7 ± 39,0	2305
PRA	*Procellaria aequinoctialis*	100,0	11,3 ± 8,2	90	37,7	5,8 ± 12,6	758	81,6	4,6 ± 5,0	175
PRC	*Procellaria cinerea*							7,9	0,1 ± 0,3	3
PRW	*Procellaria westlandica*				4,6	0,1 ± 0,5	13	15,8	1,0 ± 2,7	38
PUC	*Puffinus creatopus*							5,3	0,1 ± 0,2	2
PUG	*Puffinus griseus*	12,5	0,1 ± 0,4	1	15,4	0,6 ± 2,3	82	42,1	0,6 ± 0,8	22
PTL	*Pterodroma lessoni*							2,6	0,03 ± 0,2	1
PEU	*Pelecanoides urinatrix*				3,1	0,04 ± 0,2	5			
LAD	*Larus dominicanus*	12,5	0,1 ± 0,4	1	18,5	0,9 ± 2,5	117			
STCH	*Stercorarius chilensis*				0,8	0,01 ± 0,1	1	15,8	0,4 ± 1,1	15
ST_sp	*Stercorarius* spp.††							18,4	0,2 ± 0,5	8
PYA	*Pygoscelis adeliae*				0,8	0,02 ± 0,2	2			
	Total aves observadas	**100,0**	**211,0 ± 114,3**	**1688**	**100,0**	**603,3 ± 352,3**	**78423**	**100,0**	**359,5 ± 95,5**	**13660**
		(n = 8 observaciones)			(n = 130 observaciones)			(n = 38 observaciones)		

* Incluye a los individuos identificados hasta nivel de especie o género de *Macronectes halli* y *M. giganteus*.

† Se reconocen varias especies, siendo difícil diferenciarlas a distancia y en vuelo.

†† Se reconocen varias especies, siendo difícil diferenciarlas a distancia y en vuelo. Se excluye a los individuos de *Stercorarius chilensis*.

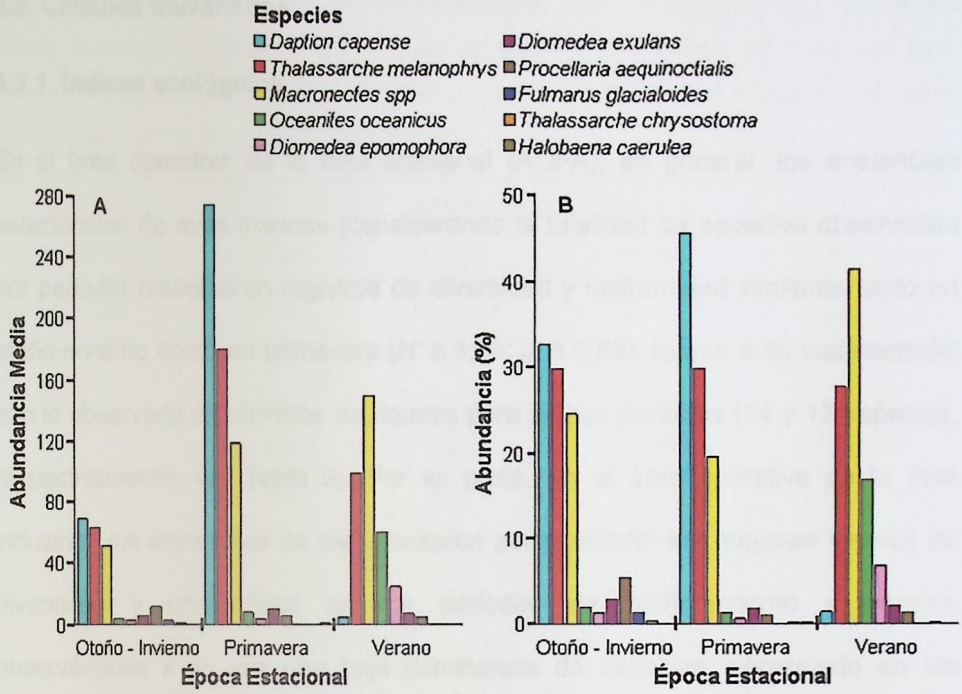


Figura 13. Abundancia media (A) y porcentajes de abundancia (B), por época estacional, de las especies del ensamble principal observado durante los virados a bordo de barcos industriales de la pesquería de bacalao de profundidad.

3.3. Cálculos univariados

3.3.1. Índices ecológicos

En el área operativa de la flota artesanal (AOFA), en general, los ensambles estacionales de aves marinas (considerando la totalidad de especies observadas por periodo) presentaron registros de diversidad y uniformidad similares tanto en otoño-invierno como en primavera ($H' \geq 1,66$; $J' \geq 0,63$), lo que a su vez coincidió con lo observado en términos de riqueza para ambos periodos (14 y 15 especies, respectivamente; ver Tabla 9). Por su parte, en el área operativa de la flota industrial, los ensambles se caracterizaron por presentar los mayores valores de diversidad y uniformidad en los periodos de otoño-invierno y verano, observándose a su vez una baja dominancia de especies, constatado en los valores relativamente altos de uniformidad (Tabla 13). Lo anterior contrasta con lo observado durante primavera en el AOFI, en donde el ensamble total de aves marinas disminuyó en diversidad conjuntamente con su uniformidad, denotando de esta forma una dominancia en número de individuos de algunas especies durante esta época del año, específicamente de *D. capense* y *T. melanophrys*, las que en conjunto concentraron cerca del 75% de las aves observadas (Tabla 12, Fig. 13A). Un patrón similar, al observado en el AOFI, se puede derivar para los índices ecológicos obtenidos del ensamble general de aves marinas encontrado a lo largo del área global (38°55'S-57°14'S) durante el estudio. Ambos índices presentaron un rango de variación moderado (≈19%) respecto al valor reasignado estocásticamente (Tabla 13).

Tabla 13. Índices de diversidad de Shannon (H'), uniformidad (J') y sus respectivas reasignaciones estocásticas (H'_b y J'_b) para la totalidad de especies registradas en cada área operativa pesquera (AOFA = artesanal; AOFI = industrial) y en toda el área (área global), durante los tres periodos estacionales.

Periodo estacional	Índices	Áreas operativas de pesca		Area Global
		AOFA	AOFI	
Otoño-Invierno	H' (H'_b)	1,66 (1,59)	1,58 (1,55)	1,66 (1,58)
	J' (J'_b)	0,63 (0,72)	0,60 (0,69)	0,60 (0,73)
Primavera	H' (H'_b)	1,69 (1,59)	1,15 (1,13)	1,21 (1,18)
	J' (J'_b)	0,63 (0,78)	0,40 (0,50)	0,40 (0,53)
Verano	H' (H'_b)	–	1,70 (1,66)	1,70 (1,67)
	J' (J'_b)	–	0,59 (0,72)	0,59 (0,72)

Por su parte, las reasignaciones estocásticas de la diversidad (H'_b) y de la uniformidad (J'_b), temporalmente, permiten observar que en el AOFI como también en el área global de estudio, existe una clara diferencia entre la estación de primavera y el resto de los periodos estacionales considerados, puesto que los intervalos de confianza no se observaron superpuestos (Fig. 14). Con base en lo anterior, no se observó diferencia entre las estaciones de otoño-invierno y primavera en el AOFA, ya que los intervalos de confianza para ambos períodos estacionales, tanto en el caso de H'_b como en el de J'_b, fueron similares y coincidieron parcialmente en la superposición (Fig. 14).

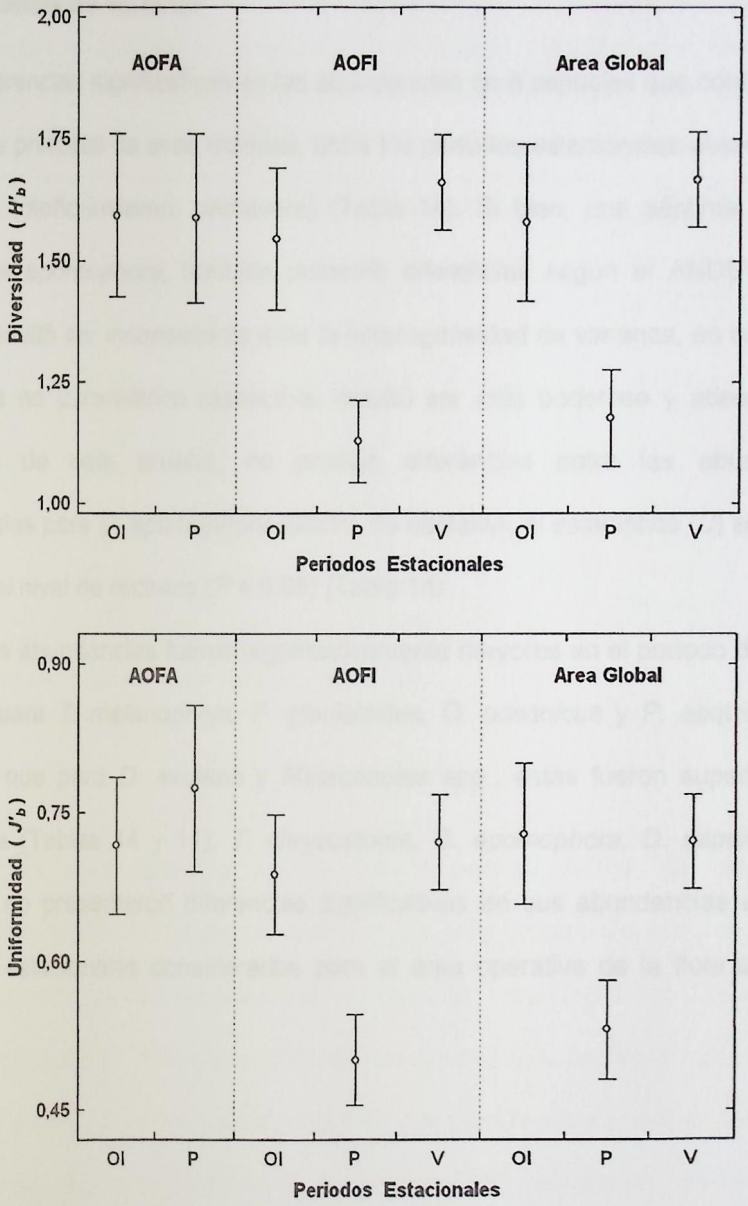


Figura 14. Media e intervalos de confianza (95%) en torno a los valores de diversidad y uniformidad generados mediante reasignación estocástica (H'_b, J'_b) para el conjunto total de especies registradas en cada periodo estacional (OI = otoño-invierno; P = primavera; V = verano) y áreas operativas pesqueras (más toda el área en conjunto).

3.3.2. Análisis de varianza

Hubo diferencias significativas en las abundancias de 6 especies que conforman el ensamble principal de aves marinas, entre los periodos estacionales abarcados en el AOFA (otoño-invierno, primavera) (Tabla 14). Si bien, una séptima especie, *Diomedea epomophora*, también presentó diferencias según el ANDEVA, esta prueba resultó ser inconsistente ante la heterogeneidad de varianza, en cuyo caso la prueba no paramétrica respectiva, resultó ser más poderosa y adecuada. El resultado de esta prueba, no produjo diferencias entre las abundancias estacionales para *D. epomophora* (DIEP), no obstante, el estadístico (*U*) se mostró cercano al nivel de rechazo ($P \approx 0,05$) (Tabla 14).

Las abundancias fueron significativamente mayores en el periodo de otoño-invierno para *T. melanophrys, F. glacialoides*, *O. oceanicus* y *P. aequinoctialis*, mientras que para *D. exulans* y *Macronectes* spp., estas fueron superiores en primavera (Tablas 14 y 11). *T. chrysostoma*, *D. epomophora, D. capense* y *H. caerulea* no presentaron diferencias significativas en sus abundancias entre los periodos estacionales considerados para el área operativa de la flota artesanal (AOFA).

Tabla 14. Estadísticos de las pruebas de homogeneidad de varianza, ANDEVA de un factor y prueba no paramétrica de rangos (Mann-Whitney), obtenidos en el análisis entre estaciones (otoño-invierno, primavera) para cada especie del ensamble principal de aves, presentes alrededor de embarcaciones artesanales.

Código Especies†	Prueba de Levene*		ANDEVA*		Prueba de Mann-Whitney**	
	F	*P*-valor	*F*	*P*-valor	*U*	*P*-valor
THCH	0,60	0,442	0,10	0,757	880,00	1,000
THM	6,57	<0,05	6,29	<0,05	639,00	<0,05
DIEP	26,30	<0,001	7,58	<0,01	679,50	0,072
DIEX	0,89	0,347	6,86	<0,05	591,00	<0,01
MA_sp	0,90	0,346	29,69	<0,001	336,50	<0,001
DAC	0,74	0,392	2,28	0,135	833,00	0,673
FUG	15,37	<0,001	26,76	<0,001	403,50	<0,001
HAC	0,91	0,342	0,21	0,650	872,50	0,880
OCO	66,39	<0,001	17,72	<0,001	521,00	<0,001
PRA	0,26	0,614	8,27	<0,01	542,00	<0,01

* Grados de libertad para los estadísticos F: 1, 82.

** Tamaños muestreales para los estadísticos U, n_1=44; n_2=40.

† Códigos de especies como en Tabla 11 y 12.

En el área operativa de la flota industrial (AOFI), se observaron fluctuaciones significativas en las abundancias estacionales de ocho de las diez especies constituyentes del ensamble principal de aves (Tabla 15). Las especies *D. epomophora* y *O. oceanicus*, presentaron abundancias significativamente más altas sólo durante la época estival, mientras que para el mismo periodo estacional, *D. capense*, *P. aequinoctialis* y *F. glacialoides*, exhibieron disminuciones sustanciales de abundancia (P<0,05), llegando inclusive, como aconteció para *F. glacialoides*, al no registrarse ejemplares (Tablas 16 y 12). En primavera, por su parte, el albatros *T. melanophrys* y el petrel *D. capense*, alcanzaron máximas

significativas en sus abundancias. Estas dos especies más *Macronectes* spp., *F. glacialoides* y *P. aequinoctialis*, fluctuaron de forma considerable (P<0,05) en sus abundancias promedio a lo largo de los tres periodos estacionales considerados (Tabla 16). En el caso de *H. caerulea,* sólo se observó durante primavera y con baja representatividad en comparación al resto de las especies del ensamble principal, mientras que el número de aves avistadas en el área (AOFI) para los albatros *T. chrysostoma* y *D. exulans*, no difirió significativamente entre los periodos estacionales (Tabla 15).

Tabla 15. Estadísticos de las pruebas de homogeneidad de varianza, ANDEVA de un factor y ANDEVA no paramétrica (Kruskal-Wallis), obtenidos en el análisis univariado entre estaciones (otoño-invierno, primavera, verano) para cada especie del ensamble principal de aves, presentes alrededor de embarcaciones industriales.

Código Especies	Prueba de Levene°		ANDEVA°		Prueba de Kruskal-Wallis°°	
	F	*P*-valor	*F*	*P*-valor	*H*	*P*-valor
THCH	2,79	0,064	2,53	0,083	5,97	0,050
THM	5,27	<0,01	18,85	<0,001	38,07	<0,001
DIEP	0,60	0,551	55,52	<0,001	59,48	<0,001
DIEX	0,85	0,431	0,43	0,653	0,72	0,698
MA_sp	7,29	<0,001	8,80	<0,001	20,59	<0,001
DAC	2,20	0,114	186,08	<0,001	87,36	<0,001
FUG	22,95	<0,001	47,97	<0,001	50,14	<0,001
HAC	16,52	<0,001	3,39	<0,05	8,35	<0,05
OCO	7,68	<0,001	67,86	<0,001	71,47	<0,001
PRA	8,00	<0,001	6,82	<0,01	19,04	<0,001

° Grados de libertad para los estadísticos F: 2, 173.

°° Grado de libertad para los estadísticos H y χ^2: 2.

En una síntesis general, los análisis revelan que en las dos áreas, AOFA y AOFI, un número compartido de al menos cuatro especies, representantes del ensamble principal, exhibió diferencias significativas en sus abundancias entre los periodos de otoño-invierno y primavera. Estas especies fueron: *T. melanophrys*, *F. glacialoides*, *P. aequinoctialis* y las especies del género *Macronectes*. Característicamente, las categorías especificas señaladas anteriormente, salvo en el caso del albatros de ceja negra, evidenciaron las mismas tendencias en sus abundancias para ambas divisiones espaciales durante los periodos estacionales mencionados. Otras especies del ensamble principal, como *D. epomophora* y *D. exulans*, que si bien no presentaron variaciones estadísticamente importantes entre otoño-invierno y primavera en ambas áreas simultáneamente, coincidieron en las tendencias de variación estacional de sus abundancias, tanto en el AOFA como en el AOFI (ver Tablas 11 y 12). Por otro lado, *T. melanophrys, D. capense* y *O. oceanicus*, mostraron un patrón común en la variabilidad de sus abundancias específicas entre los periodos estacionales de otoño-invierno y primavera, en donde se aprecia una tendencia hacia la disminución en las abundancias durante el periodo primaveral en el AOFA, mientras que para la misma época en el AOFI, se registra una tendencia inversa de aumento en el número de estos Procellariiformes. Con respecto a lo anterior, *O. oceanicus* exhibió variaciones estacionales significativas entre otoño-invierno y primavera sólo en el área operativa de pesca artesanal, mientras que para *D. capense* estas diferencias fueron significativas únicamente en el área operativa de la flota industrial (ver Tablas 14 y 16, respectivamente).

Tabla 16. Comparación múltiple de medias de Tamhane (paramétrica, varianzas desiguales) y de Dunn (no paramétrica) de las especies pertenecientes al ensamble principal que presentaron diferencias significativas entre periodos estacionales en el AOFI (OI = otoño-invierno; P = primavera; V = verano).

Código Especies		Tamhane			Dunn		
		OI	P	V	OI	P	V
THM	OI	–	***	*	–	***	**
	P		–	***		–	*
	V			–			–
DIEP	OI	–	n.s.	***	–	n.s.	***
	P		–	***		–	***
	V			–			–
MA_sp	OI	–	*	**	–	***	***
	P		–	*		–	n.s.
	V			–			–
DAC	OI	–	**	***	–	n.s.	***
	P		–	***		–	***
	V			–			–
FUG	OI	–	***	***	–	***	***
	P		–	***		–	*
	V			–			–
HAC	OI	–	***	n.s.	–	n.s.	n.s.
	P		–	***		–	n.s.
	V			–			–
OCO	OI	–	n.s.	***	–	n.s.	***
	P		–	***		–	***
	V			–			–
PRA	OI	–	**	*	–	**	n.s.
	P		–	*		–	**
	V			–			–

n.s.(no significativo) = $P>0,05$; *$P<0,05$; **$P<0,01$; ***$P<0,001$

3.4. Técnica multivariada

La ordenación de los censos, correspondientes a los realizados durante los meses de otoño-invierno y primavera en el área pesquera artesanal, entrega, según el coeficiente de "stress", una gráfica que está en el limite de ser potencialmente útil para la interpretación de los patrones temporales observados en las especies del ensamble principal de aves (Figura 15). En esta se observa que los censos (conteos) de ambos periodos estacionales considerados, presentan un cierto grado de división en el espacio bidimensional de la ordenación.

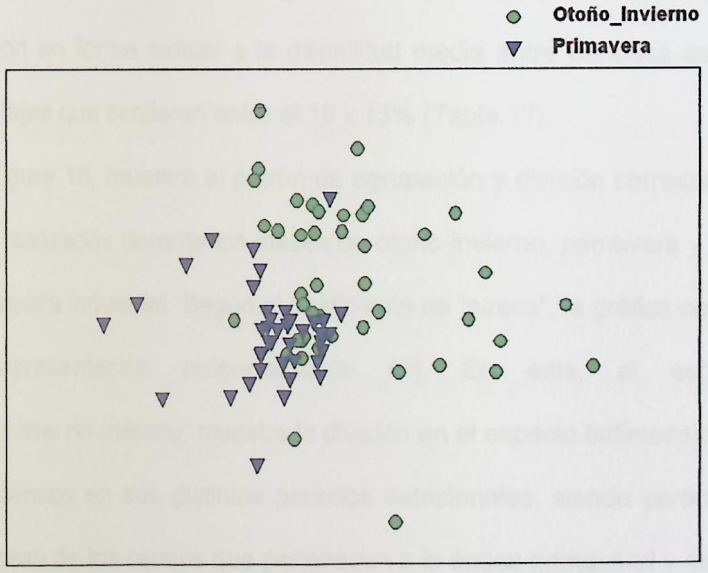


Figura 15. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico del ensamble principal de aves a través de los censos mensuales agrupados por periodos estacionales. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en el AOFA (stress = 0,2).

Según la prueba del análisis de similitudes, el nivel de significancia de la muestra estadística fue menor al 5% (R=0,183; P<0,001) que rechaza la hipótesis nula, es decir que los grupos de meses (periodos estacionales: otoño-invierno versus primavera) son distintos entre sí con un nivel de confianza del 95%.

El análisis de porcentaje de similitud reveló que las especies más discriminadoras entre los periodos estacionales, en orden de importancia, fueron: *D. exulans* (DIEX), *Macronectes* spp. (MA_sp), con mayor presencia en el periodo primaveral; *T. melanophrys* (THM), *F. glacialoides* (FUG) y *P. aequinoctialis* (PRA) que fueron más representativas del periodo otoño-invierno en términos de aporte a la disimilitud entre grupos estacionales. En general, la mayoría de las especies del ensamble principal, salvo *T. chrysostoma* (THCH) y *H. caerulea* (HAC), contribuyeron en forma similar a la disimilitud media entre periodos estacionales con porcentajes que oscilaron entre el 10 y 13% (Tabla 17).

La Figura 16, muestra el patrón de agrupación y división correspondiente a los censos realizados durante los meses de otoño-invierno, primavera y verano en el área pesquera industrial. Según el coeficiente de "stress", la gráfica corresponde a una representación potencialmente útil. En esta, el escalamiento multidimensional no-métrico, muestra la división en el espacio bidimensional de los grupos de censos en sus distintos periodos estacionales, siendo particularmente claro en el caso de los censos que pertenecen a la época primaveral y estival.

Tabla 17. Resultados del análisis de porcentajes de similitud para el ensamble principal de aves. Se entrega la contribución de cada especie a la diferencia entre periodos estacionales en el AOFA. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre estaciones.

Otoño – Invierno (**OI**) vs. Primavera (**P**). Disimilitud media = 23,07

Código Especies	OI Abundancia media*	P Abundancia media*	Disimilitud media	Razón	%	% acumulado
DAC	61,7	44,0	2,99	0,88	12,97	12,97
OCO	4,0	0,5	2,98	0,92	12,92	25,89
DIEP	8,3	9,75	2,97	1,17	12,88	38,77
DIEX	3,2	5,2	2,96	1,34	12,82	51,59
MA_sp	11,6	24,1	2,77	1,32	12,00	63,59
THM	31,3	17,4	2,51	1,29	10,88	74,47
FUG	2,2	0,3	2,38	1,21	10,32	84,79
PRA	22,1	13,7	2,38	1,04	10,30	95,09
THCH	0,2	0,3	0,82	0,61	3,55	98,64
HAC	0,1	0,1	0,31	0,38	1,36	100,00

* Medias sólo de referencia (abundancias no transformadas); cálculos de disimilitud basados en datos transformados.

El análisis de similitudes, por medio de la prueba global del estadístico *R*, indicó que el nivel de significancia de la muestra estadística fue menor al 5% ($P<0,001$), lo que rechaza la hipótesis nula, es decir que los grupos estacionales en el AOFI (otoño-invierno, primavera y verano) son distintos entre sí con un nivel de confianza del 95%. A su vez, el estadístico *R* de la prueba de a pares confirmó la diferencia entre los periodos estacionales, siendo los tres periodos disímiles entre sí (Tabla 18).

Los resultados del análisis de porcentaje de similitud, por su parte, señalaron que en el AOFI, las especies que mejor discriminaron entre periodos estacionales fueron: *F. glacialoides* y *P. aequinoctialis*, más representativas de

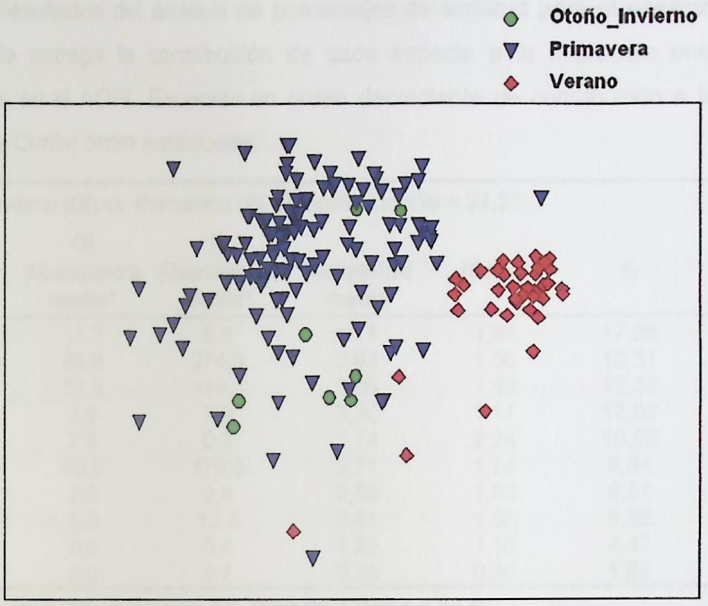


Figura 16. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico del ensamble principal de aves a través de los censos mensuales agrupados por periodos estacionales. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en el AOFI (stress = 0,16).

Tabla 18. Análisis de similitudes (ANOSIM) para evaluar diferencias en la estructura del ensamble principal de aves entre los periodos estacionales determinados en el AOFI.

Prueba global: $R = 0,64$ ($P < 0,001$)		
Comparaciones de pares	***R***	***P*-valor**
Otoño-Invierno vs. Primavera	0,34	< 0,001
Otoño-Invierno vs. Verano	0,88	< 0,001
Primavera vs. Verano	0,68	< 0,001

Tabla 19. Resultados del análisis de porcentajes de similitud para el ensamble principal de aves. Se entrega la contribución de cada especie a la diferencia entre periodos estacionales en el AOFI. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre estaciones.

A. Otoño-Invierno (**OI**) vs. Primavera (**P**). Disimilitud media = 27,27

Código Especies	OI Abundancia media*	P Abundancia media*	Disimilitud media	Razón	%	% acumulado
PRA	11,3	5,8	4,71	1,94	17,26	17,26
DAC	68,8	274,5	3,63	1,56	13,31	30,58
MA_sp	51,8	118,3	3,36	1,43	12,32	42,89
OCO	3,9	7,9	3,30	1,11	12,09	54,99
FUG	2,6	0,3	2,74	2,24	10,05	65,04
THM	63,0	179,6	2,71	1,74	9,94	74,98
DIEP	2,6	3,5	2,59	1,33	9,51	84,49
DIEX	5,9	10,3	2,51	1,05	9,22	93,71
THCH	0,8	0,4	1,22	1,16	4,47	98,18
HAC	0,0	0,7	0,50	0,38	1,82	100,00

B. Otoño-Invierno (**OI**) vs. Verano (**V**). Disimilitud media = 35,89

Código Especies	OI Abundancia media*	V Abundancia media*	Disimilitud media	Razón	%	% acumulado
DAC	68,8	4,8	8,48	2,80	23,63	23,63
OCO	3,9	60,7	7,20	2,01	20,06	43,68
DIEP	2,6	24,5	5,69	1,95	15,86	59,55
MA_sp	51,8	149,2	3,68	1,64	10,24	69,79
PRA	11,3	4,6	3,03	1,34	8,43	78,22
FUG	2,6	0,0	2,97	3,22	8,28	86,50
DIEX	5,9	7,1	2,23	1,11	6,21	92,71
THM	63,0	99,5	1,51	1,38	4,20	96,92
THCH	0,8	0,2	1,11	1,12	3,08	100,00

C. Primavera (**P**) vs. Verano (**V**). Disimilitud media = 35,34

Código Especies	P Abundancia media*	V Abundancia media*	Disimilitud media	Razón	%	% acumulado
DAC	274,5	4,8	10,82	2,60	30,61	30,61
OCO	7,9	60,7	7,52	1,93	21,27	51,89
DIEP	3,5	24,5	5,36	1,76	15,18	67,06
PRA	5,8	4,6	3,36	1,44	9,52	76,58
DIEX	10,3	7,1	2,66	1,19	7,54	84,12
MA_sp	118,3	149,2	2,28	0,88	6,46	90,58
THM	179,6	99,5	1,81	1,49	5,13	95,71
THCH	0,4	0,2	0,69	0,71	1,96	97,67
HAC	0,7	0,0	0,49	0,38	1,38	99,05
FUG	0,3	0,0	0,34	0,43	0,95	100,00

* Medias sólo de referencia (abundancias no transformadas); cálculos de disimilitud basados en datos transformados.

otoño-invierno (Tabla 19A y B); *T. melanophrys* y *D. capense*, especies que estuvieron presentes mayormente en primavera (Tabla 19A y C); *O. oceanicus* y *D. epomophora*, las que se presentaron, en promedio, como más abundantes durante la época estival (Tabla 19B y C). Adicionalmente a las especies ya sindicadas como más representativas de la época invernal, *D. capense* también aportó sustancialmente a la diferenciación entre los periodos de otoño-invierno y primavera, épocas particularmente extremas entre sí. En términos de contribución a la disimilitud media entre periodos estacionales, las especies *P. aequinoctialis*, *D. capense*, *Macronectes* spp. y *O. oceanicus* en conjunto, contribuyeron más del 50% a la disimilitud entre otoño-invierno y primavera (Tabla 19A), mientras que cerca del 60 y 70% de la disimilitud entre el periodo de verano versus otoño-invierno y primavera, respectivamente (Tabla 19B y C), fue explicado por tres especies; *D. capense*, *O. oceanicus* y *D. epomophora*. Esto coincide, en general, con varias de las especies identificadas como discriminadoras entre los periodos estacionales.

4. Análisis de la variabilidad espacial

4.1. Cálculos univariados

4.1.1. Índices ecológicos

La comparación espacial, a través de las medidas de diversidad (*H'*) y uniformidad (*J'*) obtenidas, entre los dos ensambles latitudinales de aves marinas definidos para el periodo general de estudio (considerando la totalidad de especies registradas por grupo latitudinal), exhibió valores de diversidad y uniformidad mayores para el conjunto de especies registrado en la división más septentrional (AOFA) del área general de estudio (Tabla 20). No obstante lo anterior, la información de las medias e intervalos de confianza, dadas según las reasignaciones estocásticas, sugirió que espacialmente la diversidad (H'_b) entre ambos grupos latitudinales no fue notoriamente diferente, debido a que sus intervalos de confianza presentaron superposición (Fig. 17). Con relación a la uniformidad (J'_b), no se observó superposición entre los intervalos de confianza atribuibles a los dos grupos latitudinales (Fig. 17). Lo anterior supone, de esta forma, la existencia de una baja dominancia de especies en el grupo latitudinal "38°-45°S" (AOFA), lo cual contrasta con lo advertido en el grupo latitudinal "47°-57°S" (AOFI), en donde, a pesar de presentarse una riqueza de especies más alta (23 versus 17 especies en el AOFA; ver Tabla 3), se observó una dominancia reflejada en los altos valores de abundancias que presentaron *D. capense* y *T. melanophrys*, en relación al resto de las especies registradas en esta área (Tabla 5).

Ambos parámetros, diversidad (H') y uniformidad (J'), presentaron un rango de variación no mayor al 25%, respecto al valor reasignado estocásticamente (H'_b y J'_b) (Tabla 20).

Tabla 20. Índices de diversidad de Shannon (H'), uniformidad (J') y sus respectivas reasignaciones estocásticas (H'_b y J'_b) para el conjunto total de aves registradas en cada grupo latitudinal; 38°-45°S (AOFA), 47°-57°S (AOFI).

Índices	Grupo latitudinal	
	AOFA	AOFI
Diversidad, H' (H'_b)	1,70 (1,58)	1,39 (1,39)
Uniformidad, J' (J'_b)	0,60 (0,73)	0,44 (0,59)

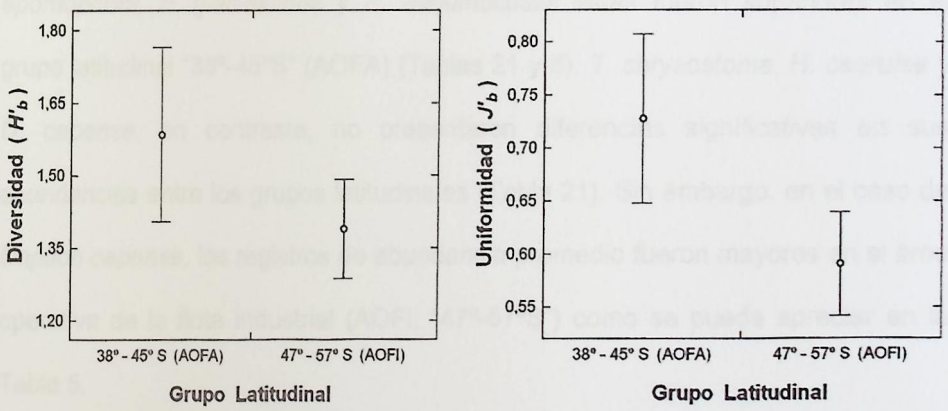


Figura 17. Media e intervalos de confianza (95%) en torno a los valores de diversidad y uniformidad generados mediante reasignación estocástica (H'_b, J'_b) para el conjunto total de especies registradas en cada grupo latitudinal identificado (áreas operativas pesqueras).

4.1.2. Análisis de varianza

Un número de siete especies, pertenecientes al ensamble principal de aves, exhibió variaciones espaciales significativas (entre grupos latitudinales) en sus abundancias (Tabla 21). Si bien el ANDEVA ejecutado para *D. capense*, también arrojó diferencias, esta prueba resultó ser inconsistente ante la heterogeneidad de varianza, en cuyo caso la prueba no paramétrica respectiva, resulta ser más poderosa y adecuada. El resultado de esta prueba, no evidenció diferencias en las abundancias espaciales de *D. capense*. No obstante, el estadístico (*U*) se encontró cerca de la región de rechazo ($P \approx 0,05$) (Tabla 21).

Las abundancias fueron significativamente mayores, en promedio, en el grupo latitudinal "47°-57°S" (AOFI) para las especies *T. melanophrys, D. exulans*, *O. oceanicus* y para las especies del género *Macronectes*, mientras que para *D. epomophora*, *F. glacialoides* y *P. aequinoctialis* estas fueron superiores en el grupo latitudinal "38°-45°S" (AOFA) (Tablas 21 y 5). *T. chrysostoma*, *H. caerulea* y *D. capense*, en contraste, no presentaron diferencias significativas en sus abundancias entre los grupos latitudinales (Tabla 21). Sin embargo, en el caso de *Daption capense*, los registros de abundancia promedio fueron mayores en el área operativa de la flota industrial (AOFI, "47°-57°S") como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 21. Estadísticos de las pruebas de homogeneidad de varianza, ANDEVA de un factor y prueba no paramétrica de rangos (Mann-Whitney), obtenidos en el análisis entre grupos latitudinales (38°-45°S y 47°-57°S) para cada especie del ensamble principal de aves, presentes alrededor de embarcaciones artesanales e industriales.

Código Especies	Prueba de Levene*		ANDEVA*		Prueba de Mann-Whitney**	
	F	*P*-valor	*F*	*P*-valor	*U*	*P*-valor
THCH	24,491	<0,001	3,325	0,069	7261,00	0,608
THM	2,687	0,102	74,615	<0,001	2887,00	<0,001
DIEP	3,605	0,059	137,369	<0,001	2502,00	<0,001
DIEX	11,865	<0,001	10,150	<0,01	5461,00	<0,001
MA_sp	3,281	0,071	32,735	<0,001	4392,50	<0,001
DAC	49,227	<0,001	6,091	<0,05	6528,50	0,098
FUG	262,576	<0,001	73,946	<0,001	4696,00	<0,001
HAC	0,960	0,328	0,330	0,566	7171,00	0,313
OCO	13,131	<0,001	8,955	<0,01	5764,00	<0,01
PRA	3,236	0,073	543,379	<0,001	464,50	<0,001

* Grados de libertad para los *F*: 1, 260.

** Tamaños muestreales para los *U*, n_1=84; n_2=178.

4.2. Técnica multivariada

La ordenación de los censos, correspondientes a los realizados durante todo el periodo de estudio en los dos grupos latitudinales (AOFA y AOFI), representa, según el coeficiente de "stress", una gráfica potencialmente útil para los patrones espaciales observados en las especies del ensamble principal de aves (Figura 18). En esta se observa que los censos (conteos) de ambos grupos latitudinales, se presentan claramente separados en el espacio bidimensional de la ordenación.

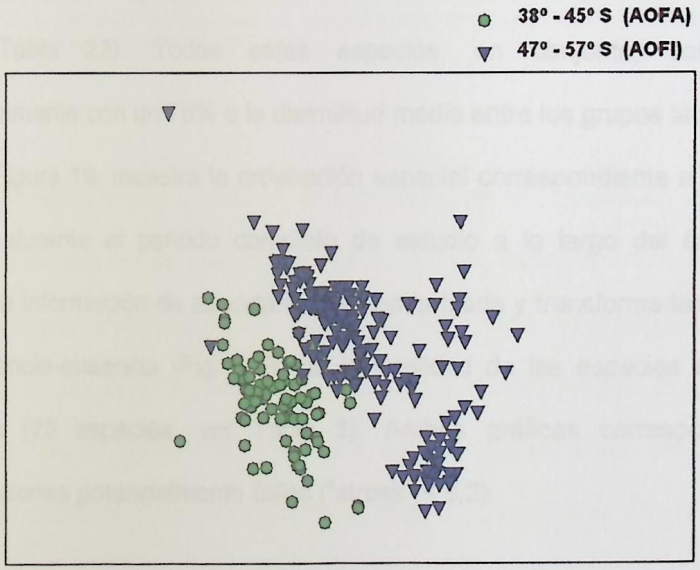


Figura 18. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico del ensamble principal de aves, a través de los censos y según grupo latitudinal. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en las dos áreas operativas de las flotas pesqueras, artesanal e industrial (stress = 0,15).

Según la prueba global del análisis de similitudes, el nivel de significancia de la muestra estadística fue menor al 5% (R=0,326; P<0,001) que rechaza la hipótesis nula, es decir que los grupos latitudinales,"38º-45ºS" y "47º-57ºS", son distintos entre sí con un nivel de confianza del 95%.

El análisis de porcentaje de similitud reveló que las especies del ensamble principal de aves que mejor discriminaron entre grupos latitudinales, en orden de importancia (razón), fueron: *P. aequinoctialis* (PRA) y *D. epomophora* (DIEP), siendo estas más representativas para el AOFA; y los Procellariiformes *Macronectes* spp. (MA_sp), *T. melanophrys* (THM) y *D. capense* (DAC), con mayor presencia en el grupo latitudinal más meridional (AOFI) del área general de estudio (Tabla 22). Todas estas especies, en conjunto, contribuyeron aproximadamente con un 76% a la disimilitud media entre los grupos latitudinales.

La Figura 19, muestra la ordenación espacial correspondiente a los censos realizados durante el periodo completo de estudio a lo largo del área global, utilizando la información de abundancia (estandarizada y transformada) (Fig. 19A) y de presencia-ausencia (Fig. 19B) de la totalidad de las especies avifáunicas registradas (25 especies, ver Tabla 3). Ambas gráficas correspondieron a representaciones potencialmente útiles ("stress" < 0,2).

Tabla 22. Resultados del análisis de porcentajes de similitud para el ensamble principal de aves. Se entrega la contribución de cada especie a la diferencia entre grupos latitudinales durante el periodo global de estudio. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre grupos latitudinales.

38°-45°S (**AOFA**) vs. 47°-57°S (**AOFI**). Disimilitud media = 35,73

Código Especies	AOFA Abundancia media*	AOFI Abundancia media*	Disimilitud media	Razón	%	% acumulado
PRA	18,1	5,7	6,93	2,23	19,40	19,40
DAC	53,3	204,9	6,90	1,26	19,30	38,70
THM	24,6	155,3	4,79	1,28	13,41	52,10
DIEP	9,0	7,9	4,47	1,65	12,50	64,60
MA_sp	17,5	120,8	4,28	1,30	11,97	76,57
OCO	2,3	18,9	3,39	0,97	9,49	86,06
DIEX	4,1	9,3	2,52	1,20	7,05	93,10
FUG	1,3	0,3	1,45	0,95	4,07	97,17
THCH	0,3	0,4	0,68	0,62	1,90	99,07
HAC	0,1	0,5	0,33	0,36	0,93	100,00

* Medias sólo de referencia (abundancias no estandarizadas, ni transformadas); cálculos de disimilitud basados en datos estandarizados y transformados.

La visualización de un patrón de separación de los censos en sus distintos grupos latitudinales no es clara para la Figura 19B, especialmente al comparar este escalamiento multidimensional con aquel observado en la Figura 18, el que se sustenta en las abundancias estandarizadas y transformadas, al igual que el escalamiento de la Figura 19A, pero solo de las diez especies definidas como ensamble principal de aves. No obstante lo anterior, las gráficas de ordenación de las Figuras 18 y 19A, se asemejan mucho más en los patrones de separación de los censos en sus correspondientes grupos latitudinales que lo observado para la Figura 19B.

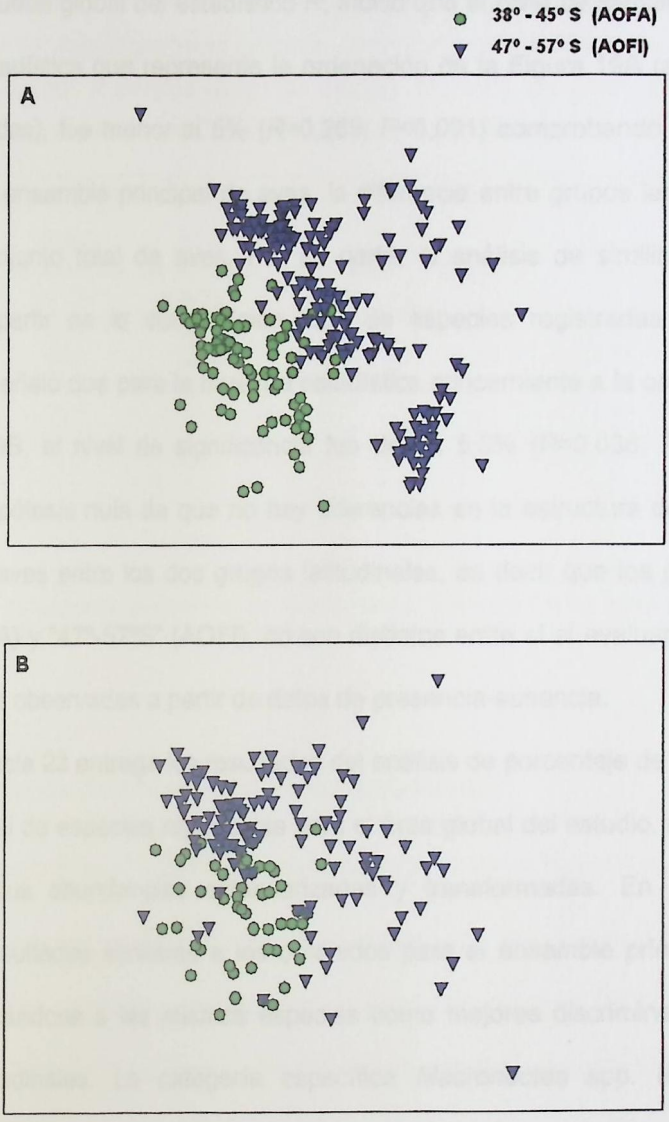


Figura 19. Ordenación del escalamiento multidimensional no-métrico, considerando la abundancia estandarizada (**A**) y la presencia-ausencia (**B**) del conjunto total de aves registradas durante los censos y según grupo latitudinal. Esfuerzo de muestreo correspondiente al realizado en las dos áreas operativas de las flotas pesqueras (stress: A = 0,16; B = 0,18).

La prueba global del estadístico *R*, indicó que el nivel de significancia de la muestra estadística que representa la ordenación de la Figura 19A (abundancias estandarizadas), fue menor al 5% (R=0,269; P<0,001) comprobando así, al igual que para el ensamble principal de aves, la diferencia entre grupos latitudinales al nivel de conjunto total de aves. Por su parte, el análisis de similitudes de los censos, a partir de la composición total de especies registradas (presencia-ausencia), señaló que para la muestra estadística concerniente a la ordenación de la Figura 19B, el nivel de significancia fue de un 5,3% (R=0,036; P>0,05) que acepta la hipótesis nula de que no hay diferencias en la estructura del ensamble general de aves entre los dos grupos latitudinales, es decir que los grupos "38°-45°S" (AOFA) y "47°-57°S" (AOFI), no son distintos entre sí al evaluar el conjunto total de aves observadas a partir de datos de presencia-ausencia.

La Tabla 23 entrega los resultados del análisis de porcentaje de similitud del conjunto total de especies registradas para el área global del estudio, evaluadas a través de sus abundancias estandarizadas y transformadas. En general, se observan resultados similares a los obtenidos para el ensamble principal (Tabla 22), identificándose a las mismas especies como mejores discriminadoras entre grupos latitudinales. La categoría específica *Macronectes* spp. (MA_sp), es reemplazada por las dos especies genéricas que representa (MAG y MAH), siendo *M. giganteus* (MAG) la especie de petrel gigante que aporta mayormente a la disimilitud entre los grupos latitudinales. Las diez especies listadas en la Tabla 23, en conjunto, explican más del 90% de la disimilitud media entre los grupos latitudinales establecidos por el análisis exploratorio.

Tabla 23. Análisis de porcentajes de similitud, identificando aquellas especies del conjunto total de aves registradas que más contribuyeron a la diferencia entre grupos latitudinales durante el periodo global de estudio. Especies en orden decreciente de contribución a la disimilitud media (Bray-Curtis) entre grupos latitudinales.

38°-45°S (**AOFA**) vs. 47°-57°S (**AOFI**). Disimilitud media = 43,72

Código Especies	AOFA Abundancia media*	AOFI Abundancia media*	Disimilitud media	Razón	%	% acumulado
PRA	18,1	5,7	7,45	2,16	17,05	17,05
DAC	53,3	204,9	7,30	1,28	16,70	33,74
MAG	7,1	39,8	5,32	1,19	12,16	45,91
THM	24,6	155,3	5,21	1,23	11,91	57,82
DIEP	9,0	7,9	4,86	1,59	11,12	68,94
OCO	2,3	18,9	3,53	0,97	8,06	77,00
DIEX	4,1	9,3	2,72	1,17	6,23	83,23
MAH	1,3	4,8	1,94	0,88	4,44	87,67
FUG	1,3	0,3	1,54	0,94	3,53	91,20
THCH	0,3	0,4	0,73	0,61	1,66	92,86

* Medias sólo de referencia (abundancias no estandarizadas, ni transformadas); cálculos de disimilitud basados en datos estandarizados y transformados.

5. Información de distribución de avifauna observada

5.1. Especies con problemas de conservación y nuevos registros

De las especies de aves marinas observadas en el presente estudio y señaladas como residentes para la zona comprendida entre los 38°55'S y 57°14'S (Tabla 3), las especies de albatros de ceja negra, albatros de cabeza gris y petrel gigante antártico, son consideradas dentro de las categorías de especies con problemas de conservación, según la IUCN (2004). Durante el desarrollo del proyecto de investigación, se advirtieron y registraron interacciones negativas de estas aves con la pesquería de palangre de bacalao de profundidad, principalmente asociado a barcos factoría de la flota industrial, donde se registró

mortalidad incidental de individuos pertenecientes a las especies de albatros señaladas anteriormente, entre otras aves marinas (Moreno *et al.* 2003, 2006).

T. melanophrys y *M. giganteus* se presentaron frecuentemente durante los diferentes periodos estacionales y con abundancias importantes alrededor de las embarcaciones pesqueras, especialmente de la flota industrial (Figuras 20A y 21A; Tabla 5). *T. chrysostoma*, por su parte, si bien no presentó un número considerablemente alto de individuos durante las faenas de virado, su presencia se registró en todos los meses y fue similar para las dos áreas de actividad pesquera. De interés particular fue el área de operación pesquera industrial para esta especie puesto que, al igual como ocurre con *T. melanophrys*, aquí se encuentran las principales colonias reproductivas conocidas para Chile (Fig. 20).

De las especies de petrel gigante, *M. halli* exhibió rangos de abundancia comparativamente menores que los de *M. giganteus*, siendo esto especialmente notorio durante los censos de primavera y verano (Fig. 21). El petrel gigante subantártico *M. halli*, no obstante, registró presencia durante todos los periodos estacionales considerados en las dos áreas operativas de las flotas pesqueras evaluadas. Ninguna de las especies del género *Macronectes* registró mortalidad incidental (ver Moreno *et al.* 2003, 2006), aunque sí se observaron interacciones negativas de tipo no letal.

P. aequinoctialis fue registrada en toda el área de estudio y durante todos los meses exceptuando abril, presentando mayores abundancias durante el invierno en las latitudes más septentrionales, y en primavera al sur de los 47°S, correspondiente al área operativa de la flota industrial (Fig. 22A).

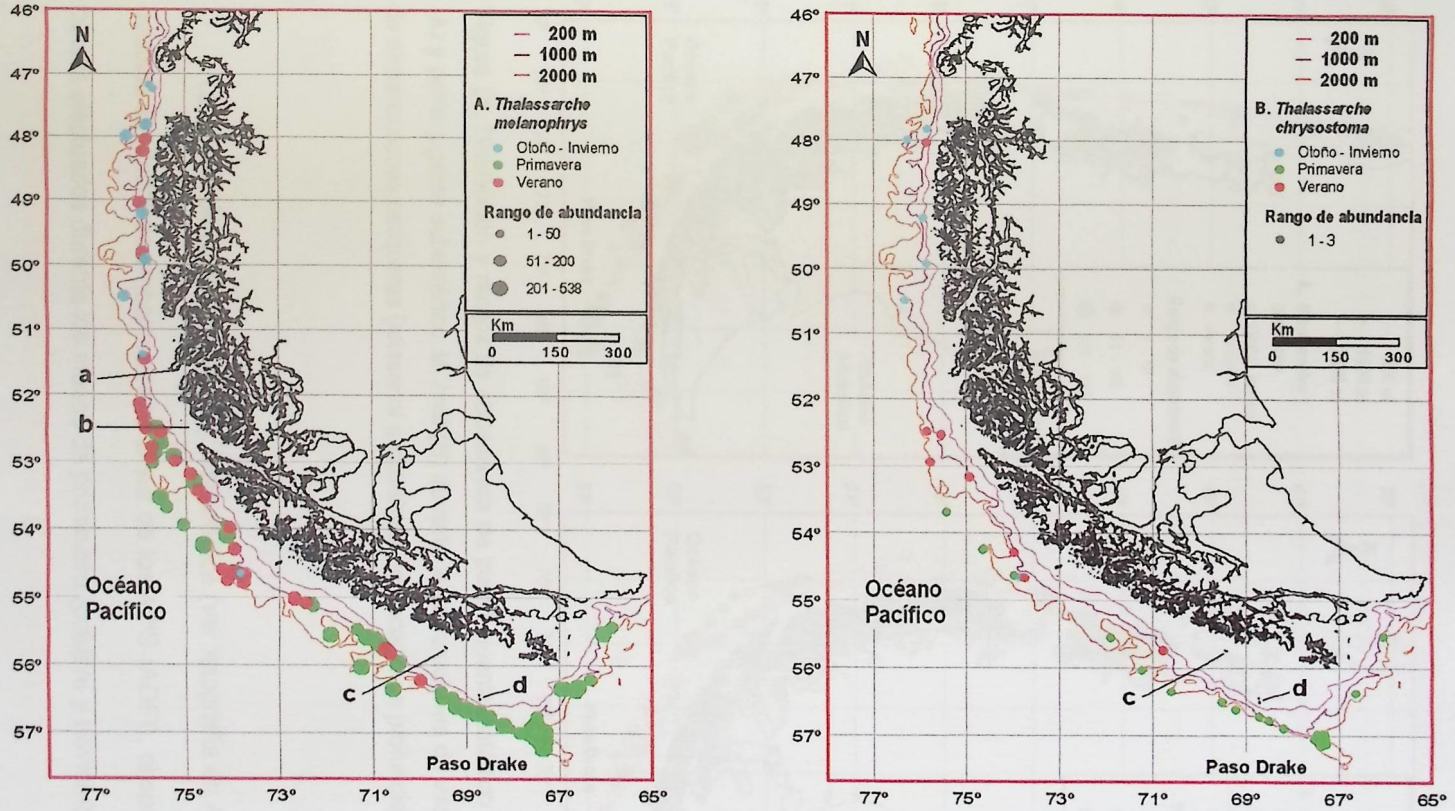


Figura 20. Distribución y rangos de abundancia de albatros de ceja negra *T. melanophrys* (**A**) y de cabeza gris *T. chrysostoma* (**B**) durante las operaciones de virado alrededor de embarcaciones pesqueras (industrial) de bacalao de profundidad. Las colonias reproductivas en Chile: **a-** Isla Diego de Almagro, **b-** Islotes Evangelistas, **c-** Islas Ildefonso, y **d-** Islas Diego Ramírez.

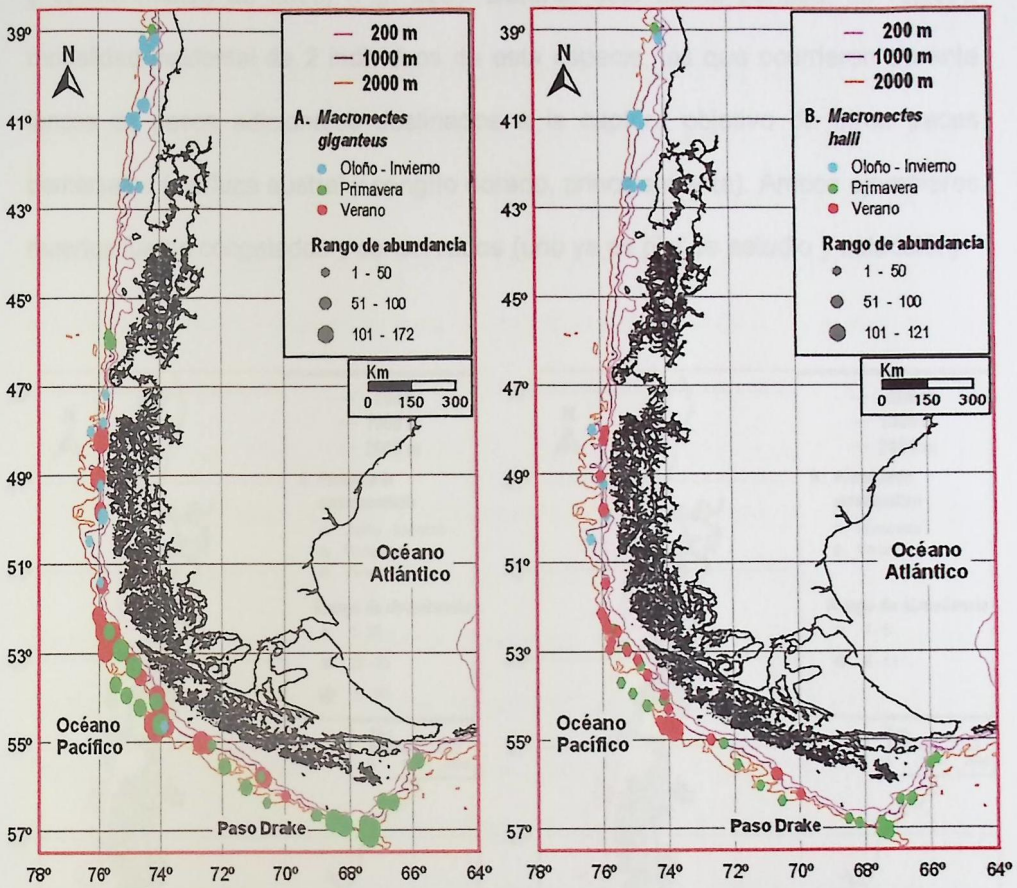


Figura 21. Distribución y rangos de abundancia de petrel gigante antártico *M. giganteus* (**A**) y petrel gigante subantártico *M. halli* (**B**) durante las operaciones de virado alrededor de embarcaciones pesqueras (artesanal e industrial) de bacalao de profundidad.

La fardela de Nueva Zelanda *P. westlandica* (ver fotografía en Anexo 3) fue avistada alrededor de embarcaciones al sur de los 47°S (AOFI), observándose en censos efectuados durante los meses de primavera (octubre y noviembre de 2002)

y verano (marzo de 2003) (Fig. 22B). Durante este último periodo, se registró mortalidad incidental de 2 individuos de esta especie, las que ocurrieron durante lances de pesca adicionales destinados a la captura objetivo de otros peces demersales (merluza austral y congrio dorado, principalmente). Ambos ejemplares muertos fueron congelados y conservados (uno ya es piel de estudio y colección).

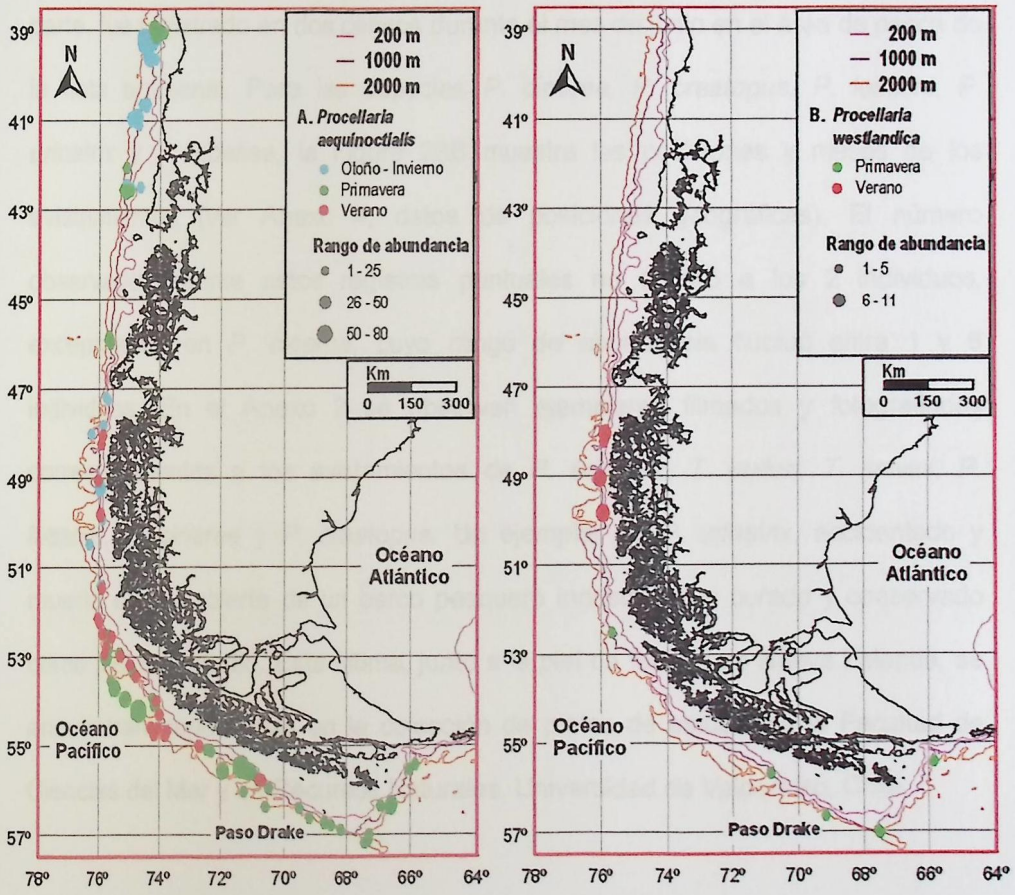


Figura 22. Distribución y rangos de abundancia de fardela negra grande *P. aequinoctialis* (**A**) y fardela de Nueva Zelanda *P. westlandica* (**B**) durante las operaciones de virado alrededor de embarcaciones pesqueras (artesanal e industrial) de bacalao de profundidad.

5.2. Especies con escasa información para el área (nuevos registros)

La Figura 23A, muestra las posiciones de registro de ejemplares de los albatros *T. salvini* y *T. bulleri*. El primero, *T. salvini*, se presentó durante el periodo otoño-invierno (junio y julio de 2002) tanto en el área operativa de lanchas artesanales como de barcos de pesca industrial, mientras que en verano (marzo de 2003) se observó sólo en el área operativa industrial (AOFI). *T. bulleri*, por su parte, fue registrado en dos censos durante el mes de junio en el área de pesca de la flota artesanal. Para las especies *P. cinerea*, *P. creatopus*, *P. lessoni*, *P. urinatrix* y *P. adeliae*, la Figura 23B muestra las posiciones y meses de los avistamientos (ver Anexo 4, datos de posiciones geográficas). El número observado durante estos registros puntuales no superó a los 2 individuos, exceptuando en *P. cinerea*, cuyo rango de abundancia fluctuó entre 1 y 6 individuos. En el Anexo 2 se observan ejemplares filmados y fotografiados correspondientes a los avistamientos de *P. urinatrix*, *T. bulleri*, *T. salvini*, *P. lessoni*, *P. cinerea* y *P. creatopus*. Un ejemplar de *P. urinatrix*, accidentado y muerto en la cubierta de un barco pesquero industrial, fue curado y conservado como piel de estudio. Esta última, junto a la piel de fardela de Nueva Zelanda, se encuentran depositadas en la colección de pieles de estudio de la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, Chile.

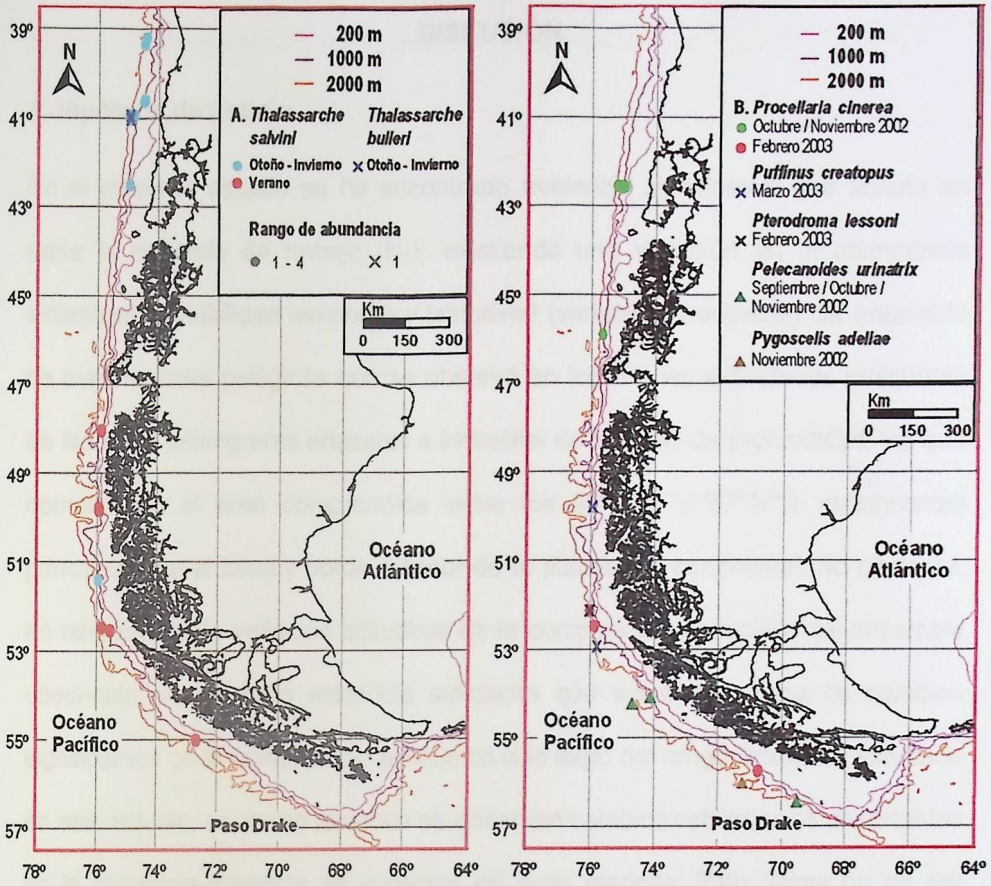


Figura 23. Nuevos registros de ejemplares de: **A-** albatros de Salvin (*T. salvini*) y albatros de Buller (*T. bulleri*); **B-** fardela gris (*P. cinerea*), fardela blanca (*P. creatopus*), fardela de frente blanca (*P. lessoni*), yunco de los canales (*P. urinatrix*) y pingüino de Adelia (*P. adeliae*).

DISCUSIÓN

1. Hipótesis de trabajo

En el presente estudio se ha encontrado evidencia significativa que acepta en parte la hipótesis de trabajo (H_1), existiendo una variación en la abundancia estacional (variabilidad temporal) y latitudinal (variabilidad espacial) del ensamble de aves marinas pelágicas que se observó en torno a las actividades pesqueras de las flotas palangreras artesanal e industrial de bacalao de profundidad, las que operaron en el área comprendida entre los 38°55'S y 57°14'S, circunscritas principalmente al talud y borde exterior de la plataforma continental. No obstante, en relación con la variación latitudinal de la composición específica del ensamble observado, no se halló evidencia suficiente que sustente la idea de cambios significativos en la composición avifáunica a lo largo del rango latitudinal abarcado en este estudio, así como tampoco se observan cambios estacionales importantes en la presencia-ausencia de especies de aves marinas. Esto último ha de ser contrastado con datos representativos de todas las épocas estacionales (condición no satisfecha en el AOFA, ausencia de datos en verano), especialmente entre los 42°S y 57°S (zona ornitogeográfica subantártica, Schlatter & Simeone 1999).

2. Composición y abundancia, observaciones generales

Observaciones de aves marinas obtenidas desde naves pesqueras, han sido utilizadas como indicadoras de presencia y abundancia relativa de aves pelágicas (Abrams 1983, Olmos 1997). Esta información, aunque no directamente comparable con datos cuantitativos obtenidos de metodologías estandarizadas (e.g. transectos de franja), puede proporcionar conocimiento sobre la composición taxonómica, estacionalidad y, con algún grado de restricción, de la abundancia relativa de comunidades locales de especies pelágicas (Olmos 1997). La composición (especies presentes) y abundancia relativa son algunos de los parámetros que definen una comunidad o un ensamble (Putman 1994). Al respecto, diversos estudios orientados a la interacción entre aves marinas y pesquerías pelágicas, en especial con aquellas de bacalao de profundidad que se desarrollan en zonas económicas exclusivas de islas subantárticas, han podido comprobar que dentro de los ensambles de aves observados durante las actividades pesqueras, los Procellariiformes (albatros y petreles) constituyen el orden dominante en términos de riqueza y abundancia relativa (Ashford *et al.* 1994, 1995, Cherel *et al.* 1996, Weimerskirch *et al.* 2000, Wienecke & Robertson 2002). Esta situación coincide con la documentada en este trabajo, en el que dicho grupo taxonómico aportó con el 80% de las especies presentes y cerca del 99,8% de la abundancia avifáunica registrada durante todo el período y área estudiada. La presencia y, en algunos casos, predominio de albatros y petreles, también es advertida en otras pesquerías pelágicas, tanto de flotas palangreras (long-line)

como de arrastre y que operan en regiones más septentrionales del hemisferio sur (Abrams 1983, Ryan & Moloney 1988, Brothers 1991, Olmos 1997).

Si bien sólo 11 de las especies observadas presentan colonias reproductivas en el extremo sur del país (dentro del rango latitudinal abarcado por este estudio), la mayoría de las especies del ensamble general (25 especies registradas) observado alrededor de las embarcaciones pesqueras, exceptuando *Puffinus creatopus* y *Pelecanus thagus*, son consideradas residentes o visitantes regulares antárticas y/o subantárticas, ubicándose sus lugares de reproducción al sur de los 40°S, principalmente en el continente antártico e islas oceánicas subantárticas (Harrison 1985, Woehler & Croxall 1997, Woehler *et al.* 2001, Couve & Vidal 2003).

De las 25 especies identificadas, 10 exhibieron una constancia (presencia conjunta) espacio-temporal a lo largo de toda o gran parte del área abarcada durante el periodo anual de estudio (análisis de grupos recurrentes), constituyendo un grupo multiespecífico persistente en donde las especies están asociadas, en mayor o menor medida, a las actividades pesqueras de ambas flotas. A excepción de *Oceanites oceanicus* que utiliza el "pataleo" (pattering) como método de captura, las especies de este grupo multiespecífico (ensamble principal) obtienen el alimento principalmente agarrando sus presas en la superficie o alimentándose de restos y desechos (carroñeros) (Ashmole 1971, Griffiths *et al.* 1982, Abrams 1983). Varios trabajos que consideran la distribución de aves pelágicas, especialmente a grandes escalas espaciales, han identificado grupos comunes de aves marinas que co-ocurren en espacio y tiempo, relacionándolos generalmente

con características del medioambiente marino o sólo con el objetivo de determinar asociación entre especies (Ribic & Ainley 1989, Veit & Hunt 1991, Ainley *et al.* 1994, Veit 1995, Ribic & Ainley 1997, Ribic *et al.* 1997, Smith & Hyrenbach 2003). La consideración de grupos multiespecíficos conduciría más acertadamente a conclusiones sobre la persistencia de ensambles de aves marinas (Ribic & Ainley 1989) y específicamente, en este estudio, de aquellas especies más conspicuas (ensamble principal) que se registraron en torno a las actividades extractivas de ambas flotas, logrando examinar su variabilidad estacional y latitudinal detalladamente.

Las especies más abundantes y frecuentes durante las faenas pesqueras monitoreadas en ambas flotas, el petrel moteado (*Daption capense*), el albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophrys*) y los petreles gigante antártico (*Macronectes giganteus*) y subantártico (*Macronectes halli*), se cuentan entre las especies más comunes que circundan o "acompañan" a las flotas comerciales que operan en aguas del sector subantártico (área CCAMLR) (Ashford *et al.* 1994, 1995, Cherel *et al.* 1996, Weimerskirch *et al.* 2000, Wienecke & Robertson 2002). Estas especies "seguidoras de barcos" son atraídas por los desechos y descartes pesqueros, los que utilizan como fuente de alimento (Cherel *et al.* 1996, Weimerskirch *et al.* 2000). La eliminación de los desechos y fauna acompañante se hizo efectiva durante las faenas de virado, ocasión en la que la concentración de aves fue mayor y en la cual se realizaron los censos de aves que posteriormente fueron utilizados en los análisis. La fardela negra grande (*Procellaria aequinoctialis*) y los albatros errante y real (*Diomedea exulans* y *D.*

epomophora), se encontraron también entre las especies "seguidoras de barcos" más frecuentes y abundantes durante el estudio, aunque en menor magnitud que las anteriores.

A pesar que la cantidad de observaciones fue mayor en el AOFI, en general, la abundancia media de aquellas especies comunes a las zonas de actividad pesquera artesanal e industrial, evidenció una mayor concentración aviáunica alrededor de las embarcaciones industriales. Esto pudiese ser el resultado del grado diferencial de atracción que ejercen para las aves los distintos tipos de embarcación. Wahl & Heinemann (1979) señalan que los pesqueros comerciales (industriales) son mucho más grandes y visibles (e.g. long-line, arrastreros) que las embarcaciones artesanales; las primeras descartan mucho más y operan en zonas de pesca por periodos de tiempo más prolongados y continuos, generalmente en flotas, mientras que las segundas retornan a puerto con mayor frecuencia, no procesan sus capturas en alta mar ni descartan grandes cantidades y, a menudo, operan solas. Estas diferencias, especialmente el mayor volumen y persistencia de desechos de producción y fauna acompañante que originaron los barcos industriales, explicaría la mayor abundancia de aves observada en esta flota. La baja abundancia de aves en torno a actividades extractivas de botes y lanchas artesanales, ya ha sido advertida en pesquerías de palangre artesanal de merluza austral y bacalao de profundidad en el sur de Chile (Moreno *et al.* 2006).

3. Variabilidad temporal (estacional)

La búsqueda de patrones en la estructura y composición de la comunidad representa un objetivo fundamental para los estudios ecológicos comunitarios (Begon *et al.* 1999). La interacción de todos los individuos y poblaciones de distintas especies (incluidos ensambles y asociaciones) se manifiesta a través de fenómenos "inherentes" y "emergentes". A los últimos corresponden, por ejemplo, las tramas tróficas, mientras que dentro de los primeros se hallan los patrones de distribución espacial y temporal (Jaksic 2001). Con relación a esto último, los resultados obtenidos indican que una cantidad importante de especies de aves marinas estuvo asociada a las actividades pesqueras de bacalao de profundidad en el extremo sur del país, siendo 11 las especies vistas durante todo el periodo anual de estudio y registrándose en algunos casos una marcada estacionalidad. En general, a través de la comparación de los análisis descriptivos, ANDEVA y análisis multivariado (escalamiento multidimensional, ANOSIM), se identificaron tres patrones temporales entre las especies que conformaron el ensamble principal de aves. En el primero de éstos, los petreles *Fulmarus glacialoides* y *P. aequinoctialis*, presentaron los mismos patrones estacionales en sus abundancias para ambas divisiones espaciales (AOFA y AOFI) con un máximo en otoño-invierno y un mínimo en verano. Otro patrón temporal fue observado en las especies de petrel gigante, *Macronectes* spp. (*M. giganteus* y *M. halli*), el que también se reiteró en las dos áreas operativas pesqueras paralelamente. Este segundo patrón fue inverso al identificado anteriormente, con un mínimo en las

abundancias durante otoño-invierno y un máximo en verano. Dentro de este mismo esquema, *D. epomophora* y *D. exulans* (igual patrón temporal para ambas divisiones espaciales) también evidenciaron abundancias promedio menores en otoño-invierno y un aumento paulatino durante primavera y verano al igual que las especies del género *Macronectes*, aunque no siempre con cambios significativos de abundancia, pero sí contribuyendo a la disimilitud entre estos periodos estacionales (análisis de porcentajes de similitud). Un tercer esquema temporal está representado por aquellas especies que presentaron patrones de abundancia estacional opuestos simultáneamente en el AOFA y AOFI. Dentro de este patrón se encuentran las especies *T. melanophrys*, *D. capense* y *O. oceanicus*. Estos tres Procellariiformes fueron en promedio más abundantes en otoño-invierno alrededor de las embarcaciones artesanales (AOFA), mientras que para el mismo periodo en el AOFI exhibieron números proporcionales y comparativamente menores a otras épocas estacionales dentro de la misma área. La abundancia de estas tres especies disminuyó en el AOFA durante primavera ocurriendo lo contrario en el AOFI, donde *T. melanophrys* y *D. capense* mostraron un máximo importante de abundancia durante primavera, aconteciendo lo mismo para *O. oceanicus* durante el verano. El petrel *Halobaena caerulea* y el albatros *T. chrysostoma* no presentaron fluctuaciones significativas en sus abundancias estacionales ni tampoco aportaron mayormente a la disimilitud entre los diferentes periodos, correspondiendo más bien a especies sin una marcada estacionalidad, al menos en presencia de actividades pesqueras.

Uno de los factores que subyace ciertamente a los patrones temporales identificados, son los movimientos de dispersión y migración durante las épocas reproductiva y no reproductiva. Estudios realizados en ensambles de aves marinas del continente antártico, concuerdan en que la diferencia entre la composición especifica de los ensambles es el resultado de la distribución reproductiva a escala regional que presentan las especies y, por ende, la localización de sus colonias de nidificación (Veit & Hunt 1991, Ainley *et al.* 1993, Whoehler *et al.* 2003). El petrel *F. glacialoides* se reproduce en islas subantárticas del Atlántico sur y en varios puntos de la península y continente antártico, registrándose el regreso de los adultos a las colonias durante octubre (Harrison 1985), abandonando la mayoría de los individuos la zona de estudio durante la época estival. De la misma forma, la fardela *P. aequinoctialis*, retorna a sus colonias de nidificación entre octubre y noviembre, ubicadas principalmente en las islas subantárticas del Atlántico, Indico e Indo-Pacífico (Harrison 1985). Fuera de la época de reproducción, esta especie tiene entre sus destinos de invierno a Sudamérica (Cherel *et al.* 1996). Los individuos observados durante el verano corresponden probablemente a individuos no reproductivos, los que pueden ser observados hasta en latitudes bajas del Pacífico sudoriental (Harrison 1985, Robertson *et al.* 2003, Weichler *et al.* 2004). El petrel *D. capense* es otra de las especies que se trasladó masivamente hacia sus lugares de nidificación, localizados en zonas subantárticas y antárticas, siendo notoria la abrupta disminución de su abundancia durante el verano en las áreas oceánicas del sur de Chile, entre los 47°S y 57°S. En el caso de *F. glacialoides* y *D. capense*,

frecuencias y abundancias mayores durante los meses de otoño e invierno en el extremo sur del país ya han sido advertidas por algunos autores, como también su ausencia o baja ocurrencia en verano (Jehl 1973, Brown *et al.* 1975, Clark *et al.* 1992), lo que además a sido observado en el Atlántico sur, tanto en la costa Argentina como en áreas más oceánicas (Cooke & Mills 1972, Linkowski & Rembiszewski 1978, Jehl *et al.* 1979). Investigaciones llevadas a cabo en el sur del Paso Drake y estrecho de Bransfield, en el mar de Scotia y mar de Weddell, y en el mar de Bellingshausen, todas áreas adyacentes a la península antártica, han registrado aumentos estivales de estas dos especies de petreles, llegando a ser en algunos casos numéricamente dominantes durante el verano austral (Hunt *et al.* 1990, Ainley *et al.* 1994, Ainley *et al.* 1998), confirmando así el desplazamiento masivo que realizan estas especies hacia latitudes altas durante el verano austral. Por otra parte, las especies de albatros *T. melanophrys*, petrel gigante *Macronectes* spp. y golondrina de mar *O. oceanicus*, muestran una marcada estacionalidad en sus abundancias, especialmente en el AOFI (47°-57°S) área en la que se localizan colonias reproductivas de estas especies (Schlatter 1984, Araya & Millie 2000, Couve & Vidal 2003). *T. melanophrys*, *M. giganteus* (*M. halli* no reside en el área) y *O. oceanicus* retornan a sus colonias en septiembre, octubre y diciembre, respectivamente (Harrison 1985, Tickell 2000), lo que coincide con los máximos de abundancia registrados en este trabajo en primavera (albatros de ceja negra) y verano (petrel gigante antártico y golondrina de mar). Para los grandes albatros avistados, *D. epomophora* y *D. exulans*, estudios basados en telemetría satelital han identificado a la corriente de Humboldt, y

especialmente la zona comprendida entre los 40°-50°S (área abarcada por el presente estudio), como un destino "invernal" y área de uso intensivo por parte de individuos no reproductivos de estos albatros, especialmente de las subespecies neozelandesas *D. exulans antipodensis* y *D. epomophora sanfordi* (Nicholls *et al.* 2000, 2002, BirdLife International 2004). Estos ejemplares no reproductivos corresponderían a individuos inmaduros, adultos que finalizaron exitosamente su temporada reproductiva anterior y adultos que fracasaron o abortaron tempranamente el evento reproductivo subsiguiente. Además, ejemplares de machos reproductivos de *D. exulans* en periodos de crianza, pertenecientes a la colonia de Georgias del Sur (Atlántico sur), habrían también sido observados durante este estudio ya que presentan rangos de alimentación que incluyen zonas al sur del Cabo de Hornos, en el Paso Drake (Prince *et al.* 1992, 1997, Tickell 2000). La mayor abundancia de *D. epomophora* registrada en el AOFI durante el periodo de verano, podría responder al movimiento de dispersión post-reproducción (o posterior a fallar la incubación) que realizan los ejemplares adultos, los cuales finalizan su temporada reproductiva entre octubre y diciembre, según Tickell 2000, o diciembre y enero, según Harrison 1985, dejando sus colonias en la región neozelandesa para desplazarse a través del Pacífico en dirección Este y llegar en pocos días (durante el verano) a las aguas chilenas (Pacífico sudoriental), o continuar a través del Paso Drake hasta la plataforma continental argentina (Atlántico sudoccidental). Ambas regiones están entre los destinos sudamericanos de "invierno" en la migración circumpolar de esta especie (Robertson & Nicholls 2000, Nicholls *et al.* 2002). Sin embargo, para *D. exulans* la

no estacionalidad en sus abundancias durante este estudio, especialmente en el AOFI, podría deberse a la existencia de otros destinos de importancia post-reproducción para los adultos de varias poblaciones y/o subespecies de albatros errante (incluida *D. exulans antipodensis*) como lo es la costa Este de New South Wales, Australia (Weimerskirch *et al.* 1985, Tickell 2000), mientras que la presencia en el área operativa industrial de machos provenientes de Georgias del Sur durante su ciclo reproductivo, correspondería más bien a incursiones restringidas en tiempo (Prince *et al.* 1992). Por otro lado en el AOFA (38º-47ºS), si bien se encontró evidencia de una abundancia en promedio mayor durante primavera para *D. exulans*, ésta no fue significativamente alta en comparación a la de otoño-invierno (P>0,01) por lo que es necesaria mayor evidencia, especialmente para contrastar con meses de verano, época en la que no se realizaron conteos (censos) en el área operativa artesanal.

La baja ocurrencia y abundancia en ambas áreas operativas pesqueras del petrel *H. caerulea* y el albatros *T. chrysostoma*, especialmente en el AOFI, área en la que se encuentran importantes colonias de nidificación de las dos especies (e.g. archipiélago de Diego Ramírez) (Schlatter & Riveros 1997), respondería, en el caso de *T. chrysostoma*, a que este albatros se alimenta preferentemente de calamares en aguas oceánicas asociadas con el Frente Polar Antártico, fuera del perímetro operativo de las embarcaciones que pescan bacalao de profundidad, circunscritas principalmente al talud continental de las regiones australes de Chile (Arata & Moreno 2002, Arata *et al.* 2004). Por otro lado, ejemplares residentes del petrel azulado podrían probablemente presentar rangos de distribución más

costeros, alimentándose en asociación a los frentes neríticos existentes en el extremo sur, como lo sugiere Acha *et al.* (2004). Asimismo, la posibilidad de que este petrel se desplace masivamente durante el invierno austral a otras áreas, ya sea hacia el norte por la corriente de Humboldt y la costa Argentina (Harrison 1985, Venegas 1994, Couve & Vidal 2003), o hacia latitudes altas durante los meses de febrero y marzo, época en la que finaliza su ciclo reproductivo y deja sus colonias (Harrison 1985), podría también explicar la ausencia de esta especie de los censos llevados a cabo durante los periodos de otoño-invierno y verano, respectivamente, alrededor de los barcos pesqueros industriales (AOFI). *H. caerulea* ha sido registrada entre las aves numéricamente dominantes en el mar de Amundsen, continente Antártico, durante febrero y marzo (Ainley *et al.* 1998) y como una de las especies residentes comunes a lo largo de todo el año en el mar de Scotia y mar de Weddell (Ainley *et al.* 1994). La baja frecuencia de ocurrencia de este petrel en aguas del Pacífico frente a la XII región, tanto en invierno como en verano, ya ha sido advertida por algunos investigadores (Jehl 1973, Brown *et al.* 1975). Brown *et al.* (1975), indicó además que esta especie durante los meses de verano fue más regularmente observada entre el Cabo de Hornos y la Convergencia Antártica, lo que también podría explicar el no registro durante esta época en el AOFI, ya que la mayoría de los lances industriales y, por consiguiente, los censos realizados durante el periodo de verano, se concentraron en su mayoría al norte de los 55ºS. En contraste al petrel azulado, los petreles paloma *Pachyptila* spp., fueron vistos en el AOFI durante los tres periodos estacionales considerados y, principalmente, en el verano en donde exhibieron una alta

frecuencia de ocurrencia y un máximo de abundancia específico, lo que podría hipotéticamente corresponder a algún indicio de segregación espacial de áreas de forrajeo (nichos tróficos) entre estas especies durante alguna etapa de la crianza (guarda, post-guarda). Ambos petreles son morfológicamente muy similares y con rangos de distribución que se sobreponen (residen en el área, AOFI) haciendo dificultosa su individualización en el mar e inferir acerca de su ecología pelágica. Sin embargo, son perfectamente distinguibles dada la experiencia comparativa del observador y las condiciones de visibilidad (Harrison 1985). La segregación de nichos tróficos ya ha sido sugerida y contrastada para las especies de albatros residentes en el área, *T. melanophrys y T. chrysostoma* (archipiélago de Diego Ramírez) (Arata *et al.* 2004).

En general, las estimaciones de diversidad y uniformidad y sus reasignaciones estocásticas obtenidas en este trabajo para los distintos periodos estacionales, no mostraron diferencias gráficas, tanto en el AOFA como en el AOFI, salvo para el periodo de primavera en esta última área, en donde la diversidad y uniformidad fueron menores. Lo anterior también se ve reflejado en la comparación gráfica de los índices cuando se considera el área global de estudio, donde se advierte la influencia de lo registrado en el AOFI durante el periodo primaveral. Si bien la mayor riqueza de especies se registró en primavera en el AOFI, la menor diversidad y uniformidad se explica por la dominancia numérica que evidenciaron en esta época tres categorías específicas, el petrel *D. capense*, el albatros *T. melanophrys* y los petreles gigantes *Macronectes* spp., lo que coincide con el masivo regreso estival que realizan estas especies desde latitudes

menores hacia sus lugares de reproducción en zonas principalmente antárticas (*D. capense*, *M. giganteus*) y subantárticas (*T. melanophrys*, *M. halli*). No obstante, es importante mencionar que la mayor atracción que generan las embarcaciones pesqueras industriales sobre estas aves y la presencia de importantes colonias reproductivas en la XII región, en el caso de *T. melanophrys*, son factores que se adicionan al natural incremento que experimentan estas especies sobre el resto de aves marinas observadas. Por lo tanto, los índices ecológicos utilizados deben considerarse bajo los antecedentes expuestos y como una herramienta de comparación y complemento al resto de los análisis aplicados.

4. Variabilidad espacial (latitudinal)

Los resultados obtenidos señalan que del total de especies registradas, 15 presentaron un amplio rango de distribución latitudinal en él área de estudio, al ser observadas en las áreas de operación pesquera de ambas flotas (AOFA y AOFI). En contraste a lo anterior, la presencia de algunas especies exclusivamente en una de las áreas de pesca, evidencia la segregación espacial del rango operativo latitudinal que presentan las flotas pesqueras artesanal e industrial. Entre estas cabe destacar a *Thalassarche bulleri* y *Pelecanus thagus* en el AOFA, especies asociadas a la Corriente de Humboldt y que en su status de visitante regular y residente, respectivamente, habrían sido observadas en el límite meridional (cercano a los 42°S) de sus distribuciones comúnmente conocidas para el Pacífico sudoriental (Schlatter & Simeone 1999, Araya & Millie 2000, Tickell 2000, Spear *et*

al. 2003). Entre las especies observadas únicamente en el AOFI, *Pterodroma lessoni* y *Pygoscelis adeliae*, registradas ocasionalmente para la XII región (Humprey *et al.* 1970, Aguayo *et al.* 1998, Marín 2004), o especies como *Pelecanoides urinatrix*, residente austral que nidifica en el archipiélago de Diego Ramírez (Araya & Millie 2000, Couve & Vidal 2003), dan cuenta también de la segregación espacial operativa de la flota industrial. No obstante, la división del área global de estudio en dos áreas operativas pesqueras, primeramente como un criterio metodológico adoptado por la diferencia de las plataformas de observación (tipos de embarcación) (Van der Meer & Camphuysen 1996, Tasker *et al.* 1984) y ratificado parcialmente a través del análisis exploratorio espacial de las abundancias específicas, los resultados del ANDEVA (abundancia de siete especies del "ensamble principal" mostraron diferencias significativas) y la prueba global del análisis de similitudes, no vuelve a ser revalidada por los análisis exploratorio y multivariado de la variable espacial basado sólo en la composición específica del ensamble general de aves (presencia-ausencia). En general, es importante considerar que, a pesar de la estandarización y transformación realizada a los datos de abundancia, el grado de atracción de las aves hacia las embarcaciones pesqueras, en cuanto a la magnitud de individuos, efectivamente fue diferente dependiendo del tipo de embarcación y de las actividades pesqueras inherentes a estas mismas y, por lo tanto, no es necesariamente un reflejo de la variabilidad espacial asociada a la distribución natural de las especies sino un efecto del tipo de embarcación (artesanal o industrial). Esto es particularmente notorio en aquellas especies "seguidoras de barcos" como las dos especies del

género *Macronectes*, *T. melanophrys*, *D. capense* y *D. exulans*, las que en mayor número se concentraron en el AOFI. Además, la variabilidad temporal (estacional) en la abundancia de varias especies presentes a lo largo del área global de estudio, especialmente de aquellas que presentaron tendencias inversas en ambos grupos latitudinales durante una misma época, probablemente también estarían reflejando las diferencias entre estas áreas; es el caso de *T. melanophrys*, *D. capense* y *O. oceanicus*. Por lo tanto, la influencia del tipo de embarcación como el desplazamiento estacional masivo hacia lugares de reproducción, subyacería a los resultados del ANDEVA y análisis de porcentajes de similitud en la evaluación de la variabilidad espacial latitudinal de las especies. Lo anterior es confirmado por el índice ecológico de uniformidad, el cual refleja la mayor dominancia que existe por parte de algunas de éstas en el AOFI.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante notar que algunas especies evidenciaron igual tendencia en sus abundancias en ambas divisiones espaciales para una misma época del año (*F. glacialoides, P. aequinoctialis* y *Macronectes* spp.), lo que unido a la semejanza del ensamble general de aves (composición específica) existente entre los dos grupos latitudinales, indicaría que la avifauna pelágica que se congrega en torno a las embarcaciones pesqueras artesanales e industriales de bacalao de profundidad es parte importante de la riqueza de especies presentes durante todo o gran parte del año en el Pacífico sudoriental, frente al litoral austral de Chile, entre los 38°-57°S. Schlatter (1984) y Schlatter & Simeone (1999) ya han reparado en el origen y distribución subantártica de muchas de las especies presentes en el área al sur de los 42°S, además de

señalar que ésta corresponde a una zona con características oceanográficas homogéneas y particulares lo que la diferenciaría de otras áreas ornitogeográficas como el sistema de corrientes de Humboldt.

Si bien el análisis de similitudes a través del que se estableció la semejanza del ensamble general de aves (presencia-ausencia) existente entre los dos grupos latitudinales, se sustentó en un estadístico *R* próximo a la región de rechazo ($P \approx 0,05$), un aumento en el número de observaciones en el AOFA, mayor altura de sus plataformas de observación (fueron más baja en las embarcaciones artesanales) y el registro de especies señaladas como comunes para esta área y que no fueron avistadas en los respectivos censos (i.e., *Pachyptila* spp., *Puffinus creatopus*, *Puffinus griseus*; las dos últimas residentes en el área), aumentaría significativamente el número de especies observadas para el AOFA asimismo como la similitud de la composición específica que presentan ambas áreas operativas pesqueras.

5. Información de distribución de avifauna observada

Entre las especies de aves pelágicas que residen y/o visitan la zona sur-austral y que presentaron algún tipo de interacción con las actividades pesqueras, los Procellariiformes *T. melanophrys*, *T. chrysostoma, M. giganteus, M. halli* y *P. aequinoctialis*, fueron regularmente avistados durante todos los periodos estacionales considerados, presentando amplio rango de distribución latitudinal dentro de la zona investigada que, debido a la circunscripción espacial de las

faenas pesqueras del bacalao de profundidad, se acotó principalmente al veril de los 1000 y 2000 metros de profundidad (talud y borde externo de la plataforma continental). La plataforma continental frente al extremo sur de Chile es de gran importancia para las poblaciones locales de *T. melanophrys*, como aquella del archipiélago Diego Ramírez, siendo ésta una de sus principales áreas de forrajeo (Arata & Xavier 2003, BirdLife International 2004). En contraste, el albatros *T. chrysostoma*, también residente de las Islas Diego Ramírez, presenta preferencia por presas que están asociadas a aguas antárticas y subantárticas (Frente Polar Antártico) (Arata *et al.* 2004), lo que explicaría la baja abundancia de este albatros en el área de estudio, especialmente durante los meses correspondientes a los eventos reproductivos.

De las dos especies de petreles gigante presentes en el área, *M. giganteus* ha sido destacado como el más común para las aguas marinas exteriores e interiores de la Región de Magallanes, mientras que *M. halli* es considerado raro, ocasional o de status no definido, debido principalmente a la falta de registros específicos y a la dificultad de distinguir en el mar a ambas especies congéneres (Venegas 1994, Howell & Webb 1995, Venegas & Sielfeld 1998, Araya & Millie 2000). La ocurrencia habitual de *M. halli* observada en ambas flotas a lo largo de este estudio, permite considerar a esta especie como un visitante pelágico regular en el territorio marítimo chileno, a lo menos entre las X y XII regiones. No obstante, es necesaria más información acerca de la distribución y presencia de las especies de *Macronectes* en el área, con el fin de establecer con mayor exactitud la importancia que tiene para estas especies el ambiente pelágico y

nerítico de las regiones australes, especialmente en las poblaciones locales de *M. giganteus* de Isla Noir y archipiélago Diego Ramírez. Quintana & Dell' Arciprete (2002), han recalcado la importancia que tiene el conocer las áreas de forrajeo ubicadas en la plataforma continental patagónica para las colonias argentinas de *M. giganteus*, especialmente en el marco de la conservación de estas especies, depredadoras tope, frente a la amenaza potencial que representan las pesquerías comerciales de long-line. *P. aequinoctialis*, petrel posible de encontrar con cierta regularidad en alta mar a lo largo de Chile continental (Jehl 1973, Brown *et al.* 1975, Araya & Millie 2000), es una de las especies que más ha sido afectada por la mortalidad incidental ocurrida en pesquerías long-line de bacalao de profundidad en zonas CCAMLR (Ashford *et al.* 1995, Cherel *et al.* 1996, Weimerskirch *et al.* 2000). La vulnerabilidad de este petrel ante el potencial contacto que pueda tener con diversas pesquerías en otras áreas, incluidas aquellas que se desarrollan en el talud y plataforma continental del sur de Sudamérica, ya ha comenzado a ser corroborado por algunos autores (Weimerskirch *et al.* 1999, Moreno *et al.* 2003, Moreno *et al.* 2006).

Entre las especies de aves marinas avistadas ocasionalmente durante este estudio, cabe destacar los nuevos registros para los albatros *Thalassarche salvini* y *Thalassarche bulleri*, las fardelas *Procellaria westlandica*, *Procellaria cinerea*, *Puffinus creatopus* y *Pterodroma lessoni*, del petrel zambullidor *Pelecanoides urinatrix* y del pingüino *Pygoscelis adeliae* (ver Anexo 4, posiciones geográficas). Los registros de *T. bulleri*, se ubicarían en el limite meridional de su distribución conocida para Chile (Tickell 2000, Spear *et al.* 2003), mientras que los

avistamientos realizados mar afuera de *T. salvini*, un visitante regular a lo largo de la Corriente de Humboldt (Spear *et al.* 2003), complementarían los escasos reportes que existen de esta especie al sur los 42°S, hechos básicamente por Jehl (1973), Devillers & Terschuren (1978) y Arata (2003). Este último autor, que registró y fotografió a un ejemplar descansando entre otras especies de aves marinas residentes en isla Gonzalo (archipiélago de Diego Ramírez), recalca lo significativo de su presencia en estas latitudes, sustentando con evidencia la amplia distribución que presentaría este albatros a lo largo de toda la costa chilena. No obstante, repara en la ausencia de observaciones en las aguas exteriores del sur de Chile.

P. westlandica fue considerada hasta hace poco un visitante accidental en el mar chileno debido a los pocos registros existentes (Araya *et al.* 1995, Araya & Millie 2000) y al hecho de pasar inadvertida en virtud de su similitud con *P. aequinoctialis* (más abundante y común) (Howell & Webb 1995, Martínez & González 2004). El aumento de registros puntuales a lo largo de la costa chilena y la recopilación y publicación de esta información (Whitney & Stejskal 1992, Howell & Webb 1995, Brinkley *et al.* 2000, Marín 2004, Martínez & González 2004) ha llevado a varios autores a reconsiderar el status de esta fardela en Chile. Jaramillo *et al.* (2003), la describe como un visitante regular, aunque poco común, mientras que Couve & Vidal (2003) señalan que es un visitante regular estival y poco común en la Corriente de Humboldt (Golfo de Penas hacia el norte) y accidental en la XII Región (Magallanes, Tierra del Fuego). Las observaciones obtenidas en censos durante algunos meses de primavera y verano en el AOFI (47°-57°S) y el

rescate de dos individuos muertos (mortalidad incidental, marzo de 2003), entrega más evidencia que ratifica a esta especie como un visitante regular en zonas del talud y borde externo de la plataforma continental al sur de los 47°S, a lo menos durante primavera y verano. La presencia de muda activa en los dos ejemplares conservados de *P. westlandica*, se suma a las observaciones hechas por algunos autores que señalan que parte de los individuos presentes en aguas chilenas corresponderían a ejemplares no reproductivos (Whitney & Stejskal 1992, Howell & Webb 1995, Brinkley *et al.* 2000).

Para las otras fardelas, *P. cinerea*, *P. creatopus* y *P. lessoni*, existen pocos registros puntuales, correspondiendo muchas veces sólo a información general y vaga sobre su presencia en Chile y/o en las regiones australes. La fardela gris, *P. cinerea*, es catalogada por Araya *et al.* (1995) como una visitante habitual para Chile. Araya & Millie (2000), añade que el rango de distribución (latitudinal) para el país abarca desde Arica hasta el Paso Drake. No obstante, registros específicos publicados sobre la presencia de esta especie en Chile, se restringen sólo a lo informado por Murphy (1936), que cita las observaciones realizadas por otros investigadores, participantes de expediciones y travesías que pasaron por las vecindades del Cabo de Hornos, archipiélago Diego Ramírez y Golfo de Penas, sin existir reportes particulares a la zona comprendida entre los 38°-47°S. Es así como otros autores, en publicaciones más recientes, señalan que la presencia de *P. cinerea* en aguas chilenas es rara o poco común (Jaramillo *et al.* 2003, Marín 2004), mientras que para las aguas exteriores del extremo sur, Región de Magallanes, ha sido descrita como visitante rara u ocasional (Venegas & Sielfeld

1998, Couve & Vidal 2003). Los registros obtenidos durante el presente trabajo ratifican la presencia poco frecuente de esta especie al sur de los 47°S y representarían los primeros avistamientos documentados de esta fardela en el área comprendida entre los 38°S y 47°S. La fardela blanca, *P. creatopus*, es una especie que presenta en Chile un rango habitual de distribución (residente) entre Arica y Chiloé (Araya & Millie 2000, Couve & Vidal 2003), registrándose como visitante estival hasta el Golfo de Penas (47°S) (Brown *et al.* 1975, Devillers & Terschuren 1978, Jaramillo *et al.* 2003, Marín 2004). Los avistamientos estivales más australes documentados son los de Clark *et al.* (1984a), que observó ejemplares hasta los 50°55'S y 75°15'W. Las observaciones notificadas en la presente tesis corresponderían, por lo tanto, a nuevos datos (primera quincena de marzo, 2003) para el área ubicada al sur de los 47°S, incluyendo el registro más austral existente hasta el momento de un ejemplar de *P. creatopus*. La fardela de frente blanca, *P. lessoni*, es uno de los Procellariiformes con menor información disponible sobre distribución en el país (Jaramillo *et al.* 2003, Marín 2004), siendo el registro de H. Holgersen (diciembre de 1947), en la entrada occidental del estrecho de Magallanes (Johnson 1965, Humphrey *et al.* 1970), y la escueta información dada por algunos autores (Venegas & Sielfeld 1998, Araya & Millie 2000, Couve & Vidal 2003, Martínez & González 2004) las únicas fuentes de información sobre la presencia de esta fardela en las regiones australes. El único registro de esta especie durante el estudio, se obtuvo también cerca de la entrada occidental del Estrecho de Magallanes. Marín (2004), cataloga a esta especie como hipotética para el país, debido a la falta de evidencia física que corrobore la

presencia de ésta en territorio nacional. El registro audiovisual y fotográfico de *P. lessoni* y todas las otras especies de fardelas, albatros y petreles, se han realizado durante el desarrollo de la investigación en terreno y han sido expuestas parcialmente en esta tesis (ver Anexos).

Algunos autores reparan en la poca claridad del status y distribución que presentaría el petrel zambullidor, *P. urinatrix*, en las regiones australes del país (Venegas & Sielfeld 1998, Jaramillo *et al.* 2003). A lo anterior se suma que casi la totalidad de la información disponible para esta especie es dada a través de catálogos y guías de campo, cuya función principal es la identificación avifáunica y, muchas veces, sin un respaldo fidedigno de la información sobre rangos de distribución, haciendo más evidente la necesidad de generar información veraz para su posterior contraste y publicación. Araya & Millie (2000) y Couve & Vidal (2003), señalan que este petrel (o yunco de los canales) es un residente común entre el Canal de Chacao y el archipiélago de Diego Ramírez, mientras que Martínez & González (2004) añaden que se presentaría como accidental hasta las costas de Valdivia. Estos últimos autores precisan que su hábitat son los canales interiores y el mar abierto, cerca de la costa. Couve & Vidal (2003), por su parte, indican que es pelágico (plataforma continental y costas expuestas), encontrándose también en la boca de estrechos y canales. Debido a su similitud con el yunco de Magallanes, con el que se superpone en rango de distribución, *P. urinatrix* ha sido frecuentemente agrupado bajo el nombre genérico de *Pelecanoides* spp. (Brown *et al.* 1975, Devillers & Terschuren 1978, Aguayo *et al.* 1998), siendo poco establecidos su hábitat y distribución específica. Todos los

registros de esta especie en este estudio, se obtuvieron en zonas pelágicas (talud continental) durante la primavera de 2002, incluyendo un avistamiento cerca del archipiélago de Diego Ramírez, lugar donde anida (Araya & Millie 2000, Clark *et al.* 1992).

El avistamiento de dos individuos de *P. adeliae*, pingüino restringido a aguas antárticas y subantárticas, representa probablemente un registro accidental de individuos errantes en el área oceánica frente a la región de Magallanes, al sur de los 56ºS, durante noviembre de 2002. Pocos son los registros de esta especie en latitudes similares, destacando el registro de Aguayo *et al.* (1998) en junio de 1996 en el Paso Drake, al sur de los 56º57'S.

6. En relación con estudios futuros de distribución en el área

Si bien, la atracción que generan las actividades pesqueras afecta la abundancia y ocurrencia de las especies, esto no es el único factor. Se ha sugerido que la atracción a embarcaciones pesqueras responde más bien a un proceso local de escala menor y que, por lo tanto, la importancia de las pesquerías en la ecología de las aves marinas debe considerar, necesariamente, conocimientos adicionales como la dependencia de las aves sobre sus fuentes naturales de alimento y la influencia del hábitat (Skov & Durinck 2001). Investigar la correlación entre las variables físicas-biológicas y la abundancia de las diferentes especies de aves marinas presentes en el área del talud continental (y borde externo de la plataforma continental) surgen como una prioridad, especialmente para aquellas

especies residentes en el área y que presentan algún problema de conservación. La variable temporal también es importante y particularmente para organismos de gran longevidad como lo son las aves marinas, ya que las escalas físicas relevantes a su ecología o biología poblacional variará ampliamente con la escala temporal (i.e. época reproductiva versus no reproductiva, distribución, sobrevivencia) (Hunt & Schneider 1987). La obtención de datos representativos de todas las épocas estacionales asegurará un análisis empírico en la variable temporal (i.e. anual, interanual, décadas).

En relación con la variabilidad longitudinal (espacial), cabe señalar que la inclusión de los ambientes neríticos (plataforma continental) de las regiones australes, entregaría información valiosa para comprender la dinámica de distribución de varias especies de aves marinas más costeras, presentes dentro del área estudiada (38°-57°S) pero no registradas o poco observadas en este trabajo. Schneider (1997), alude a estudios que relacionan la abundancia de aves marinas con la profundidad de la columna de agua, y en donde se ha observado que ciertas especies están más restringidas a la plataforma continental mientras que otras lo están en aguas de mayor profundidad. Acha *et al.* (2004), en su revisión de los frentes marinos neríticos presentes en el extremo sur de Sudamérica, identifican a la zona del margen continental sudamericano del Pacífico, comprendida entre los 42°S y 56°S (Patagonia), como un frente estuarino frío y, en general, poco estudiado, siendo el conocimiento biológico de esta zona escaso. Los frentes oceanográficos son regiones que presentan alto gradiente espacial en sus características termodinámicas y en donde el aumento de la

actividad física y biológica puede resultar en concentraciones localizadas de alimento (presas) para las aves marinas (Schneider 1990).

Finalmente, en la implementación futura de diseños de estudio basados en métodos estandarizados para censar aves marinas en el mar, como los transectos de franja (Tasker *et al.* 1984), permitirá minimizar los sesgos y proporcionará estimaciones de densidad confiables. Estas últimas serán requeridas en nuevos estudios de distribución, ecología trófica (energética de aves marinas y su rol en ecosistemas marinos) y también para examinar la relación entre las aves marinas y las actividades de pesca comercial (Tasker *et al.* 1984). Este método, ampliamente usado en estudios de aves marinas pelágicas (Raya & Schiavini 2000), permite aumentar el contraste con otras investigaciones y mejorar futuras colecciones de datos.

CONCLUSIONES

- Se encontró evidencia que sustenta en parte la hipótesis de trabajo (H_1), existiendo variación en la abundancia estacional (variabilidad temporal) y latitudinal (variabilidad espacial) del ensamble de aves marinas pelágicas asociado a las actividades extractivas de las diferentes flotas pesqueras de bacalao de profundidad presentes en el área de estudio. Sin embargo, no hay evidencia suficiente que valide cambios latitudinales significativos en la composición específica, ni datos suficientes que permitan evaluar fehacientemente cambios estacionales en la misma para toda el área estudiada.
- Se registraron un total de 25 especies pertenecientes a 8 familias y 4 órdenes, siendo el orden Procellariiformes el más representativo con 20 especies y contribuyendo, aproximadamente, con el 99,8% de la abundancia avifáunica registrada durante todo el periodo y área estudiada (38°-57°S). La dominancia de este grupo de aves marinas, en términos de riqueza y abundancia relativa, coincide con lo observado en otras pesquerías pelágicas que se desarrollan en diferentes regiones del hemisferio sur.
- De las 25 especies identificadas, 10 exhibieron una constancia (presencia conjunta) espacio-temporal a lo largo de toda o gran parte del área prospectada, durante el periodo anual de estudio (abril 2002-marzo 2003), constituyendo un grupo multiespecífico (ensamble principal) persistente en

donde las especies están asociadas, en mayor o menor medida, a las actividades pesqueras de ambas flotas.

- El ensamble general de aves marinas alrededor de las embarcaciones pesqueras de ambas flotas estuvo dominado, en términos de abundancia y frecuencia de ocurrencia, por tres especies: el petrel *Daption capense*, el albatros *Thalassarche melanophrys* y la categoría específica *Macronectes* spp. (incluye a las dos especies de petrel gigante). Estas tres especies se cuentan entre las especies "seguidoras de barcos" más comunes alrededor de las flotas comerciales que operan en aguas del sector subantártico (área CCAMLR).
- La abundancia media de aquellas especies comunes a las zonas de actividad pesquera artesanal e industrial, evidenció una mayor concentración avifáunica alrededor de las embarcaciones industriales. Esto es el resultado del grado diferencial de atracción que ejercen para las aves los distintos tipos de embarcación.
- En el área operativa de la flota artesanal (38°-47°S), se registraron un total de 17 especies. La especie más abundante fue *D. capense* (40,3%), seguido en número por *T. melanophrys* (18,6%), *P. aequinoctialis* (13,7%) y las especies pertenecientes a la categoría *Macronectes* spp. (13,3%).
- En el área operativa de la flota industrial (47°-57°S), se registraron un total de 23 especies. Las especies con mayor abundancia, al igual que para la zona pesquera artesanal, fueron: *D. capense* (40%), *T. melanophrys* (29,1%) y las especies de petrel gigante del género *Macronectes* (22,6%).

- Se identificaron tres patrones temporales entre las especies que conformaron el ensamble principal de aves y que presentaron una marcada estacionalidad: i) con máximos de abundancia en otoño-invierno y mínimos en verano, a lo largo de toda el área prospectada (38°-57°S) (*F. glacialoides* y *P. aequinoctialis*); ii) con mínimos de abundancia durante otoño-invierno y máximos en verano, a lo largo de toda el área prospectada (*Macronectes* spp., *D. epomophora* y *D. exulans*); iii) y un tercer esquema temporal, representado por aquellas especies que presentaron patrones de abundancia estacional opuestos simultáneamente en el AOFA (38°-47°S) y AOFI (47°-57°S) (*T. melanophrys*, *D. capense* y *O. oceanicus*).
- Factor fundamental que subyace a los patrones temporales identificados, son los movimientos de dispersión y migración durante las épocas reproductiva y no reproductiva, siendo importante la distancia y ubicación geográfica de las colonias de nidificación.
- En general, es importante considerar que la variabilidad latitudinal observada en la abundancia de algunas especies comunes a ambas áreas operativas, especialmente de aquellas "seguidoras de barcos", sería principalmente un efecto del tipo de embarcación (mayor concentración en torno a la flota industrial, 47°-57°S) y no necesariamente un reflejo de la variabilidad espacial asociada a la distribución natural de éstas y, adicionalmente, estaría reflejando el desplazamiento estacional masivo que realizan especies de origen subantártico y antártico hacia sus lugares de reproducción, lo que también subyacería a los resultados del análisis de la variabilidad latitudinal.

- La semejanza del ensamble general de aves (composición específica) existente entre los dos grupos latitudinales, indicaría que la avifauna pelágica que se congrega en torno a las embarcaciones pesqueras artesanales e industriales de bacalao de profundidad es parte importante de la riqueza de especies presentes durante todo o gran parte del año en el Pacífico sudoriental, frente al litoral austral de Chile, entre los 38º-57ºS.
- Cinco especies de Procellariiformes presentaron algún tipo de interacción (generalmente negativa) con las actividades pesqueras: *T. melanophrys*, *T. chrysostoma, M. giganteus, M. halli* y *P. aequinoctialis*, las que fueron regularmente avistadas durante todos los periodos estacionales considerados, presentando amplio rango de distribución latitudinal dentro de la zona investigada que, debido a la circunscripción espacial de las faenas pesqueras del bacalao de profundidad, se acotó principalmente al veril de los 1000 y 2000 metros de profundidad (talud y borde externo de la plataforma continental).
- Entre las especies de aves marinas avistadas ocasionalmente durante este estudio, cabe destacar los nuevos registros para los albatros *Thalassarche salvini* y *Thalassarche bulleri*, las fardelas *Procellaria westlandica*, *Procellaria cinerea*, *Puffinus creatopus* y *Pterodroma lessoni*, del petrel zambullidor *Pelecanoides urinatrix* y del pingüino *Pygoscelis adeliae*.
- En relación con futuros estudios en el área, es importante considerar: i) integrar conocimientos adicionales de los factores que influyen en la distribución y abundancia de las aves marinas, como la dependencia sobre sus fuentes naturales de alimento y la influencia del hábitat; ii) la variable temporal, puesto

que las escalas físicas relevantes a la ecología o biología poblacional de las aves marinas también variará ampliamente con la escala temporal; Iii) la inclusión de los ambientes neríticos (gradiente plataforma continental-áreas pelágicas) de las regiones australes, lo que entregará información valiosa para comprender la variabilidad longitudinal y la dinámica de distribución de las especies costeras y pelágicas presentes dentro del área estudiada (38°-57°S); iv) implementar metodologías estandarizadas para censar aves marinas en el mar, como los transectos de franja propuestos por Tasker *et al.* (1984), permitiendo minimizar sesgos, estimar densidades y aumentar el contraste objetivo con otras investigaciones.

LITERATURA CITADA

Abrams RW. 1983. Pelagic seabirds and trawl-fisheries in the southern Benguela Current region. Marine Ecology Progress Series 11: 151-156.

Acha EM, HW Mianzan, RA Guerrero, M Favero & J Bava. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America. Physical and ecological processes. Journal of Marine Systems 44: 83-105.

Ainley DG. 1980. Birds as marine organisms: a review. CalCOFI Report 21: 48-53.

Ainley DG, CA Ribic & LB Spear. 1993. Species-habitat relationships among Antarctic seabirds: A function of physical or biological factors? The Condor 95: 806-816.

Ainley DG, CA Ribic & WR Fraser. 1994. Ecological structure among migrant and resident seabirds of the Scotia-Weddell Confluence region. Journal of Animal Ecology 63: 347-364.

Ainley DG, SS Jacobs, CA Ribic & I Gaffney. 1998. Seabird distribution and oceanic features of the Amundsen and southern Bellingshausen seas. Antarctic Science 10(2): 111-123.

Aguayo A, J Acevedo & D Torres. 1998. Influencia del fenómeno "El Niño" en el estrecho Bransfield, Antártica, durante junio de 1998. Serie Científica INACH 48: 161-184.

Aguayo A, J Acevedo, C Valenzuela & C Venegas. 2001. Censo de albatros de ceja negra *Diomedea melanophris* Temminck 1828 en las islas Ildefonso y comentarios sobre su nidificación en isla Evout. Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales, Chile 29: 165-172.

Aguayo M, I Céspedes, JL Arias, I Paya, E Figueroa, V Ojeda, L Adasme & L Muñoz. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso, 50 pp. SGI-IFOP 94/3. Santiago, Chile.

Alexander K, G Robertson & R Gales. 1997. The incidental mortality of albatrosses in longline fisheries, 44 pp. Australian Antarctic Division, Tasmania.

Arata J. 2003. New record of Salvin's albatross (*Thalassarche salvini*) at the Diego Ramirez Islands, Chile. Notornis 50: 171-196.

Arata J & CA Moreno. 2002. Progress report of Chilean research on albatross ecology and conservation, 15 pp. Document SC-CCAMLR, WG-FSA 02/18. Hobart, Tasmania.

Arata J & JC Xavier. 2003. The diet of black-browed albatrosses at the Diego Ramirez Islands, Chile. Polar Biology 26: 638-647.

Arata J, G Robertson, J Valencia & K Lawton. 2003. The Evangelistas Islets, Chile: A new breeding site for black-browed albatrosses. Polar Biology 26: 687-690.

Arata J, G Robertson, J Valencia, JC Xavier & CA Moreno. 2004. Diet of grey-headed albatrosses at the Diego Ramirez Islands, Chile: ecological implications. Antarctic Science 16(3): 263-275.

Araya B, M Bernal, R Schlatter & M Sallaberry. 1995. Lista patrón de las aves chilenas, 35 pp. Tercera edición, Santiago, Chile.

Araya B & G Millie. 2000. Guía de campo de las aves de Chile, 406 pp. Editorial Universitaria, Novena Edición, Santiago, Chile.

Ashford JR, JP Croxall, PS Rubilar & C Moreno. 1994. Seabird interactions with longlining operations for *Dissostichus eleginoides* at the South Sandwich Islands and South Georgia. CCAMLR Science 1: 143-153.

Ashford JR, JP Croxall, PS Rubilar & C Moreno. 1995. Seabird interactions with longlining operations for *Dissostichus eleginoides* around South Georgia, April to May 1994. CCAMLR Science 2: 111-122.

Ashmole NP. 1971. Sea bird ecology and the marine environment. En: Farner DS & JR King Schreiber (eds). Avian Biology 1: 223-286. Academic Press, London.

Begon M, JL Harper & CR Townsend. 1999. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades, 1148 pp. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.

BirdLife International. 2004. Tracking ocean wanderers: the global distribution of albatrosses and petrels, 100 pp. Results from the Global Procellariiform Tracking Workshop, 1–5 September, 2003, Gordon's Bay, South Africa. Cambridge, UK: BirdLife International.

Bourne WRP. 1981. Some factors underlying the distribution of seabirds. En: Cooper J (ed). Proceedings of the Symposium on birds of the sea and shore, 1979, pp. 119-134. African Seabird Group, Cape Town.

Brinkley ES, SNG Howell, MP Force, LB Spear & DG Ainley. 2000. Status of the Westland petrel (*Procellaria westlandica*) off South America. Notornis 47: 179-183.

Brothers N. 1991. Albatross mortality and associated bait loss in the Japanese fishery in the Southern Ocean. Biological Conservation 55: 255-268.

Brothers N, J Cooper & S Løkkeborg. 1999. The incidental catch of seabirds by longline fisheries: worldwide review and technical guidelines for mitigation, 100 pp. FAO Fisheries Circular 937.

Brower JE, JH Zar & CN von Ende. 1998. Field and laboratory methods for general ecology, 273 pp. Fourth edition. WCB/McGraw-Hill, USA.

Brown RGB, F Cooke, PK Kinnear & EL Mills. 1975. Summer seabird distributions in Drake Passage, the Chilean Fjords and off southern South America. Ibis 177: 339-356.

Camphuysen CJ & S Garthe. 2000. Seabirds and commercial fisheries: population trends of piscivorous seabirds explained? En: Kaiser MJ & SJ De Groot (eds). Effects of fishing on non-target species and habitats: Biological, Conservation and Socio-Economic Issues, pp. 163-184. Blackwell Science, Oxford.

Camus PA. 2001. Biogeografía marina de Chile continental. Revista Chilena de Historia Natural 74: 587-617.

Cherel Y, H Weimerskirch & G Duhamel. 1996. Interactions between longline vessels and seabirds in the Kerguelen waters and a method to reduce seabird mortality. Biological Conservation 75: 63-70.

Clark GS, AJ Goodwin & AP Von Meyer. 1984a. Extension of the known range of some seabirds on the coast of southern Chile. Notornis 31: 320-334.

Clark GS, AP Von Meyer, JW Nelson & JN Watt. 1984b. Notes on Sooty Shearwaters and other avifauna of the Chilean offshore island of Guafo. Notornis 31: 225-231.

Clark GS, A Cowan, P Harrison & WRP Bourne. 1992. Notes on the seabirds of the Cape Horn islands. Notornis 39: 133-144.

Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology 18: 117-143.

Clarke KR & RM Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 172 pp. PRIMER-E, Plymouth, UK.

Cooke F & EL Mills. 1972. Summer distribution of pelagic birds off the coast of Argentina. Ibis 114: 245-251.

Couve E & C Vidal. 2003. Birds of Patagonia, Tierra del Fuego & Antarctic Peninsula. The Falkland Islands & South Georgia, 656 pp. Editorial Fantástico Sur Birding Ltda., Punta Arenas, Chile.

Croxall JP, AD Black & AG Wood. 1999. Age, sex and status of wandering albatrosses *Diomedea exulans* L. in Falkland Islands waters. Antarctic Science 11(2): 150-156.

Devillers P & JA Terschuren. 1978. Midsummer seabird distribution in the Chilean fjords. Le Gerfaut 68: 577-588.

Dunn OJ. 1964. Multiple comparisons using rank sums. Technometrics 6(3): 241-252.

Fager EW. 1957. Determination and analysis of recurrent groups. Ecology 38(4): 586-595.

Fager EW & JA McGowan. 1963. Zooplankton species in the North Pacific. Science 140(3566): 453-460.

French K, I Paterson, J Miller & RJ Turner. 2003. Nectarivorous bird assemblages in Box-Ironbark woodlands in the Capertee Valley, New South Wales. Emu 103(4): 345-356.

Fowler J & L Cohen. 1997. Statistics for ornithologists, 150 pp. Second edition, BTO, Londres.

Furness RW. 2003. Impacts of fisheries on seabird communities. Scientia Marina 67(2): 33-45.

Garthe S. 1997. Influence of hydrography, fishing activity, and colony location on summer seabird distribution in the south-eastern North Sea. ICES Journal of Marine Science 54: 566-577.

Garthe S & O Hüppop. 1994. Distributions of ship-following seabirds and their utilization of discards in the North Sea. Marine Ecology Progress Series 106: 1-9.

Gondar JE. 2000. Artículos estadísticos: Análisis cluster. Data Mining Institute, Madrid. <www.estadistico.com/arts.html>.

Gonzáles-Solís J, JP Croxall & DR Briggs. 2002. Activity patterns of giant petrels, *Macronectes* spp., using different foraging strategies. Marine Biology 140: 197-204.

Gonzáles-Solís J, JP Croxall & AG Wood. 2000. Sexual dimorphism and sexual segregation in foraging strategies of northern giant petrel, *Macronectes halli*, during incubation. Oikos 90: 390-398.

Goodall JD, AW Johnson & RA Philippi. 1951. Las aves de Chile, 445 pp. Volumen II. Platt Establecimientos Gráficos SA, Buenos Aires, Argentina.

Goodall JD, AW Johnson & RA Philippi. 1957. Las aves de Chile, 441 pp. Suplemento I. Platt Establecimientos Gráficos SA, Buenos Aires, Argentina.

Griffiths AM, WR Siegfried & RW Abrams. 1982. Ecological estructure of a pelagic seabird community in the Southern Ocean. Polar Biology 1: 39-46.

Halpin PM, PT Strub, WT Peterson & TR Baumgartner. 2004. An overview of interactions among oceanography, marine ecosystems, climatic and human disruptions along the eastern margins of the Pacific Ocean. Revista Chilena de Historia Natural 77: 371-409.

Harrison P. 1985. Seabirds, an identification guide, 448 pp. Houghton Mifflin Company, Boston.

Howell SNG & S Webb. 1995. Noteworthy bird observations from Chile. Bulletin British Ornithologist Club 115(1): 57-66.

Humphrey PS, D Bridge, PW Reynolds & RT Peterson. 1970. Birds of Isla Grande (Tierra del Fuego). Preliminary Smithsonian Manual, 411 pp. Smithsonian Institution, University of Kansas Museum of Natural History, Washington, D.C.

Hunt GL Jr. 1990. The pelagic distribution of marine birds in a heterogeneous environment. Polar Research 8: 43-54.

Hunt GL, R Heinemann, R Veit & RB Heywood. 1990. The distribution, abundance and community structure of marine birds in southern Drake Passage and Bransfield Strait Antarctica. Continental Shelf Research 10: 243-257.

Hunt GL Jr & DC Schneider. 1987. Scale dependent processes in physical and biological environment of marine birds. En: Croxall JP (ed). Seabirds: feeding biology and role in marine ecosystems, pp. 7-41. Cambridge University Press, Cambridge.

IUCN. 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. Consultado vía Internet el 12 de julio de 2006.

Jaksic F. 1981. Abuse and misuse of the term "guild" in ecological studies. Oikos 37: 397-400.

Jaksic F. 2001. Ecología de comunidades, 233 pp. Ediciones Universidad Católica de Chile, Chile.

Jaramillo A, P Burke & D Beadle. 2003. Birds of Chile, 240 pp. Christopher Helm, London.

Jehl JR. 1973. The distribution of marine birds in Chilean waters in winter. The Auk 90: 114-135.

Jehl JR, FS Todd, M Rumboll & D Schwartz. 1979. Pelagic birds in the South Atlantic Ocean and South Georgia in the austral autumn. Le Gerfaut 69: 13-27.

Johnson AW. 1965. The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru, 398 pp. Volumen I. Platt Establecimientos Gráficos SA, Buenos Aires.

Johnson SC. 1967. Hierarchical clustering schemes. Psychometrika 32: 241-254.

Lapointe F-J & P Legendre. 1990. A statistical framework to test the consensus of two nested classifications. Systematic Zoology 39(1): 1-13.

Lawton K, G Robertson, J Valencia, B Wienecke & R Kirkwood. 2003. The status of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophrys* at Diego de Almagro Island, Chile. Ibis 145: 502-505.

Legendre P. 1998. Numerical ecology, 853 pp. Second english edition, Elsevier Science BV, Amsterdam.

Linkowski TB & JM Rembiszewski. 1978. Distribution of sea birds of Argentina coast and the feeding habits of the birds fauna in the Drake Passage and Scotia Sea. Polskie Archiwum Hydrobiologii 25(3): 717-727.

Ludwig JA & JF Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing, 337 pp. John Wiley & Sons, USA.

Magurran AE. 2004. Measuring biological diversity, 256 pp. Blackwell Science.

Manly BFJ. 1994. Multivariate statistical methods: A primer, 215 pp. Second edition, Chapman & Hall, London.

Manly BFJ. 1997. Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology, 399 pp. Chapman & Hall, London.

Marín M. 2004. Lista comentada de las aves de Chile, 141 pp. Ediciones Lynx, Barcelona.

Martínez DE & GE González. 2004. Las aves de Chile. Nueva guía de campo, 620 pp. Ediciones del Naturalista, Chile.

Montevecchi WA. 2002. Interactions between fisheries and seabirds. En: Schreiber EA & J Burger (eds). Biology of Marine Birds, pp. 527-557. CRC Press, Boca Raton.

Moreno CA, R Hucke-Gaete & JA Arata. 2003. Interacción de la pesquería de bacalao de profundidad con mamíferos y aves marinas, 199 pp. Proyecto FIP 2003-21. Informe Final, Septiembre 2003.

Moreno CA, JA Arata, P Rubilar, R Hucke-Gaete & G Robertson. 2006. Artisanal longline fisheries in the Southern Chile: Lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. Biological Conservation 127: 27-36.

Murphy RC. 1936. Oceanic birds of South America, Vol. 1, 640 pp. American Museum of Natural History, New York.

Nicholls DG, MD Murray, EC Butcher & PJ Moors. 2000. Time spent in Exclusive Economic Zones of southern oceans by non-breeding wandering albatrosses (*Diomedea* spp.): Implications for national responsibilities for conservation. Emu 100: 318-323.

Nicholls DG, CJR Robertson, PA Prince, MD Murray, KJ Walker & GP Elliott. 2002. Foraging niches of three Diomedea albatrosses. Marine Ecology Progress Series 231: 269-277.

Olmos F. 1997. Seabirds attending bottom long-line fishing off southeastern Brazil. Ibis 139: 685-691.

Olrog CC. 1958. Observaciones sobre la avifauna Antártica y de alta mar desde el río de La Plata hasta los 60° de latitud Sur. Acta Zoológica Lilloana 15: 19-33.

Onley D & S Bartle. 1999. Identificación de aves marinas de los océanos del sur, 83 pp. 1a edición. Anne French & David Cauchi (eds). Te Papa, Wellington.

Philippi RA, AW Johnson, JD Goodall & F Behn. 1954. Notas sobre aves de Magallanes y Tierra del Fuego. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile 26(3): 1-63.

Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology 13: 131-144.

Prince PA, JP Croxall, PN Trathan & AG Wood. 1997. The pelagic distribution of South Georgia albatrosses and their relationships with fisheries. En: Robertson G & R Gales (eds). Albatross Biology and Conservation, pp. 137-167. Surrey Beatty, Chipping Norton.

Prince PA, AG Wood, T Barton & JP Croxall. 1992. Satellite tracking of wandering albatrosses (*Diomedea exulans*) in the South Atlantic. Antarctic Science 4(1): 31-36.

Putman RJ. 1994. Community ecology, 178 pp. Chapman & Hall, London.

Quinn GP & MJ Keough. 2002. Experimental design and data analysis for biologists, 537 pp. Cambridge University Press, UK.

Quintana F & OP De'll Arciprete. 2002. Foraging grounds of southern giant petrels (*Macronectes giganteus*) on the Patagonian shelf. Polar Biology 25: 159-161.

Raya A & ACM Schiavini. 2000. Distribution, abundance and associations of seabirds in the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. Polar Biology 23: 338-345.

Remsen JV-Jr, A Jaramillo, M Nores, JF Pacheco, MB Robbins, TS Schulenberg, FG Stiles, JMC da Silva, DF Stotz & KJ Zimmer. Versión Junio 2005. A classification of the bird species of South America. AOU. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.

Reynolds PW. 1935. Notes on the birds of Cape Horn. Ibis 13(5): 65-101.

Ribic CA & DG Ainley. 1989. Constancy of seabird species assemblages: an exploratory look. Biological Oceanography 6:175-202.

Ribic CA & DG Ainley. 1997. The relationships of seabird assemblages to physical habitat features in Pacific equatorial waters during spring 1984-1991. ICES Journal of Marine Science 54: 593-599.

Ribic CA, DG Ainley & LB Spear. 1997. Seabird associations in Pacific equatorial waters. Ibis 139: 482-487.

Robertson CJR & DG Nicholls. 2000. Round the world with the northern royal Albatross. Notornis 47:176.

Robertson CJR, EA Bell, N Sinclair & BD Bell. 2003. Distribution of seabirs from New Zealand that overlap with fisheries worldwide. Science for Conservation 233: 1-102.

Rohlf FJ. 1974. Methods of comparing classifications. Annual Review of Ecology & Systematics 5: 101-113.

Rohlf FJ. 1982. Consensus indices for comparing classifications. Mathematical Biosciences 59: 131-144.

Rojas R & N Silva. 1996. Atlas Oceanográfico de Chile, Volumen I, 234 pp. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Valparaíso.

Ryan PG & CL Moloney. 1988. Effect of trawling on birds and seal distributions in the southern Benguela region. Marine Ecology Progress Series 45: 1-11.

Sagar PM & H Weimerskirch. 1996. Satellite tracking of southern buller's albatrosses from the Snares, New Zealand. The Condor 98: 649-652.

Saiz F. 1980. Experiencias en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades. Archivos de Biología y Medicina Experimental 13: 387-402.

Schlatter RP. 1984. The status and conservation of seabirds in Chile. En: Croxall JP, PGH Evans & RW Schreiber (eds). Status and conservation of the World's Seabirds. ICBP Technical Publication 2: 261-269.

Schlatter RP & GM Riveros. 1997. Historia natural del archipiélago de Diego Ramírez, Chile. Serie Científica INACH 47: 87-112.

Schlatter RP & A Simeone. 1999. Estado del conocimiento y conservación de las aves en mares chilenos. Estudios Oceanológicos 18: 25-33.

Schneider DC. 1990. Seabirds and fronts: a brief overview. Polar Research 8: 17-21.

Schneider DC. 1997. Habitat selection by marine birds in relation to water depth. Ibis 139: 175-178.

Schneider DC & DC Duffy. 1985. Scale-dependent variability in seabird abundance. Marine Ecology Progress Series 25: 211-218

Schreiber EA & J Burger. 2002. Seabirds in the marine environment. En: Schreiber EA & J Burger (eds). Biology of Marine Birds, pp. 1-15. CRC Press, Boca Raton.

Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27: 379-423, 623-656.

Shealer DA. 2002. Foraging behavior and food of seabirds. En: Schreiber EA & J Burger (eds). Biology of Marine Birds, pp. 137-177. CRC Press, Boca Raton.

Silva N & S Neshyba. 1977. Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 3: 37-42.

Silva N & S Neshyba. 1979. Masas de agua y circulación geostrófica frente a la costa de Chile Austral. Serie Científica, Instituto Antártico Chileno 25/26: 5-32.

Skov H & J Durinck. 2001. Seabird attraction to fishing vessels is a local process. Marine Ecology Progress Series 214: 289-298.

Smith JL & KD Hyrenbach. 2003. Galápagos islands to British Columbia: seabird communities along a 9000 Km transect from the tropical to the subarctic eastern Pacific Ocean. Marine Ornithology 31:155–166.

Sokal RR & FJ Rohlf. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica, 832 pp. Primera edición española. H. Blume ediciones, Rosario, Madrid.

Spear LB, DG Ainley & SW Webb. 2003. Distribution, abundance and behaviour of Buller's, Chatham Island and Salvin's Albatrosses off Chile and Peru. Ibis 145: 253-269.

Tasker ML, PH Jones, T Dixon & BF Blake. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. The Auk 101: 567-577.

Tasker ML, CJ Camphuysen, J Cooper, S Garthe, WA Montevecchi & SJM Blaber. 2000. The impacts of fishing on marine birds. ICES Journal of Marine Science 57: 531-547.

Taylor GA. 2000. Action plan for seabird conservation in New Zeland, Part A: Threatened seabirds. Threatened Species Occasional Publication 16: 1-234.

Thompson KR. 1992. Quantitative analysis of the use of discards from squid trawlers by Black-browed Albatrosses *Diomedea melanophris* in the vicinity of the Falkland Islands. Ibis 134:11-21.

Thompson KR & MD Riddy. 1995. Utilization of offal and discards from "finfish" trawlers around the Falkland Islands by the Black-browed albatross *Diomedea melanophris*. Ibis 137:198-206.

Tickell WLN. 2000. Albatrosses, 448 pp. Yale University Press, New Haven and London.

Van der Meer J & CJ Camphuysen. 1996. Effect of observer differences on abundance estimates of seabirds from ship-based strip transect surveys. Ibis 138: 433-437.

Veit RR. 1995. Pelagic communities of seabirds in the South Atlantic Ocean. Ibis 137: 1-10.

Veit RR & GL Hunt Jr. 1991. Broadscale density and aggregation of pelagic birds from a circumnavigational survey of the Antarctic Ocean. The Auk 108: 790-800.

Venegas C. 1994. Aves de Magallanes, 158 pp. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas.

Venegas C & W Sielfeld. 1998. Catálogo de los vertebrados de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, 122 pp. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas.

Venrick EL. 1982. Phytoplankton in an oligotrophic ocean: observations and questions. Ecological Monographs 52(2): 129-154.

Vivanco M. 1999. Análisis estadístico multivariable: teoría y práctica, 234 pp. Primera edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Wahl TR & D Heinemann. 1979. Seabirds and fishing vessels: co-occurrence and attraction. The Condor 81: 390-396.

Wahl TR, DG Ainley, AH Benedict & AR DeGange. 1989. Associations between seabirds and water-masses in the Pacific Ocean in summer. Marine Biology 103: 1-11.

Waugh SM, H Weimerskirch, Y Cherel & P Prince. 2000. Contrasting strategies of provisioning and chick growth in two sympatrically breeding albatrosses at Campbell Island, New Zealand. The Condor 102: 804-813.

Weichler T, S Garthe, G Luna-Jorquera & J Moraga. 2004. Seabird distribution on the Humboldt Current in northern Chile in relation to hydrography, productivity and fisheries. ICES Journal of Marine Science 61: 148-154.

Weimerskirch H, D Capdeville & G Duhamel. 2000. Factors affecting the number and mortality of seabirds attending trawlers and long-liners in the Kerguelen area. Polar Biology 23: 236-249.

Weimerskirch H, JA Bartle, P Jouventin & JC Stahl. 1988. Foraging ranges and partitioning of feeding zones in three species of southern albatrosses. The Condor 90: 214–219.

Weimerskirch H, Y Cherel, F Cuenot-Chaillet & V Ridoux. 1997. Alternative foraging strategies and resource allocation by male and female wandering albatrosses. Ecology 78(7): 2051-2063.

Weimerskirch H, A Catard, PA Prince, Y Cherel & JP Croxall. 1999. Foraging white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* at risk: from the tropics to Antarctica. Biological Conservation 87: 273-275.

Weimerskirch H, P Jouventin, JL Mougin, JC Stahl & M van Beveren. 1985. Ringing recoveries and the dispersion of seabirds breeding in French Austral and Antarctic Territories. Emu 85: 22-33.

Weimerskirch H, M Salamolard, F Sarrazin & P Jouventin. 1993. Foraging strategy of wandering albatrosses through the breeding season: a study using satellite telemetry. The Auk 110: 325-342.

Whitney BM & DJ Stejskal. 1992. *Procellaria westlandica* in the Beagle Channel. Hornero 13: 252-254.

Wienecke B & G Robertson. 2002. Seabirds and seal-fisheries interactions in the Australian Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* trawl fishery. Fisheries Research 54: 253-265.

Woehler EJ & JP Croxall. 1997. The status and trends of Antarctic and sub-Antarctic seabirds. Marine Ornithology 25: 43-66.

Woehler EJ, B Raymond & DJ Watts. 2003. Decadal-scale seabird assemblages in Prydz Bay, East Antarctica. Marine Ecology Progress Series 251: 299-310.

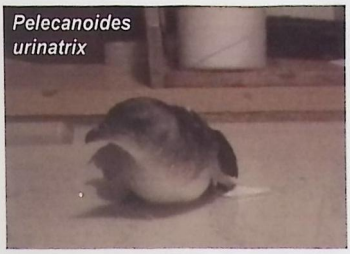
Woehler EJ, J Cooper, JP Croxall, WR Fraser, GL Kooyman, GD Miller, DC Nel, DL Patterson, H-U Peter, CA Ribic, K Salwicka, WZ Trivelpiece & H Weimerskirch. 2001. A statistical assessment of the status and trends of Antarctic and Subantarctic seabirds, 44 pp. Report on SCAR BBS Workshop on Southern Ocean seabirds populations.

Zar JH. 1999. Biostatistical analysis, 633 pp. Prentice Hall, New Jersey.

ANEXOS



Anexo 1. Especies de aves marinas que conforman el ensamble principal descrito por el análisis exploratorio. Fotografías obtenidas desde los registros audiovisuales (videos) realizados durante los diferentes embarques efectuados en la investigación.

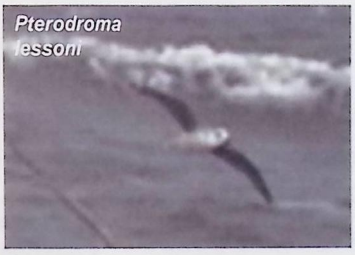


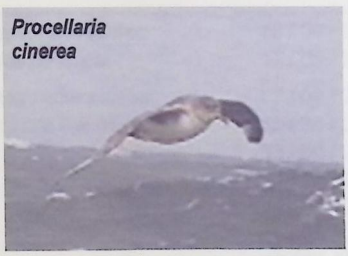




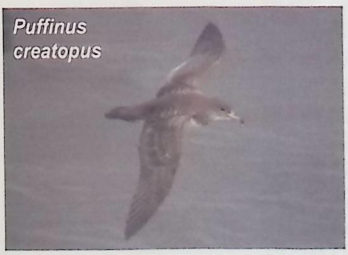














Anexo 2. Especies de aves marinas avistadas en el presente estudio y que presentan escasa información para el área. Fotografías obtenidas desde los registros audiovisuales (videos) realizados durante los diferentes embarques efectuados en la investigación.





Anexo 3. Ejemplar de Procellaria westlandica avistado durante el mes de octubre de 2002 en el área operativa de la flota industrial. Fotografías obtenidas desde los registros audiovisuales (videos) realizados durante los embarques efectuados en la investigación.

Anexo 4. Posiciones geográficas y fechas de los lances pesqueros en los que se avistaron especies consideradas poco comunes o accidentales en el área de estudio.

Especies	Fechas	Número de individuos	Latitud (S)	Longitud (W)
Thalassarche bulleri	16 / 06 / 2002	1	41°2,15'	74°56,00'
Albatros de Buller	17 / 06 / 2002	1	40°56,45'	74°55,11'
Thalassarche salvini	07 / 06 / 2002	1	42°30,73'	74°55,11'
Albatros de Salvin	13 / 06 / 2002	3	40°56,22'	74°56,29'
	13 / 06 / 2002	3	40°59,93'	74°56,20'
	14 / 06 / 2002	3	40°56,56'	74°56,93'
	14 / 06 / 2002	1	51°23,63'	75°56,15'
	15 / 06 / 2002	2	40°56,48'	74°47,19'
	16 / 06 / 2002	4	41°2,15'	74°56,00'
	17 / 06 / 2002	2	40°56,45'	74°55,11'
	08 / 07 / 2002	1	39°11,94'	74°22,74'
	12 / 07 / 2002	1	39°21,02'	74°26,98'
	16 / 07 / 2002	2	40°35,47'	74°26,05'
	17 / 07 / 2002	2	40°38,35'	74°29,02'
	01 / 03 / 2003	1	52°29,93'	75°51,20'
	01 / 03 / 2003	1	52°33,19'	75°33,47'
	06 / 03 / 2003	1	55°1,60'	72°41,04'
	15 / 03 / 2003	1	49°48,05'	75°56,69'
	17 / 03 / 2003	1	48°3,29'	75°51,33'
	22 / 03 / 2003	2	49°50,01'	75°56,13'
	23 / 03 / 2003	1	49°50,25'	75°55,99'

Continua en página siguiente

Continuación Anexo 4

Procellaria cinerea	26 / 10 / 2002	1	42°32,76'	75°9,34'
Fardela gris	27 / 10 / 2002	1	45°54,32'	75°38,90'
	27 / 10 / 2002	1	42°35,81'	75°1,42'
	31 / 10 / 2002	1	42°32,74'	75°10,93'
	31 / 10 / 2002	1	42°33,47'	75°4,77'
	07 / 11 / 2002	3	42°34,48'	74°57,95'
	08 / 11 / 2002	5	42°33,49'	75°0,03'
	08 / 11 / 2002	6	42°33,86'	75°1,78'
	09 / 11 / 2002	2	42°34,75'	75°6,08'
	09 / 11 / 2002	6	42°33,26'	75°11,69'
	03 / 02 / 2003	1	52°29,96'	75°51,74'
	04 / 02 / 2003	1	52°8,31'	76°1,03'
	09 / 02 / 2003	1	55°45,63'	70°45,54'
Procellaria westlandica	12 / 10 / 2002	3	56°59,25'	67°33,94'
Fardela de Nueva Zelanda	13 / 10 / 2002	2	57°2,50'	67°30,96'
	15 / 10 / 2002	2	56°38,66'	69°10,38'
	17 / 10 / 2002	4	55°41,26'	70°51,25'
	02 / 11 / 2002	1	55°26,23'	65°51,71'
	10 / 11 / 2002	1	52°30,14'	75°38,49'
	15 / 03 / 2003	3	49°48,05'	75°56,69'
	17 / 03 / 2003	7	48°3,29'	75°51,33'
	18 / 03 / 2003	1	48°13,82'	75°54,98'
	20 / 03 / 2003	8	49°3,13'	76°0,98'
	22 / 03 / 2003	8	49°50,01'	75°56,13'
	23 / 03 / 2003	11	49°50,25'	75°55,99'
Puffinus creatopus	02 / 03 / 2003	1	52°57,15'	75°46,64'
Fardela blanca	15 / 03 / 2003	1	49°48,05'	75°56,69'
Pterodroma lessoni	04 / 02 / 2003	1	52°8,31'	76°1,03'
Fardela de frente blanca				
Pelecanoides urinatrix	28 / 09 / 2002	2	56°28,07'	69°31,85'
Yunco de los canales	18 / 10 / 2002	1	54°14,18'	74°38,91'
	07 / 11 / 2002	1	54°5,73'	74°5,51'
	15 / 11 / 2002	1	56°1,70'	71°14,95'
Pygoscelis adeliae	12 / 11 / 2002	2	56°1,40'	71°14,90'
Pingüino de Adelia				