



REPÚBLICA DE CHILE
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
SUBSECRETARÍA DE PESCA

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA



Informe Final

Proyecto FIP 2006 – 30

“SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE AVES MARINAS”

Instituto de Ecología y Evolución
Universidad Austral de Chile

Diciembre 2007



REPUBLICA DE CHILE
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
SUBSECRETARÍA DE PESCA

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA



Informe Final

Proyecto FIP 2006 – 30

Autores

Carlos A. Moreno. Jefe de Proyecto. Instituto de Ecología y Evolución UACH- Valdivia, Chile.

Rodrigo Vega. Instituto de Ecología y Evolución UACH- Valdivia, Chile.

Graham Robertson. División Antártica Australiana. Tasmania, Australia

Guillermo Luna. Facultad de Ciencias del Mar. Departamento de Biología Marina. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.

ÍNDICE

ÍNDICE de tablas	4
ÍNDICE de figuras	4
ÍNDICE de anexos	5
RESUMEN EJECUTIVO.....	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
2.1. Objetivo General.....	11
2.2. Objetivos Específicos.....	11
3. METODOLOGÍA	12
3.1. Objetivo específico N° 1.....	12
3.2. Objetivo específico N° 2.....	12
3.3. Objetivo específico N° 3.....	13
3.4. Objetivo específico N° 4.....	14
4. RESULTADOS.....	15
4.1. Observación Científica.....	15
4.2. Cumplimiento en la flota demersal de Bacalao de Profundidad.....	15
4.3. Censos previos de Albatros de ceja negra y cabeza gris en Isla Gonzalo.....	25
4.4. Censos fotográficos.....	26
4.5. Censos y sus correcciones.....	29
4.6. Identificación de instrumentos de educación para potenciar el plan de acción nacional.....	33
4.7. Cumplimiento observado en la flota pelágica.....	39
5. CONCLUSIONES	51
6. Horas hombre del personal participante	53
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Números de lances con espinel español y cachalotero efectuados por la flota de bacalao de profundidad (<i>Dissostichus eleginoides</i>) entre el 1 de septiembre y el 22 de diciembre de 2006.	17
Tabla 2. Resumen de autores, fechas y métodos usados para estimar la población de Albatros de ceja negra en las Islas Ildefonso.	30
Tabla 3. Número total de Albatros de ceja negra contados en base a fotografías aéreas (conteo total), sentados en nidos (primera corrección y sentado en nido con huevo (segunda corrección) en el Archipiélago Ildefonso el 26 de Octubre del 2002.	31
Tabla 4. Resultados de los censos realizados por el presente Proyecto FIP 2006-30 en la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez el 3 de Octubre de 2006.	32
Tabla 5. Revisión de las medidas de mitigación de captura incidental de aves marinas incluidas en la recomendación del Comité Científico de la WCPFC ³ . Adaptado de Melvin & Baker (2006).	38
Tabla 6. Especies de albatros vulneradas en la Pesquería de pez espada de acuerdo a ejemplares mantenidos en Coquimbo por IFOP. Identificación y otras variables identificadas por personal del Proyecto FIP 2006-30.	44
Tabla 7. Mortalidad incidental observada por investigadores del Proyecto FIP 2006-30 durante dos embarques en el 2007.	47
Tabla 8. Aves marinas capturadas en la Pesquería palangrera de pez espada durante la temporada de pesca 2007. Identificación y otras variables tomadas por observadores científicos de IFOP. Fuente: Base de datos de la pesquería de IFOP.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño general del espinel cachalotero.	18
Figura 2. Diseño de una línea lateral o barandillo y fotografías que ilustran tanto la bolsa cachalotera como la disposición de los anzuelos cerca del peso de cada línea secundaria.	19
Figura 3. Medición de tasas de hundimiento del palangre cachalotero al inicio del lance (A), centro (B) y final del lance (C). Como referencia se puede indicar que un petrel de mentón blanco bucea a 0.18 m/seg y los albatros jamás bucean más allá de 4 metros. En mediciones los anzuelos se demoran 5 segundos en llegar a 4 metros de profundidad. ($4/5 = 0.8$ m/seg).	20
Figura 4. CPUE (Kg/anz/minuto) obtenida a lo largo de las 5 últimas temporadas de pesca entre el Cabo de Hornos y la boca Oriental del estrecho de Magallanes (datos gentileza de Pesca Suribérica). ²¹	
Figura 5. Pérdidas (en % de la captura total de la temporada septiembre-diciembre) en los	

años 1 = 2002 (de Hucke <i>et al.</i> , 2004) y 2 = 2006, presente temporada.	22
Figura 6. Captura de Albatros de ceja negra por anzuelo v/s abundancia alrededor del buque como promedio mensual. SL= Sistema español y NS= nuevo sistema o palangre cachalotero.	23
Figura 7. Tendencia de la mortalidad incidental de albatros y petreles en la pesquería del bacalao de profundidad. Sin plan en el año 2002, con plan en el 2004 (según Moreno y Arata, 2006) y finalmente con cambio de arte de pesca durante el año 2006.	25
Figura 8. Serie de tiempo recopilada por Moreno & Arata (2002). Censo en Isla Gonzalo pre-pesca de palangre tomado de Schlatter (1984).	26
Figura 9. Al lado izquierdo aspecto parcial de una foto al 20% de su tamaño original y al derecho un segmento de la misma ampliado a 100% del tamaño original. Los conteos se hicieron entre 100 y 150% del tamaño original. (foto C.A. Moreno).	29
Figura 10. Islas Ildelfonso (izquierda) y Diego Ramírez (derecha). (Fotos C.A. Moreno).	30
Figura 11. Serie de tiempo actualizada del Albatros de ceja negra (<i>Thalassarche melanophris</i>) en la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez, Chile. El censo del 2006 es parte del Proyecto FIP 2006-30.	33
Figura 12. Serie de tiempo actualizada del Albatros de cabeza gris (<i>Thalassarche chrysostoma</i>) en la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez, Chile. El censo del 2006 es parte del Proyecto FIP 2006-30.	34
Figura 13. Ejemplo de cartillas colgantes, con información sencilla para identificar las aves más vulnerables y las técnicas de mitigación que el buque debe utilizar, describiendo el estándar mínimo para que sean eficientes..	35
Figura 14. Asistentes al Curso especial sobre el Plan nacional de acción- aves marinas realizado el 19 de febrero de 2007 en dependencias de la Universidad Católica del Norte (Coquimbo).	37
Figura 15. Asistentes al Curso de Identificación de aves marinas realizado el 20 de febrero de 2007 en dependencias de la Universidad Católica del Norte (Coquimbo).	40
Figura 16. En el recuadro interno se encuentra el Archipiélago de Juan Fernández y la zona de la corriente de Humboldt de Chile centro-norte. La flota palangrera pelágica opera en esa zona de la ZEE y como se observa hay una sobreposición de prácticamente del 100% con las rutas de vuelo del albatros de Australia y Nueva Zelanda. Recuadro amarillo corresponde al área de la Comisión de Pesquerías del Pacífico Oeste y Central (WCPFC en inglés).	42
Figura 17. Diseño de la línea espanta-pájaros de buque Elena S (Pesquera Omega Ltda.). Nótese que el diseño implica poner “streamers” o gallardetes colgados justo sobre la zona de peligro y no entre el buque y la zona de hundimiento del espinel.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario a emplear por observadores científicos en pesquerías palangreras chilenas.	57
Anexo 2. Original Paper – Presentado en la reunión del Comité Asesor de ACAP (By Catch WG Paper 8)	58
Anexo 3. Listado de asistentes al Curso Especial del Plan Nacional de Acción de Aves Marinas.	82
Anexo 4. Listado de asistentes al Curso de Identificación de Aves Marinas.	83
Anexo 5. Original paper – to Polar Biology – (publicación on-line)	84
Anexo 6. Resultados Crucero Tierra del Fuego WG-FSA 07/15	

Resumen ejecutivo

a) Chile esta en proceso de adoptar el Plan Nacional de Acción para reducir la mortalidad incidental de aves en las pesquerías de palangre, generado por un diagnóstico (FIP 2001-31) y la propuesta de un plan consensuado con la Industria pesquera palangrera (FIP 2003-21). El presente proyecto (FIP 2006-30) tiene por objetivo hacer un seguimiento del cumplimiento del Plan, y hacer un refinamiento de las medidas adoptadas de acuerdo a las experiencias de la pesquería demersal austral y pelágica de superficie que pesca principalmente pez espada.

b) En relación al primer objetivo específico “Evaluar el grado de cumplimiento de las medidas de mitigación y su nivel respecto a los estándares determinados en el Plan de Acción para las flotas palangreras nacionales”, hemos encontrado que la vulneración de aves marinas como albatros y petreles en la pesca con palangre español de bacalao de profundidad, en la temporada 2006 ha sido prácticamente erradicada. Sólo 29 (2,87%) de los 1.010 lances efectuados, se realizaron con palangre español, de los cuales todos usaron línea espantapájaros (100%). En general, el uso de líneas espantapájaros no era realizado correctamente, situación que fue subsanada por la intervención del mismo personal del proyecto. Todas las otras medidas adicionales tuvieron 100% de cumplimiento (desechos de la fábrica por lado opuesto del virado, luces al mínimo, velocidad de calado máxima de 7 nudos, etc.)

c) Los 981 lances restantes (aprox. 3.433.500 anzuelos calados) por su configuración basada en el espinel artesanal, modificada para una operación industrial (espinel con barandillo o cachalotero), que consiste en un peso y de 6 a 10 anzuelos por línea secundaria de 15 m de largo, tuvo una tasa de hundimiento de 0,75 a 0,80 m/seg. Debido a esto, la mortalidad incidental fue “cero” (aves muertas o enganchadas) y no fue necesario utilizar línea espanta-pájaros, ya que se relajó esa exigencia después de un experimento donde se compararon 30 lances v/s 30 lances con el nuevo sistema o cachalotero. El resultado fue de cero mortalidad en ambos tratamientos, pudiendo incluso afirmarse que el palangre cachalotero se comporta mejor que el palangre español. Cabe mencionar que la pesquería artesanal no se considero en la propuesta de plan, por cuanto no comprometía riesgos para la conservación de las aves marinas. Por lo tanto la pesquería industrial de bacalao de profundidad por primera vez en su historia, eliminó la interacción negativa con albatros y petreles. En este informe se incluye información detallada de este nuevo aparejo y una proposición para cambiar la medida de conservación en el Plan Nacional de Acción adecuada a este tipo de aparejo de pesca.

d) El censo de albatros en las colonias de la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez, se efectuó el 3 de octubre de 2006, en un vuelo charter de un Twin Otter de la compañía DAP de Punta Arenas. En este

censo se evaluaron los Albatros de ceja negra y cabeza gris. El primero de ellos mostró una tendencia declinante hasta el año 2001, fecha en que comenzó la preocupación por su conservación y que motivó la realización de un diagnóstico. Luego, a partir del 2001 ha mostrado una tendencia creciente, aún con los errores de contar albatros descansando fuera del nido y aquellos juveniles posados en un nido pero sin huevo que están incorporados en el análisis de la serie de tiempo. A esta colonia no es necesario agregar nuevas correcciones porque es una isla de superficie ondulada, donde un censo a pie prácticamente no se diferencia de uno aéreo, como en islas más abruptas. Las poblaciones reproductivas de años pares del Albatros de cabeza gris, no mostraron mayores cambios, debido a que su interacción con la pesca es marginal (véase Moreno y Arata, 2005). La parte de la población que se reproduce en años impares por otro lado, no tiene suficientes datos como para delinear una tendencia, pero se supone que cualquier cambio en ellas es ecosistema dependiente.

e) En relación a identificar los instrumentos de educación para pescadores pelágicos, el cumplimiento de este objetivo ha partido con la organización en Coquimbo de dos cursos, entre el 19 y 20 de Febrero del 2007, orientados a difundir el Plan de Acción entre los capitanes de pesca de la flota pelágica de pez espada y los observadores de IFOP que se embarcan en esos buques. En cada buque de la flota de pez espada, se entregó un instructivo plastificado con las medidas básicas de mitigación que se deben tener en cuenta, se discutieron las medidas del plan y otras que pueden ser útiles como perforar la vejiga natatoria de peces usados de carnada. En forma complementaria, a los observadores de IFOP de Coquimbo, se les hizo un curso especial de identificación de aves marinas con la colaboración de personal externo al proyecto, como el Dr. Alejandro Simeone y la MSc. Maritza Cortez. La temporada de operación anual de esta pesquería comienza en marzo y se extiende hasta finales de noviembre, principios de diciembre de cada año y los datos en el presente informe final incluyen todo este período.

f) Los valores de mortalidad incidental estimados para la pesquería del pez espada, en base a las encuestas a los observadores científicos de Instituto de Fomento Pesquero y validadas por embarques de dos investigadores del proyecto, se han estimado en una mortalidad promedio de 720 aves marinas (517 mínimo hasta 923 máximo). Las aves más vulneradas son albatros de ceja negra, fardela negra grande, albatros errante (de las antípodas), albatros de Salvin y Buller, petrel gigante y el albatros de frente blanca. Estas cifras son altamente preocupantes y podrían llegar a afectar el mercado del pez espada, por lo que se sugiere seguir trabajando exclusivamente en esta pesquería. Para encontrar una solución tecnológica a este problema. No obstante el cumplimiento de la usar pesos por sobre 60g en cada brazada se cumplió en 100% y el uso de líneas espantapájaros en 50% en calados diurnos.

1. Introducción

El problema de mortalidad incidental de aves marinas en la pesca del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) comenzó con el inicio de la pesca industrial de palangre en las Islas Georgia del Sur, en el Atlántico Sur, bajo administración internacional de la Comisión de Conservación de los Recursos Vivos de la Antártica (CCRVMA¹). Esta organización creó un grupo ad-hoc para revisar el tema y proponer soluciones en 1994². En esa reunión se puso de manifiesto que el problema existía en otras pesquerías de palangre en prácticamente todo el mundo, pero esencialmente había sido ignorado durante mucho tiempo, hasta que en las pesquerías pelágicas de atún del pacífico, la flota Japonesa comenzó a utilizar un elemento de mitigación que fue denominado “Tori pole” que consistía en arrastrar un palo con una cuerda desde la popa del buque durante el calado del espinel o palangre que cubriera la zona en la cual el espinel estaba hundiéndose.

En esa misma reunión, se estableció que existía información científica del problema en el Atlántico sur frente a Brasil, en el Pacífico Occidental en pesquerías japonesas con autorización y observación de parte de Australia y Nueva Zelanda y que los datos de la mayoría de las colonias de albatros alrededor de la Antártica mostraban fuertes declinaciones en sus tamaños poblacionales y en sus parámetros del ciclo vital, como tasas de mortalidad y sobrevivencia de la mayoría de las especies, siendo las especies más longevas las más afectadas (Ej. Albatros errante y Albatros real). Los primeros estudios de mortalidad incidental en estas pesquerías, mostraron sin ambigüedades que la pesca de palangre estaba introduciendo elevadas tasas de mortalidad y que dada su extensión en el mar eran la causa más plausible de la disminución observada de las poblaciones de aves marinas nidificantes en el continente antártico.

En Chile, este efecto permaneció sin información ni solución hasta los últimos seis años, en que se pudo desarrollar un proyecto de Investigación en las Islas Diego Ramírez, donde se observó una notoria disminución de la población reproductora de la Isla Gonzalo, ya que en comparación al censo realizado en 1980 por R. Schlatter y G. Riveros, sobre el número de parejas de Albatros de ceja negra en nidificación, este bajó un 25% hasta el censo desarrollado por J.Valencia, G. Robertson y P. Herrera en 1997 (Arata y Moreno, 2002), no obstante que estos autores estimaron que la reducción pudo haber alcanzado hasta un 50% alrededor de 1990, cuando la actividad de la flota palangrera en el extremo sur de Chile fue máxima.

¹ CCRVMA= Comisión de Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos. En Ingles CCAMLR.

² Informe del grupo de trabajo sobre la mortalidad incidental en la pesquería de palangre. Documento SC-CCAMLR-XIII.

Como una respuesta a estas interrogantes, y compromisos adquiridos por Chile en el Comité de Pesquerías de FAO, entre otras iniciativas, como International Fishers Forum, realizado en Nueva Zelanda en el año 2000, se desarrolló el Proyecto FIP 2001-31, cuyo objetivo fue estudiar las interacciones de nuestra flota que pesca bacalao de profundidad, tanto artesanal como industrial, con albatros y petreles. Estableciendo que las mayores tasas de captura ocurren en zonas cercanas a las colonias del Albatros de ceja negra al sur del Cabo de Hornos. Adicionalmente se encontró que éstas ocurrían principalmente durante los períodos en que las aves nidifican y se encuentran alimentando activamente a los pollos. Dado que en estos períodos, los requerimientos de alimentación del pollo son mayores, las aves adultas son más agresivas en la tarea de conseguir alimento para asegurar la sobrevivencia de su descendencia, y dejando en evidencia la ineficacia de las medidas voluntarias de mitigación utilizadas en las operaciones de pesca, al producir altas tasas de mortalidad sobre estas poblaciones (comparables con aquellas observadas en aguas de la CCRVMA antes de formación del grupo ad-hoc IMALF (CAPUE = 0.108 a 0.585 aves por 1000 anzuelos, entre octubre y diciembre y entre 0,0 y 0,012 en el resto del año). Lo cual implicó que el diagnóstico hecho para la pesquería de bacalao de profundidad mostrara que la flota industrial en aguas chilenas, vulneraba al menos 1588 aves como promedio anual, de las cuales el Albatros de ceja negra era el más afectado (Moreno *et al.*, 2003), no obstante que la flota artesanal de bacalao de profundidad prácticamente no registraba mortalidad incidental significativas (Moreno *et al.*, 2003; 2006).

En consecuencia, se dispuso la realización de un nuevo Proyecto (FIP 2003-21) que tuvo como objetivo principal desarrollar un Plan de Acción Nacional para reducir esta amenaza a la sobrevivencia de los Albatros de ceja negra en la zona sur de Chile, el cual en dos años de aplicación bajó la mortalidad en 74%. No obstante el Plan de Acción de Aves Marinas aún no se adopta legalmente, se inició un tercer proyecto para hacer un seguimiento de este problema (FIP 2006-30), en el cual se planteó hacer un seguimiento en el mar, en base a los datos de observadores, pero adicionalmente hacer un censo de las poblaciones del Albatros de ceja negra en la Isla Gonzalo, donde existe una serie de tiempo, con un dato pre-pesca de palangre (Schlatter y Riveros, 1997), datos post-pesca de palangre en 1997, y en Arata (2004) censos terrestres en 1999, 2000, 2001. Robertson en el 2002 exploró la posibilidad de hacer censos fotográficos aéreos obteniendo el mayor número de albatros con este método. Al respecto la tasa de incremento que se observó en esta serie de datos es mayor que la esperable por el efecto de una reproducción exitosa, lo que hizo que en general la metodología de censos de albatros fuera analizada de una manera estadísticamente más rigurosa. Los primeros análisis en este sentido se desarrollan más adelante, para cumplir con el objetivo del Proyecto que se prometió para el primer informe de avance, dado que este debía ser hecho durante octubre, mes en que los albatros se juntan a nidificar en las Islas al sur del Cabo de Hornos en el Mar de Drake, sur de Chile.

2. Objetivos del Proyecto

2.1. Objetivo General.

Por los antecedentes antes mencionados, el objetivo general de este proyecto será evaluar la aplicación del Plan de Acción Nacional para reducir la mortalidad incidental de aves en las pesquerías de palangre en Chile, tanto en sus niveles de adopción y aplicación, como en los niveles de reducción de la mortalidad de aves marinas.

2.2 Objetivos Específicos.

- 2.2.1. Evaluar el grado de cumplimiento de las medidas de mitigación y su nivel respecto a los estándares determinados en el Plan de Acción para las flotas palangreras nacionales.
- 2.2.2. Evaluar los niveles de mortalidad incidental presentes en las faenas de pesca palangreras en Chile, en base a una cobertura de muestreo de al menos 35% del esfuerzo en cada pesquería.
- 2.2.3. Censar el número de Albatros de ceja negra y cabeza gris en las colonias de la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez.
- 2.2.4. Identificar instrumentos de educación que permitan potenciar el plan de acción nacional.

3. Metodología

3.1. Objetivo específico N° 1.

Con relación al objetivo específico N° 1 (2.2.1), se pretende medir el grado de cumplimiento de cada buque de las medidas de mitigación concordadas en el Plan de Acción, esto es:

Pesquería de Palangre del Bacalao de Profundidad: a) uso de línea pajarera, que cubra al menos los 40 m por detrás de popa, ubicada a una altura mínima de 7 m sobre el nivel del mar y de al menos 90 m de longitud, b) no verter desechos de la fabrica (Offal) durante el calado, c) que el lastrado de la línea corresponda a una tasa de hundimiento mayor que 0.25 m/seg (6 kilos cada 40 m o 8.5 kilos cada 60 m) y d) velocidad de calado no mayor de 6.5 nudos.

Pesquería de Merluza y Congrio dorado: a) calado estrictamente nocturno (entre 1 hora después del anochecer y 1 hora antes del amanecer), b) luces de cubierta al mínimo, c) eliminar desechos por la banda opuesta a la del virado y d) no eliminar desechos de la fabrica durante el calado de los espineles.

Pesquería del pez espada: a) uso de línea espantapájaros o pajarera, b) lastrado del reinal con pesos iguales o mayores de 60 g., c) calado nocturno (una hora después del anochecer y antes del amanecer) y d) no eliminar desechos durante al menos media hora antes del calado.

Otras pesquerías. Para ello se contempla el embarque de observadores científicos en buques de la Pesquería Sur Austral de Chile (PDA), tanto para la pesquería del Bacalao de profundidad como de la Merluza Austral y Congrio Dorado, en naves de las principales empresas pesqueras: Pesca Chile, Suribérica y Globalpesca. En la pesquería de pez espada, se obtendrá información a través de embarques de observadores científicos preparados especialmente para estas labores, o capacitando observadores que se embarcan regularmente en esta flota. Esto dependerá de la coordinación que se alcance con el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), institución que ya posee un programa de observación científica en esta pesquería.

3.2. Objetivo específico N° 2.

Para evaluar la eficacia de las medidas de mitigación -Objetivo específico N° 2 (2.2.2), los niveles de mortalidad incidental de aves marinas en operaciones con palangre en la PDA, serán medidos de la misma

forma que en los dos proyectos FIP anteriores, para lo cual se realizarán embarques con observadores científicos capacitados, con experiencia previas en la zona Antártica y en Chile, para evaluar las medidas de mitigación utilizadas en al menos 35% de los buques de la flota, lo que será expandido al total del esfuerzo de pesca realizado. Adicionalmente, estos observadores tendrán la misión de interactuar con los capitanes de pesca con el objetivo de mejorar el desempeño del buque en cuanto a minimizar la captura incidental de aves marinas.

En el caso de la Pesquería pelágica de Pez Espada, la observación y recopilación de datos necesarios para estimar los niveles de mortalidad incidental de aves marinas, se realizará a través del embarque de observadores científicos, los cuales, dependiendo de la coordinación que se alcance con el Programa de Seguimiento de esta Pesquería del IFOP, podrán ser exclusivos para estas labores o serán capacitados para realizar observaciones dentro de los viajes que se monitoreen regularmente en esta flota. Al igual que para las otras pesquerías, la cobertura total será al menos el 35% de los viajes realizados por la flota en el período de estudio.

3.3. Objetivo específico N° 3.

Para el cumplimiento del objetivo 3 (2.2.3) se realizará un vuelo sobre la Isla Gonzalo en un avión Twin Otter de ala alta que permite volar con reducción de velocidad, a 300 metros de altura y fotografiar con un ángulo de 45° respecto de la línea de costa de la Isla cubriendo tanto las colonias del talud como de la zona alta. Para ello se seguirá la metodología usada por Lawton *et al.* (2003) y Arata *et al.* (2003), utilizando una cámara electrónica SLR Nikon D200 con lente reductora de vibraciones AFS 80-200 f/2.8 D. Este vuelo se realizó durante las primeras semanas de octubre, época en que los Albatros de cabeza gris y ceja negra se encontraban en etapa de incubación en la Isla Gonzalo, ya que antes y después es más difícil encontrarlos en sus nidos. Los censos de albatros se han desarrollado en el mundo contando los adultos sentados en los nidos, bajo los supuestos que son una pareja reproductora. Los juveniles hasta la edad de primera madurez no se pueden censar ya que no se hacen presente en las colonias reproductivas de sus padres en su totalidad, y aquellos que lo hacen ocurre al séptimo u octavo año de su nacimiento (Arata, 2004). Consecuentemente, se tratará de estimar el número de parejas reproductivas como una forma de tener un seguimiento de los cambios poblacionales (véase por ejemplo Stranger, 2006). Las fotografías digitales de 10 MB c/u, se analizan en Adobe Fotoshop v9 en versión “RAW” donde se puede sobreponer un punto de color sobre cada ejemplar y luego contar los puntos de diferentes colores para cada especie. Así se podrán censar simultáneamente *Thalassarche melanophrys* y *T. chrysostoma* (Albatros de ceja negra y cabeza gris respectivamente).

Para analizar los datos de este censo, se invitó como experto internacional al Dr. Graham Robertson de la División Antártica Australiana, quien gustoso ha aceptado colaborar en este proyecto para estos efectos y participar en el vuelo del censo programado.

3.4. Objetivo específico N° 4.

En relación al objetivo específico N° 4 (2.2.4), aprovechando la experiencia anterior de nuestro equipo de trabajo, se dispondrá variados materiales educativos que se poseen en cantidad suficiente, como para ser dejados a bordo de cada buque de pesca de palangre.

En la pesquería de pez espada se perseguirán los mismos cuatro objetivos específicos, pero además se hará un esfuerzo especial en capacitar los observadores y educar a capitanes de pesca que trabajen en esta pesquería actualmente, además de preparar materiales ad-hoc, para que su trabajo habitual no se vea afectado, por las labores adicionales que podrían desarrollar. Para ellos se ofrecerá un curso especial sobre el Plan Acción Nacional -Aves marinas, a los observadores, capitanes y tripulantes en Coquimbo.

4. Resultados

4.1. Observación Científica.

Para cubrir adecuadamente la flota de 10 buques y 2 lanchas que pesca bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° L.S, cuya mayor actividad ocurre entre septiembre y diciembre, y con ello registrar toda la mortalidad incidental de aves marinas (Moreno y Arata, 2006), se coordinó con el Sr. Jorge Azocar, encargado del Programa de observación científica del IFOP, en cooperación con el Sr. Marcelo García de la Subsecretaría de Pesca, el uso de un formulario (Anexo 1) para evaluar el cumplimiento, el que portarán todos los observadores científicos de IFOP que se embarcan esta temporada en mareas en los Buques: Polarpesca y Globalpesca I y II. Cabe mencionar que el formulario antes señalado, será también usado por los observadores científicos de IFOP en la pesquería palangrera de superficie. En forma general tres investigadores del Instituto de Ecología y Evolución de la UACH, Srs. Pablo Reyes Lobao-Tello, Elías David Fernández Niño y Ulises Dagomar Mella Osorio se embarcaron en la pesquería de bacalao, cubriéndose así más del 50% de la flota. Por otra parte, el investigador del proyecto Sr. Rodrigo Vega y el observador de la Universidad Sr. Humberto Flores, se embarcaron en buques de la flota palangrera de pez espada entre Julio y Septiembre del 2007, dado que en estas fechas recién la totalidad de la flota comenzó sus operaciones. El retardo de la operación de flota, se debió a las condiciones oceanográficas anómalas que se han presentado durante la presente temporada.

4.2. Cumplimiento en la flota demersal de Bacalao de Profundidad.

La Universidad Austral de Chile, embarcó a 3 Investigadores, 2 en buques de la Empresa Sur Ibérica (PAM³ Isla Santa Clara y PAM Isla Sofía y 1 en el PAM Polar Pesca de la Empresa Pesca Chile. Los PAM^s, Isla Santa Clara e Isla Sofía, operaron en zona de pesca de manera coordinada con el PAM Cisne Blanco, de esta forma se pudo observar mediante el uso de binoculares, si las líneas espantapájaros o Tori pole eran o no desplegadas en cada lance. Además los observadores del proyecto en varias oportunidades pudieron estar a bordo de otros buques palangreros, en momentos cuando se dirigían a los canales a capear temporales, principalmente a Bahía Arquistade y otras Bahías en el archipiélago de Wollaston, en estas pausas fue posible adiestrar a las tripulaciones y oficiales, sobre la manera correcta de uso de la línea espantapájaros o tori pole, incluyendo además orientación para confección de líneas espantapájaros de

³ P.A.M: Nombre genérico que distingue a los Pesqueros de Alta Mar.

mayor calidad buscando un mejor desempeño en las operaciones con palangre español. Los observadores también pudieron recoger información de otras embarcaciones pertenecientes al mismo armador.

Adicionalmente IFOP tuvo dos observadores en los buques de Globalpesca. Sin embargo, hasta el momento de preparar el presente informe no se dispuso de la información recopilada por éstos. No obstante, el número de lances con palangre español y con espinel cachalotero realizados por esta embarcación fueron informados por el Armador Sr. Eduardo Infante, además que se nos permitió revisar las bitácoras de pesca.

No se hizo ningún esfuerzo en poner observadores en las lanchas de Pesquera Isla del Rey (Santa Sofía I y II), ya que ellas usan el espinel artesanal que no tiene ningún impacto sobre las aves marinas. Sin embargo se les instruyó en la técnica de proteger sus capturas de los cachalotes.

Uso de línea espantapájaros.

La flota pesquera de bacalao durante la temporada septiembre-diciembre 2006, comenzó operando en la “Barranca”, caladero ubicado al sur-este de las Islas Diego Ramírez. Los primeros lances que se registraron fueron con palangre tipo español, con cumplimiento de casi 100% en uso de línea espantapájaros, pero en muchos casos mal desplegadas. No obstante a los pocos días todos los buques se cambiaron al espinel cachalotero. Este cambio obedeció a que durante el final del 2005 se hicieron pruebas con un tipo de espinel basado en el diseño de un espinel artesanal, es decir una línea principal gruesa de la cual cuelgan líneas secundarias o patas (véase Moreno *et al.*, 2006 y Manuscrito adjunto en Anexo 2). Además este tipo de espinel, permitió adicionar protecciones contra la remoción de los peces por parte de los cachalotes y orcas. Inicialmente se usó el “pulpo” que eran un conjunto de cuerdas de perlón desmembradas o destorcidas), que se colocaban por sobre los anzuelos encarnados, las que al subir durante el virado, se orientan hacia abajo y cubren escondiendo al pez. Sin embargo esta técnica que dio resultados inicialmente, fue abandonada debido a que los cachalotes y orcas aprendieron muy rápido a remover peces de este camuflaje y por otro lado en condiciones de fuertes corrientes, estas fibras flameaban dejando totalmente visible el pez. La segunda opción, aplicada masiva e inicialmente diseñada y probada en P.A.M de la empresa Suribérica (año 2005) y enseguida luego por los P.A.M. de la empresa Pesca Chile (2006), consistió en colocar en vez del pulpo, una bolsa o manga de malla móvil, que se instala en cada lineal secundaria o pata, que al bajar cubre totalmente el pez. Como consecuencia de la alta efectividad de esta última modificación, ésta se extendió rápidamente al resto de los P.A.M de la flota industrial. (Tabla 1), y se mantuvo en operaciones hasta fines de Diciembre, conforme a lo observado por los investigadores de la Universidad Austral de Chile.

Consecuentemente con estos resultados, las medidas de uso de línea espanta-pájaros no fueron necesarias, toda vez que el nuevo sistema posee un comportamiento durante el calado que garantiza tasas de hundimiento superiores a 0.75 m/seg, de forma que los anzuelos y sus carnadas, alcanzan una profundidad de 15 metros en un tiempo no mayor a los 30 segundos. Esta velocidad de hundimiento es inalcanzable para casi la totalidad de las aves marinas incluyendo albatros y petreles, y como consecuencia el riesgo de enganche de las aves es marginal o nulo, por lo cual no se hace necesario desplegar líneas espantapájaros.

Descripción del Palangre mixto, chileno o cachalotero.

Este aparejo se caracteriza por la eliminación de la línea madre clásica de los palangres españoles, la que colgaba desde una línea gruesa de seguridad llamada “retenida” por una serie de “barandillos”, que en el Palangre cachalotero se reemplazan por líneas de polipropileno de 4 mm de diámetro y de sólo 15 metros de largo, en vez de 40 como ocurría con el “barandillo” (Fig.1).

Tabla 1. Números de lances con espinel español y cachalotero efectuados por la flota de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) entre el 1 de septiembre y el 22 de diciembre de 2006.

Naves Pesqueras	Lances Espinel español		Lances Espinel Cachalotero	
	Nº Lances	Uso Toripole	Nº lances	Uso Toripoles
1. Isla Camila	3	Si	101	No necesario
2. Isla Santa Clara	0		113	No necesario
3. Isla Sofía	2	Si	99	No necesario
4. Cisne Blanco	5	Si	107	No necesario
5. Magallanes III	0		120	No necesario
6. Polar Pesca	2	Si	110	No necesario
7. Faro de Hércules	0		114	No necesario
8. Puerto Ballena	5	Si		No necesario
9. Globalpesca I	6	Si=5 No=1	108	No necesario
10. Globalpesca II	6	Si	109	No necesario
11. Santa Isabel I	0	No necesario	¿	No necesario
12. Santa Isabel II	0	No necesario	¿	No necesario

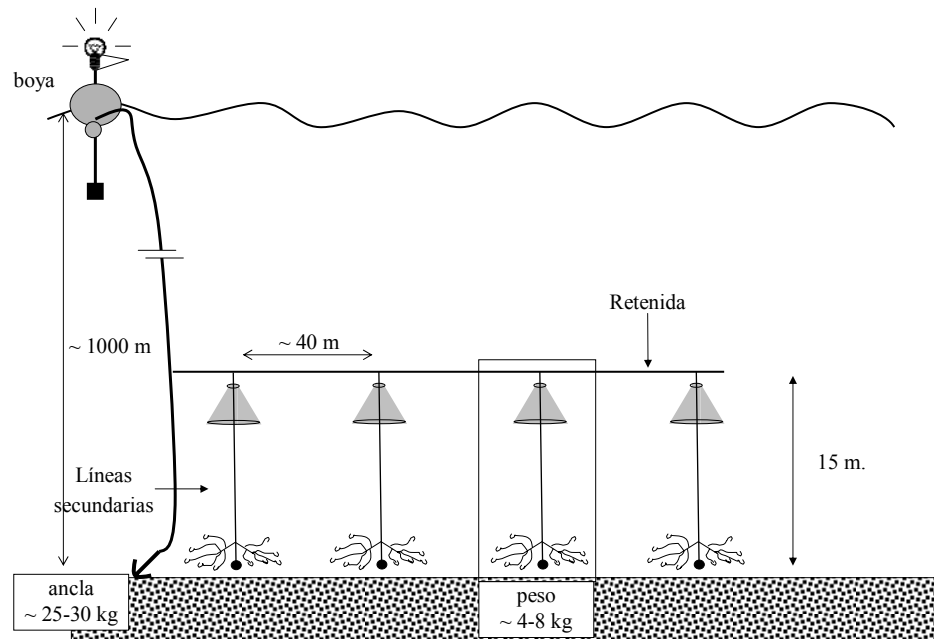


Figura 1. Diseño general del Espinel cachalotero. En el recuadro un barandillo descrito en detalle en la figura 2.

De esta manera, en cada línea secundaria (antes barandillo) se coloca una piedra de entre 4 y 8 kilos de peso en su extremo, cerca de la cual se instalan los anzuelos, ahora en dos grupos de 5 anzuelos cada uno. Al momento de calar se instala desde su extremo inferior y antes de amarrar la piedra y los anzuelos, una bolsa de red con forma cónica que llamaremos “cachalotera” que es apelativo usado por los pescadores (Fig. 2).

Cada anzuelo se amarra a un reinal corto, que ahora se agrupan de a 5 a cada lado del peso (Fig. 2), generalmente encarnados con sardina. Una de las características de este nuevo método es que concentra las carnadas en puntos sitiados cada 40 m lo que generaría una mayor atracción de los peces, ya que con la mitad o menos anzuelos que el sistema tradicional (aprox. 8.000 a 10.000 anzuelos) en el mismo período de tiempo, obtuvieron capturas muy similares a años anteriores (Figura 4). Cada espinel lleva un promedio de 350 líneas secundarias o barandillos de tal manera que el esfuerzo total por lance es aproximadamente $350 \times 10 = 3.500$ anzuelos.

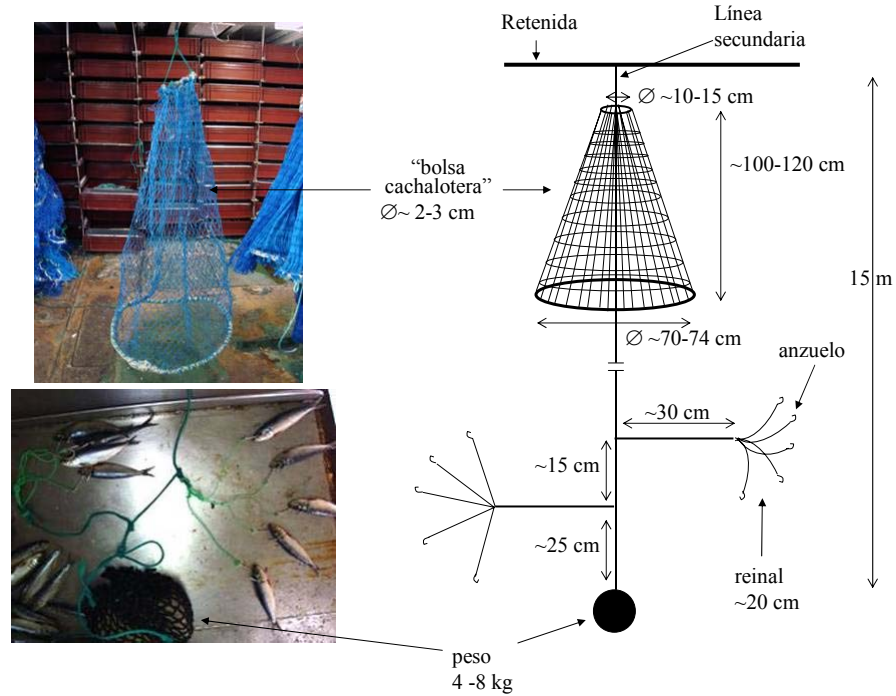
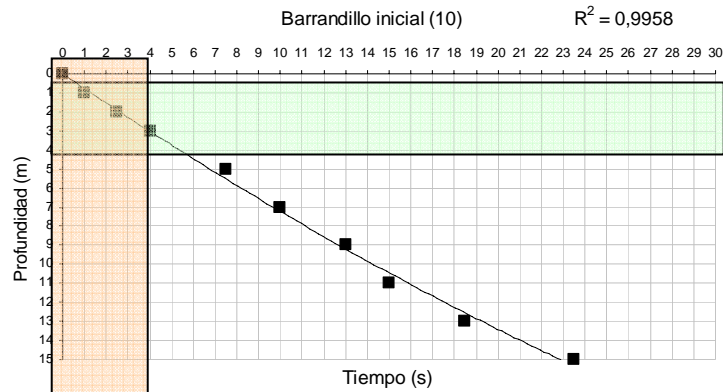


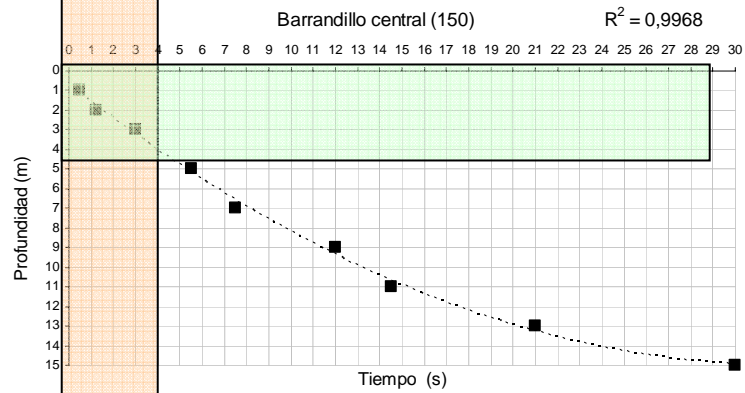
Figura 2. Diseño de una línea lateral o barandillo y fotografías que ilustran tanto la bolsa cachalotera como la disposición de los anzuelos cerca del peso de cada línea secundaria.

Por otro lado, las tasas de hundimiento de estos espineles modificados son muy altas en los primeros, 4 m de profundidad, alcanzado velocidades de 0.75-0.80 m/seg, las cuales se mantienen hasta que la línea secundaria o pata está totalmente estirada (Fig. 3). Esto no sólo evita que las aves puedan engancharse en los anzuelos, sino que ni siquiera se posan en el agua detrás del buque, ya que el peso de la línea secundaria se hunde antes de un segundo inmediatamente detrás de la popa del buque.

A



B



C

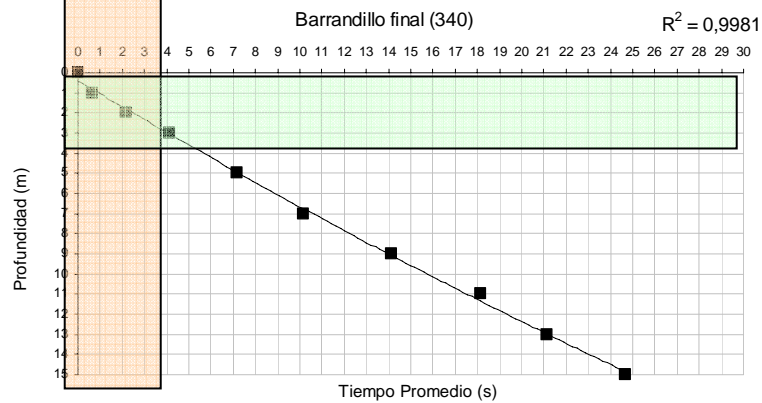


Figura 3. Medición de tasas de hundimiento del palangre cachalotero al inicio del lance (A), centro (B) y final del lance (C). Como referencia se puede indicar que un petrel de mentón blanco bucea a 0.18 m/seg y los albatros jamás bucean más allá de 4 metros. En mediciones los anzuelos se demoran 5 segundos en llegar a 4 metros de profundidad. ($4/5 = 0.8$ m/seg.).

Por otra parte, la tasa de captura o CPUE comparada con años anteriores, de acuerdo a los datos proporcionados por el buque Santa Clara, presentan la característica de ser más estables entre finales de octubre a diciembre de cada año, en cambio la CPUE con el espinel español sin modificar, es aparentemente mas alta desde inicio de temporada hasta aproximadamente el 15 de octubre de cada año (Fig. 4).

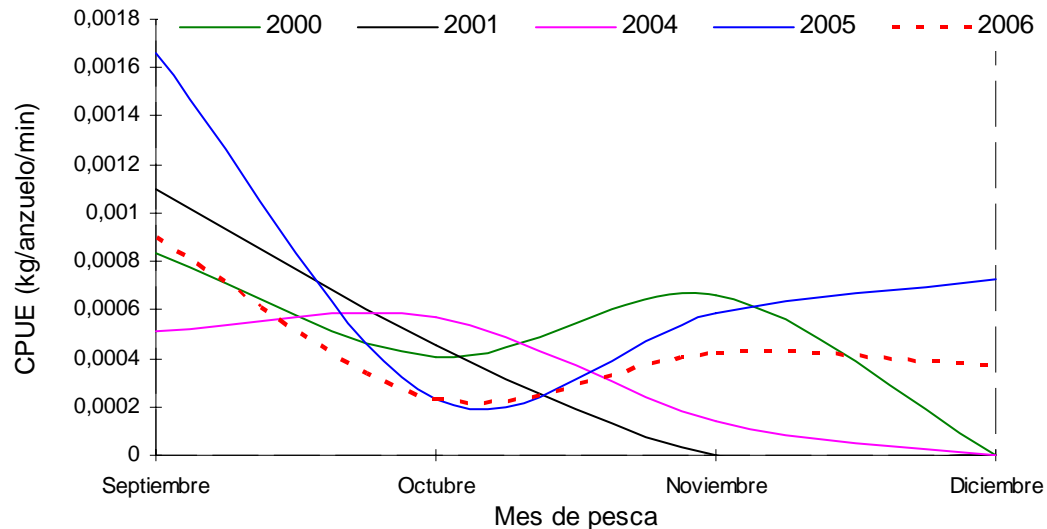


Figura 4. CPUE (Kg/anz/minuto) obtenida a lo largo de las 5 últimas temporadas de pesca entre el Cabo de Hornos y la boca Oriental del estrecho de Magallanes (datos gentileza de Pesca Suribérica) La línea punteada del 2006, corresponde al espinel cachalotero, mientras que todas las otras al palangre español sin cachalotera.

Es justamente esta característica, señalada en la figura 4, la que ha motivado a los pescadores ha cambiarse a este aparejo de pesca y se piensa que la variación ocurrida en años anteriores se debe a la llegada de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) y orcas (*Orcinus orca*) en alguno de los períodos tanto iniciales como finales de la temporada de pesca. Como una manera de cuantificar este efecto, se comparó en base a 113 lances ejecutados por el PAM Isla Santa Clara, las pérdidas de peces tomados de la línea por cachalotes y orcas, respecto a la situación descrita por Huckle *et al.* (2004), tomando datos del año 2002 (Fig. 5). Donde se observa una reducción de pérdidas de un orden de magnitud entre los datos sin la “cachalotera” y con su uso el 2006. Entonces sin duda a los precios actuales esto puede significar una temporada con ganancia o sin ella.

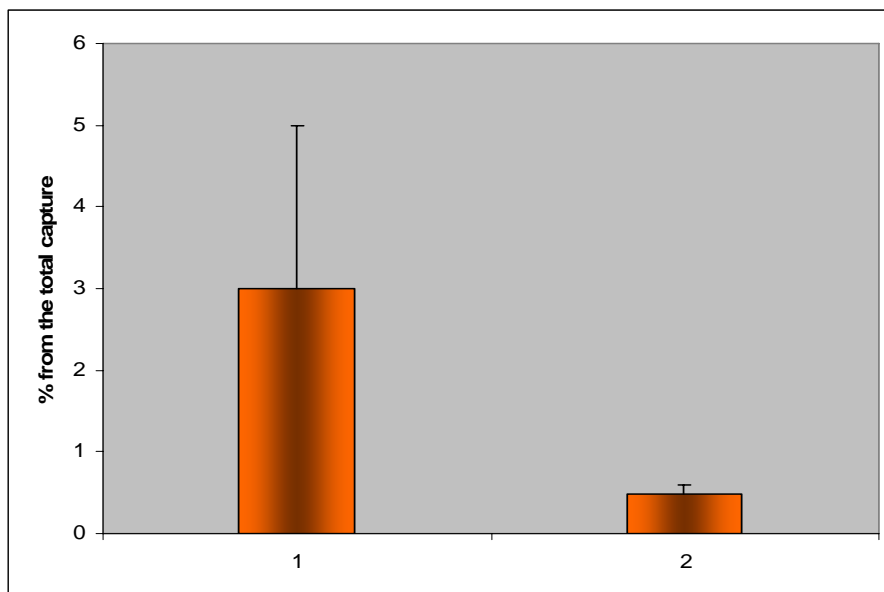


Figura 5. Pérdidas debido a cachalotes y orcas (en % de la captura total de la temporada septiembre-diciembre) en los años 1= 2002 (de Hucke *et al.*, 2004) y 2=2006, presente temporada.

Consecuencias del uso del Espinel cachalotero.

Las medidas de Conservación del Plan Acción Nacional de –Aves marinas, aplicables a la pesquería del bacalao de profundidad son esencialmente:

- a) Uso de línea espantapájaros con el palangre tipo español (con retenida).
- b) Uso de dos líneas durante noviembre y diciembre, época en que los Albatros de ceja negra están criando sus pollos recién eclosionados del huevo.
- c) No liberar descargas de la fabrica durante el calado
- d) Descargar por la banda opuesta a la zona de virado.

Debido a que el Espinel cachalotero no representa un riesgo para las aves marinas, aún en las más altas concentraciones de aves alrededor de los buques (Figura 6), carece de sentido hacer obligatorio el uso de líneas espantapájaros, situación que queda de manifiesto en un experimento simultáneo entre dos observadores en diferentes buques, este experimento consistió en medir la densidad de aves alrededor del buque, siguiendo una metodología empleada anteriormente (Moreno *et al.*, 2006). Se decidió hacer 30 lances sin uso de línea espantapájaros desde el 15 de septiembre hasta el 15 de octubre, controlando con lances paralelos en otro buque con líneas espantapájaros. Sin perjuicio de que los resultados no son

suficientes para sostener un test estadístico, lo concreto es que en pleno día arrojó cero captura incidental en ambos tratamientos. De la misma manera, frente a la alta abundancia de Albatros de ceja negra, que son los más agresivos en atacar las carnadas de los espineles, la mortalidad incidental continuó siendo “CERO” aves muertas. Esto queda de manifiesto en una comparación de la mortalidad incidental entre años de la figura 6, donde se compara el año 2002 con la tasa de mortalidad más alta del palangre español v/s el palangre cachalotero en el 2006, donde a pesar que aumenta la abundancia de aves alrededor de los buques, éstas ni siquiera llegan a posarse porque simplemente no ven carnadas desde el aire, debido a la velocidad de hundimiento del aparejo. Entonces el rediseño del palangre español, conocido ahora como espinel cachalotero, fue realizado íntegramente por los usuarios de la pesquería, debido a las fuertes pérdidas con la interacción con mamíferos marinos, lo cual ha resultado indirectamente en la erradicación de la mortalidad de aves marinas en operaciones de palangre en la pesquería de bacalao de profundidad en Chile.

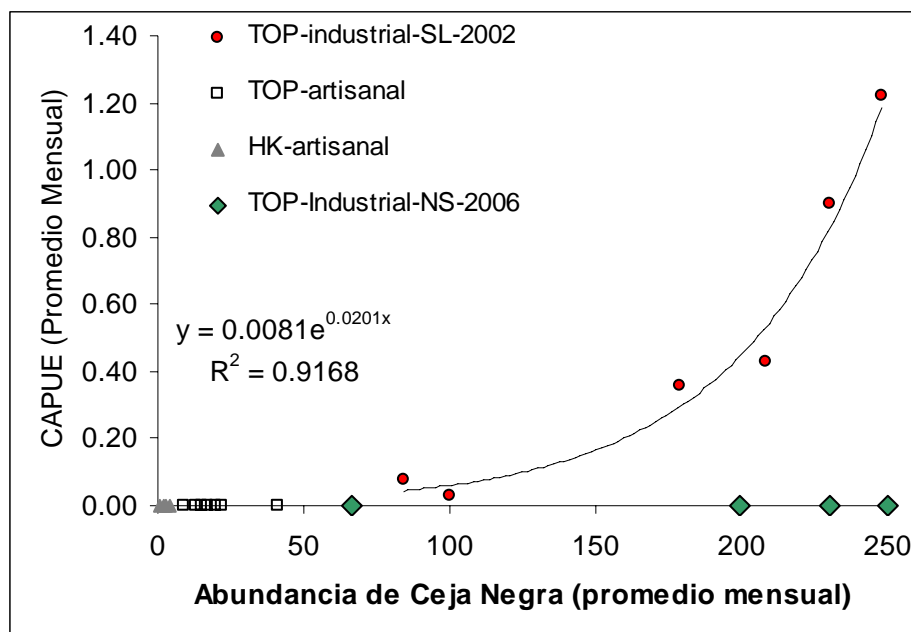


Figura 6. Captura de Albatros de ceja negra por anzuelo v/s abundancia alrededor del buque como promedio mensual. SL= Sistema español y NS= nuevo sistema o palangre cachalotero.

Como consecuencia el uso del espinel cachalotero, las operaciones de pesca industrial han alcanzado una condición de bajo riesgo para la conservación de las aves marinas, similar a las operaciones de pescadores artesanales de bacalao de profundidad. Sin embargo, el uso de uno u otro espinel por parte del sector industrial sigue estando sujeto a estrategia de pesca, dependiendo de la abundancia del recurso o presencia de ballenas en la zona de pesca, por lo anterior, no es recomendable abandonar el monitoreo y control

sobre la flota industrial, ni menos abandonar la aplicación del Plan Acción. Nacional. Al respecto se sugiere agregar un párrafo, que fue conversado con otros integrantes de la Mesa de Trabajo del PAN-AM, en el sentido que:

“En caso de usar palangre mixto horizontal y vertical, conocido como palangre cachalotero, la obligatoriedad del uso de líneas espanta-pájaros queda excluida en la pesquería del Bacalao de Profundidad (*D. eleginoides*), pero se mantiene vigente en el caso que en la misma pesquería se vuelva a usar palangre de tipo español, antes o después del uso del palangre cachalotero. Así mismo, continua la obligatoriedad de las medidas adoptadas en otras pesquerías tanto demersales como pelágicas”.

En conclusión, los niveles de cumplimiento de las medidas acordadas para el PAN-AM no pudieron ser evaluados en su plenitud y rigurosidad, por cuanto el escenario actual de las operaciones de pesca, incluyen un método basado en el espinal artesanal modificado, lo que ha permitido a la industria mantener e incluso mejorar su rendimiento pesquero, evitando paralelamente la interferencia con cachalotes y orcas y eliminar la mortalidad de aves marinas en sus operaciones durante la temporada 2006 (Figura 7). En este sentido se puede asegurar que están dadas las condiciones para alcanzar un éxito del PAN-AM., en la medida que estas innovaciones tecnológicas del método de pesca se extiendan adecuadamente a otras pesquerías nacionales de palangre.

Las medidas de Conservación aprobadas por el Pam-Am para la flota demersal de merluza austral y congrio dorado fueron a) calado estrictamente nocturno (entre 1 hora después del anochecer y 1 hora antes del amanecer), b) luces de cubierta al mínimo, c) eliminar desechos por la banda opuesta a la del virado y d) no eliminar desechos de la fábrica durante el calado de los espineles e) velocidad de calado max. 7 nudos.

Dado que debido al comportamiento alimentario de estas dos especies de peces es estrictamente nocturno, la flota opera calando siempre de noche, pasada la media noche tal como se comprobó en trabajos de evaluación anteriores (FIP 2001-31) en los que tuvimos observadores a bordo. Por esta condición la mortalidad de aves marinas en esta pesquería es mínima y por otro lado el número de buques que operaban en el año 2002 era mayor (12) que los que operaron en el 2006 (7) . Debido a ello los recursos del presente proyecto los concentramos en la pesquería del bacalao de profundidad donde ocurría la mayor mortalidad y en la del pez espada donde no había suficiente información. No obstante, algunos buques durante la pesca de Bacalao hicieron lances cortos a la merluza austral hacia mediados de diciembre para aprovisionar los buques, sin que se observara mortalidad de aves.

Adicionalmente, se desarrolló un crucero en el palangrero Tierra del Fuego en Junio del 2007, con el objetivo de hacer una comparación de las tasas de hundimiento del palangre español y el chileno con el objetivo de conseguir su uso en aguas de la Antártica (CCAMLR) cuyos resultados se presentan en el anexo 6. Este objetivo se consiguió en la reunión que acordó hacer un experimento en gran escala con ambos tipos de palangre en la subarea estadística 48.3 (South Georgia).

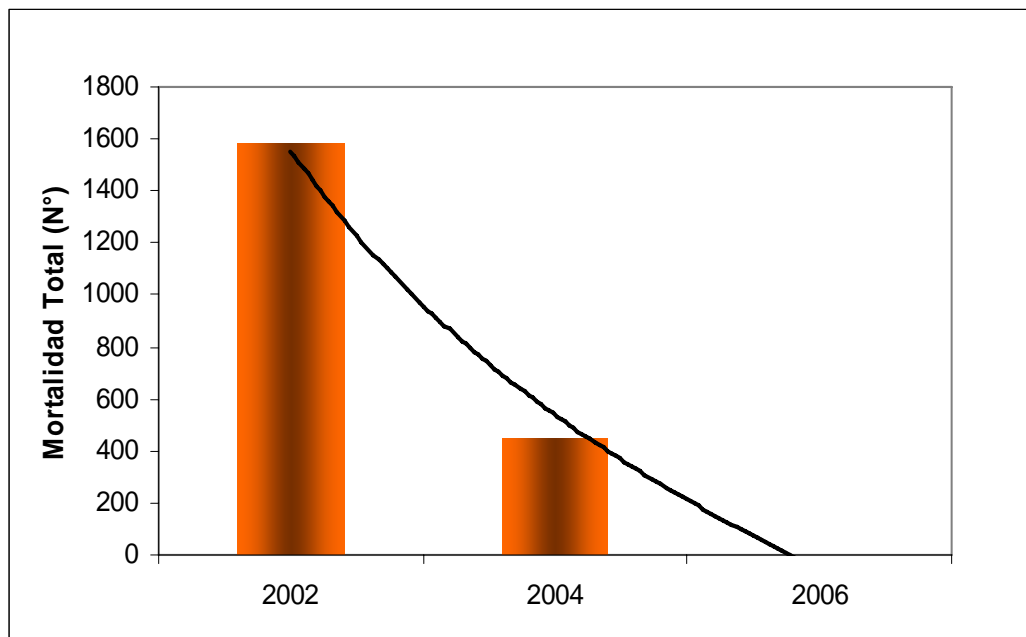


Figura 7. Tendencia de la mortalidad incidental de albatros y petreles en la pesquería del bacalao de profundidad. Sin plan en el año 2002, con plan en el 2004 (según Moreno y Arata, 2006) y finalmente con cambio de aparejo de pesca durante el año 2006.

4.3. Censos previos de Albatros de ceja negra y cabeza gris en Isla Gonzalo.

La serie de tiempo que se ha acumulado desde 1980 hasta el año 2002, se presenta a continuación (Fig.8). Se puede observar que antes de la pesca de Bacalao de profundidad en 1980, se registraron 5.173 pares de albatros, cabe señalar que éstos se cuentan durante el período en que están empollando en el nido, y por cada albatros que hay sobre el huevo hay otro que se encuentra alimentando. La estimación del error de muestreo se debe a la diferencia encontrada entre los diferentes observadores que desarrollaron los censos.

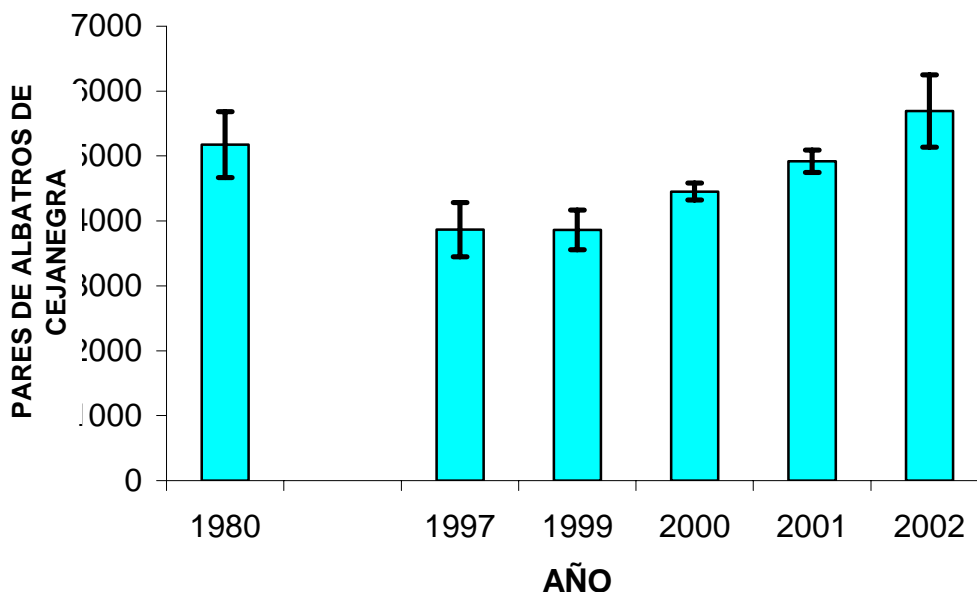


Figura 8. Serie de tiempo recopilada por Arata & Moreno (2002). Censo en Isla Gonzalo pre-pesca de palangre tomado de Schlatter (1984).

En 1997 y 1999 se observó un número estable y luego un incremento fuerte en los últimos años (2000 al 2002). Sin embargo, este incremento resulta difícil de entender, ya que significaría que esta población está reclutando más de un pollo por pareja y/o existe un proceso de migración desde otras colonias en declinación como son Las Malvinas o Georgia del Sur. Existe la posibilidad también que los diferentes censos no sean comparables, ya que han sido realizados con diferentes métodos (2002 censo fotográfico) y años anteriores 1997 hecho por G. Robertson con conteos en tierra y luego 1999, 2000 y 2001 por Arata (2004), quien estuvo un largo período de tiempo instalado en la Isla. De esto se concluye que sólo las estimaciones realizadas entre 1999 y 2001 son en base al mismo método. Sin embargo Robertson *et al.* (2007 in press; Anexo 5) en las Islas Ildelfonso, desarrolló un metodología de ajuste que permite, por un lado estandarizar y evaluar las estimaciones de abundancia, incluyendo los errores de proceso y observación.

4.4. Censos fotográficos.

El día de 3 de octubre de 2006, se efectuó el chárter en el avión Twin Otter de la Empresa Aérea DAP de Punta Arenas por todo el día. Las condiciones meteorológicas ese día fueron excepcionales, ya que estuvo despejado y sin viento desde Punta Arenas hasta las Islas Diego Ramírez, encontrándose estas últimas cubiertas con una delgada capa de nubes a 650 m de altura generando una luz apropiada para los censos.

Los censos, se realizaron desde el asiento del copiloto del avión, utilizando una cámara SLR digital de 10.2 megapíxeles y un lente de 70-200 mm. y f 2.8 grabadas en archivos RAW de máximo nivel de resolución y sin compresión. Las fotografías fueron tomadas en tres pasadas sobre cada isla, a alturas de 200, 300 y 500 metros sobre el nivel del mar. Se censó primero las Isla Gonzalo, objetivo de este estudio y posteriormente la isla Bartolomé del mismo archipiélago en vuelos que tuvieron una duración aproximada de 3,5 horas. Posteriormente, se voló a Puerto William para reabastecer el avión de combustible. En la segunda parte, de 3 horas de vuelo, se censaron las Islas Ildfonso y el Islote albatros en el viaje de regreso a Punta Arenas. Este último punto es una pequeña colonia de nidificación de Albatros de ceja negra, al fondo del Seno Almirantazgo, cerca de la desembocadura del Río Azopardo, descrita por Aguayo *et al.* (2003).

Aprovechando el viaje a Australia del Investigador principal en Octubre del 2006, se realizaron en la División Antártica Australiana, los conteos de albatros en las fotos, siguiendo la siguiente metodología:

Metodología en computador/Photoshop (v9).

1. Asegurarse que las fotografías raw fueran archivadas y respaldadas. Crear una copia para el trabajo, nunca trabajar con los archivos originales. Consecuentemente todos los pasos siguientes se refieren a los archivos de trabajos.
2. Transformar los archivos no comprimidos en archivos “.tif” y seleccionar las fotos que serán contadas comparando la calidad y cobertura obtenida en cada una de las alturas, seleccionando las de mejor resolución (véase figura 2 como ejemplo de amplificación), asegurándose que toda la isla fuese cubierta por la secuencia seleccionada.
3. Organizar las fotografías en orden y definir los bordes para juntarlas utilizando la composición final, pegando las fotos contiguas. Durante el trabajo utilizamos dos aproximaciones para evitar el conteo doble.
4. Un primer enfoque, consiste en construir un montaje de dos fotos cuando el terreno es simple y cuando las fotos están tomadas en forma perpendicular a la tierra. Este proceso es una combinación sin “costuras” entre las dos fotos, de tal manera que el conteo tiene una probabilidad cero de doble conteo o la pérdida de zonas en la foto también se reduce a cero. Los pasos para este montaje son:
 - a) Abrir el primer archivo en Photoshop.
 - b) Grabe con el nombre del montaje.
 - c) Agrandar la zona de pantalla en el sentido en que el collage se va a construir (image – canvas size).
 - d) Abrir la segunda foto en Photoshop
 - e) Seleccionar el área de sobreposición usando la herramienta de “marquee” y copia (control c).

- f) Vuelva al primer archivo y pegue (Control v) y el área seleccionada será pegada como una nueva capa.
- g) Ajustar la posición relativa de la nueva capa para hacerla coincidir la herramienta “arrow”. Para que esta sobreposición de capas tenga éxito, hay tres trucos en el manejo del Photoshop: Ajustar la nueva capa como transparencia para un ajuste fino de la posición. Y rotar la imagen una cantidad arbitraria de veces antes de copiarla como nueva imagen de ambas fotos, lo que se hace para compensar diferencias en el ángulo de la cámara o en posición del avión entre disparos contiguos (image-rotate-canvas-arbitrary). Transformar la selección antes de copiarla para compensar las diferencias en el ángulo de la cámara o posición del avión entre disparos contiguos (edit-transform).
- h) Cuando la nueva capa esta en su correcta posición aplane la imagen para pegar definitivamente las dos fotos en una sola (layer-flatten image).

Hay un nivel de compromiso que determina cuán grande puede hacerse un montaje y para que siga siendo útil en la tarea de contar los albatros. Cualquier archivo mayor de 80 megabytes tiene el potencial de que el PC se caiga. Un mayor número de pequeños montajes (dos o tres fotos) es una mejor alternativa que un solo gran montaje.

El segundo enfoque, consistió en dibujar una línea entre fotografías adyacentes. Esto es simplemente como hacer una línea en la foto definiendo hasta donde las aves serán contadas y una línea en el mismo lugar en la siguiente foto, de tal manera que las aves no se pierdan o se cuenten dos veces. Este enfoque es más útil que construir montajes cuando las fotos adyacentes no se ajustan bien debido al ángulo de la foto o la posición del avión cambia mucho entre fotos (Fig. 9).

Los pasos para dibujar las líneas son:

- a) Abrir dos fotos adyacentes en Photoshop y arreglarlas para que tengan la misma magnificación (ampliación en %).
 - b) Definir la línea de separación y dibujarlas en el mismo lugar en ambas fotografías usando la herramienta pincel (Paint brush).
 - c) Usar el Paint brush para marcar el lado de la línea que no ha sido contado para evitar confusiones. Adicionalmente se puede agregar un texto encima para decir esta lado no se cuenta y así evitar confusiones posteriores.
5. Cuando la secuencia de fotografías se organiza de esta manera y toda la isla esta cubierta se grava una copia de ella. Esta copia puede entonces ser usada para ser recontada por un investigador diferente si se requiere.
 6. Conteo en las fotos. Se usa “paint brush” de Photoshop para marcar las aves que han sido contadas colocando un punto de color sobre cada ave contada. Se usaron diferentes colores para diferentes especies. Cada conteo fue marcado en un contador o “klik” manual (Fig. 9).

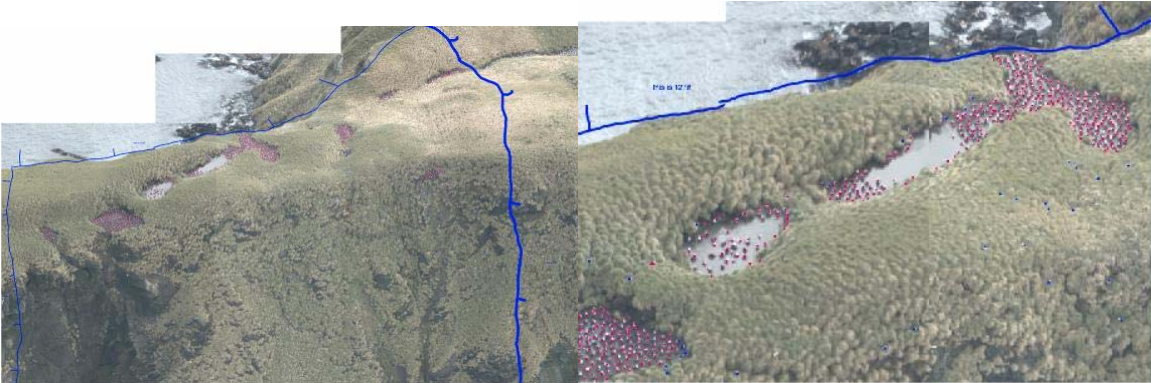


Figura 9. Al lado izquierdo aspecto parcial de una foto compuesta de 3 fotos unidas y separadas por líneas al 20% de su tamaño original y al derecho un segmento de la misma ampliado a 100% del tamaño original. Los conteos se hicieron entre 100 y 150% del tamaño original. Los puntos rojos corresponden a Albatros de ceja negra y los azules a A. de cabeza gris (fotos C.A. Moreno).

4.5. Censos y sus correcciones.

Las Islas Ildefonso y las Diego Ramírez, se encuentran en el Mar de Drake, Chile. (Fig. 10 a y b) y han sido censadas para contar su población de albatros por al menos 3 métodos: censos desde embarcación, censos en tierra y censos aéreos.

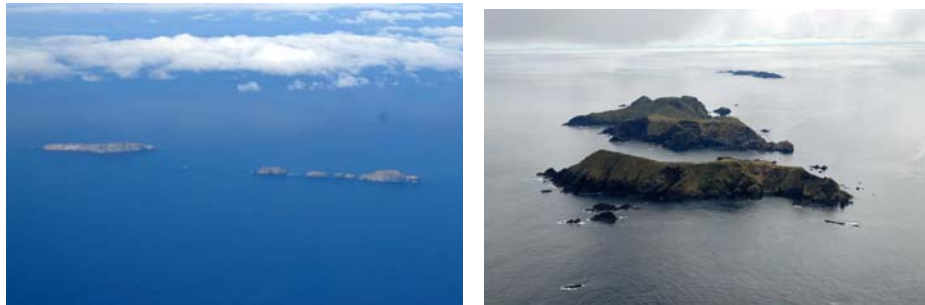


Fig. 10. Islas Ildefonso (a: izquierda) y Diego Ramírez (b: derecha). (Fotos C.A. Moreno).

En el grupo Ildefonso, principalmente la Isla Grande ubicada más al sur, ha sido objeto de cuatro censos diferentes que se resumen en la Tabla 2 a continuación, y de las Diego Ramírez, sólo la Isla Gonzalo (en la parte anterior de la foto) ha sido censada y utilizada para investigar las poblaciones de Albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris*) y cabeza gris (*Thalassarche chrysostoma*) en Chile.

Tabla 2. Resumen de autores, fechas y métodos usados para estimar la población de Albatros de ceja negra en las Islas Ildefonso.

Fuente	Fecha del Censo	Método del Censo	Tratamiento de Datos	Tamaño Poblacional
Beck, citado en Murphy (1936)	18 Diciembre 1914	Estimado a ojo, en Bote, en todo el archipiélago	Ninguno	'Varios miles'
Clarke <i>et al.</i> (1992)	28 Enero 1985	Estimado a ojo desde yate; Sólo Isla Norte.	Numero de pollos (8,500*) extrapolado a todo el archipiélago	50,000
Aguayo-Lobo <i>et al.</i> (2001)	6 Febrero 2001	Muestreo en yate usando grabadora de video. Archipiélago completo	Pollos contados 9,039: Se usó los datos de sobrevivencia de Prince <i>et al.</i> (1994) Para derivar el tamaño poblacional	20,086
Robertson <i>et al.</i> (2007)	26 Octubre 2002	Fotografía aérea de todo el archipiélago	Comparaciones con parche en tierra para derivar # aves en nidos (ver Tabla 3)	47,000

*Usado por Gales (1998) que erróneamente indica 17,000 pares reproductivos para todo el archipiélago, estimado que subsecuentemente ha sido citado por Tickell (2000), Brooke (2004) y Aguayo-Lobo *et al.* (2003).

De estos censos, se destaca el realizado por Robertson *et al.* (2007), el cual incluye un análisis estadístico del nivel de error que tienen los diferentes censos respecto del censo fotográfico que es considerado el más exacto, particularmente, cuando el sitio es conocido previamente y ha sido visitado para entender el uso del espacio por las diferentes especies que anidan en el lugar (por ejemplo Albatros de ceja negra y de cabeza gris, pingüinos salta rocas y/o cormoranes). En base a estas visitas se ha logrado establecer una corrección estándar, dentro de cada método que considera la proporción de aves que no están en un nido (por ejemplo inmaduros sin pareja) y el número de aves que ocupa un nido pero sin estar aún reproductivo. Entonces como la unidad censal es el “número de parejas reproductivas” debe corregirse el número descontando un % en cada paso, es decir descontar 5% para las aves contadas fuera del nido y otro 7 % para las aves que usando un nido y no ponen un huevo. Ambos errores se consideran que tienen un efecto multiplicativo y las correcciones se aplican como se muestra en la Tabla 3, que contiene los censos de Robertson *et al.* (2007) hechos durante el año 2002.

Por otra parte, estos mismos autores han comparado los diferentes censos hechos en la misma Isla con otros métodos, como conteos en tierra y conteos hechos desde embarcaciones, estimando que los primeros tienen un 11% de error y los segundos hasta el 55 % de error, respecto de los censos fotográficos que son considerados el método más preciso. (ver Anexo 5). Consecuentemente, el censo realizado durante el presente trabajo, entregó las cifras indicadas en la Tabla 3 para las Islas Ildefonso y Tabla 4 para el lugar de monitoreo en el largo plazo de Isla Gonzalo, las cuales han sido corregidas de acuerdo a estos principios que se relacionan con las observaciones en las Islas a las que se refiere el presente trabajo.

Tabla 3. Número total de Albatros de ceja negra contados en base a fotografías aéreas (conteo total), sentados en nidos (primera corrección y sentado en nido con huevo (segunda corrección) en el Archipiélago Ildefonso el 26 de Octubre del 2002.

Grupo/islotes	Estimados		
	Conteo Total	Primera Corrección*	Segunda Corrección**
Grupo Norte			
Isla Norte	10,920	10,374	9,648
Isla Cinclodes	775	736	685
Isla Square	488	464	431
Isla Spirit	1,383	1,314	1,222
Isla Sur	5,222	4,961	4,614
Grupo Sur			
Isla Grande	30,680	29,146	27,106
Total para Ildefonso	49,468	46,995	43,706

* Conteo total x 0.95 (= número de nidos ocupados)

**Número de nidos ocupados x 0.93 (=Número de nidos ocupados con huevos)

Tabla 4. Resultados de los censos realizados por el presente Proyecto FIP 2006-30 en la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez el 3 de Octubre de 2006.

Especie/Lugar	Estimados		
	Conteo Total	Primera Corrección	Segunda Corrección
Isla Gonzalo			
Albatros de ceja negra	7807	7417	6897
A. cabeza gris	4122	3916	3842

Estos resultados señalan que los Albatros de ceja negra (*Thalassarhynchus melanophrys*) aún siguen aumentando en Isla Gonzalo, si se compara con censos anteriores (ver figura 11), particularmente respecto al censo de 2002, que fue el año en que comenzaron los proyectos relacionados con el establecimiento del Plan Acción Nacional de - Aves Marinas. Sin embargo, la tendencia al aumento venía de antes, puesto que el número de buques palangreros estaba comenzando a declinar fuertemente. Entre el 2002 y 2006, no obstante, el número de buques que pescan bacalao de profundidad en la zona extremo sur de Chile se ha mantenido constante y dado que el tiempo que necesitan estos albatros para reclutar a la población reproductiva es entre 5 y 8 años (Arata, 2004), se espera para el futuro un mayor incremento debido a la reducción de mortalidad observada de 74% durante los dos primeros años (2002-2004) descrita por Moreno y Arata (2006), la que se expresaría al menos 5 años después en la población reproductiva. Consecuentemente, los incrementos observados son otra evidencia que el mayor cuidado ambiental durante la pesca de palangre es

posible y se refleja en una recuperación de las poblaciones reproductivas del Albatros de ceja negra. Por otra parte, eliminada la mortalidad incidental por el nuevo aparejo de pesca, se espera que la relación negativa entre la flota y las aves cambie a una positiva para las aves y neutra para la flota, es decir de una interacción tipo depredación a una de comensalismo, la que resultará por el consumo de restos de la fábrica que quedan disponibles para las aves.

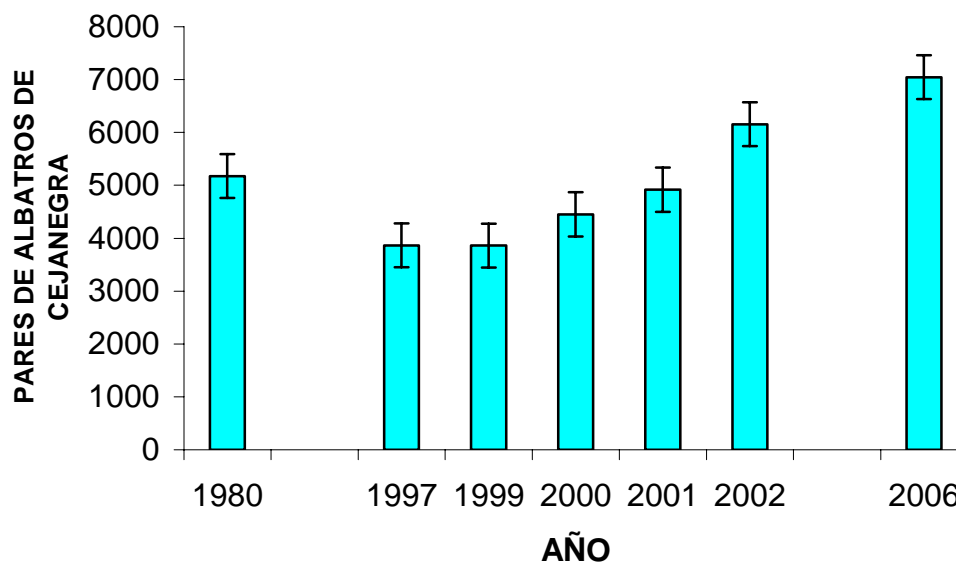


Figura 11. Serie de tiempo actualizada del Albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris*) en la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez, Chile. Incluido el censo del 2006 que es un resultado del Proyecto FIP 2006-30.

Es importante destacar que en la Isla Gonzalo existe un Faro de la Armada de Chile, y varios investigadores utilizando esas facilidades para permanecer en la Isla han hecho censos en diferentes años, por lo que su importancia radica en que es una “muestra” de lo que sucedería con la población total de Albatros de ceja negra en Chile. Sin embargo, la situación del Albatros de cabeza gris (*Thalassarche chrysostoma*) es diferente ya que se trata de una especie con estrategia reproductiva bianual, formada por dos semi-poblaciones, una que se reproduce en años pares y la otra en años impares (Arata, 2004), consecuentemente es imposible contar con un censo completo, toda población en un simple año, pero para fines comparativos se puede decir que esta población parece estar estable ya que los censos fotográficos hechos en años pares, por ejemplo en 2002, dieron un total bruto de 4.523 parejas reproductivas y en el presente censo se contaron 4.122 parejas, lo que se considera como un número similar entre ambos censos, ya que caen dentro de los límites de confianza del 95% como números similares (Fig. 12). Sin embargo, el bajo número encontrado muerto en las pesquerías y su área de alimentación hacia altamar en el sur de Chile, sugieren que sus cambios dependen más de factores ambientales que del impacto de las pesquerías (Arata *et al.*, 2004 y Moreno y Arata, 2006).

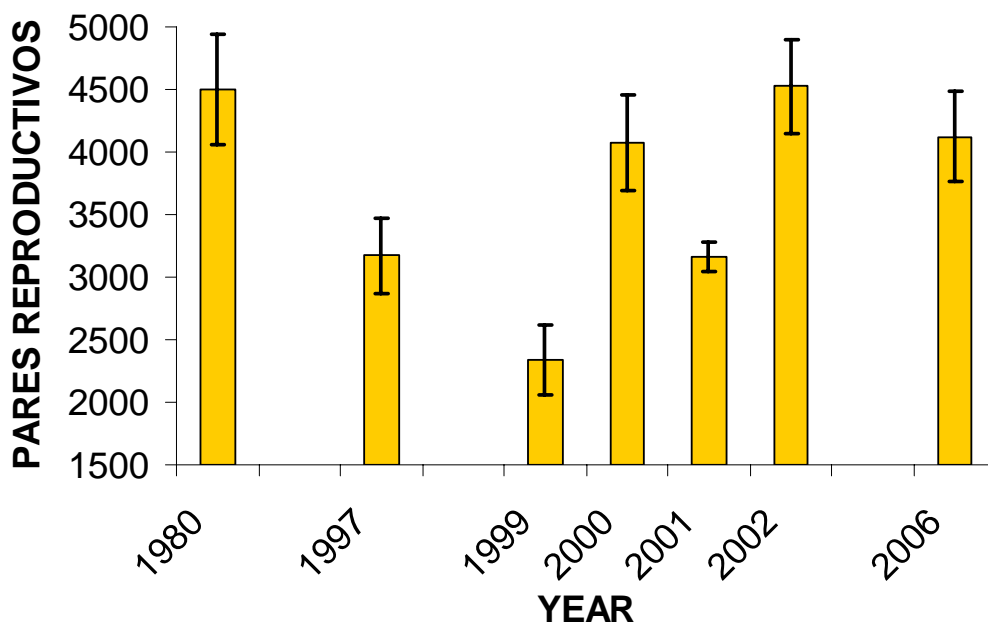


Figura 12. Serie de tiempo actualizada del Albatros de cabeza gris (*Thalassarche chrysostoma*) en la Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez, Chile. El censo del 2006 es parte del Proyecto FIP 2006-30.

4.6. Identificación de instrumentos de educación para potenciar el plan de acción nacional.

4.6.1. Identificación y descripción de instrumentos educativos.

El éxito en la implementación de las medidas de mitigación requiere que cada tripulante de cada barco esté capacitado en el uso y correcta implementación de las medidas de mitigación vigentes. De la misma forma, el personal tanto de organismos fiscalizadores, como de aquellos que realizan monitoreos (investigación) en estas pesquerías, deben conocer y comprender el uso y funcionamiento de las medidas de mitigación, para el correcto desempeño de su labor y para concientizar y educar a los pescadores. En este contexto, los instrumentos de educación identificados para fortalecer el Plan de Acción Nacional son los siguientes:

a) Un video DVD “Fuera del anzuelo”, producido para la flota palangrera de Alaska en USA y traducido y publicado en español en la Universidad Austral de Chile. Este video entrega información orientada a ayudar a los pescadores de palangre a evitar la captura de aves marinas y proteger sus pesquerías. Se muestran especies de aves marinas volando e interactuando con el aparejo, además de enseñar como

confeccionar y usar líneas espantapájaros, actualmente el sistema de mitigación requerido en la mayoría de los palangreros de Alaska.

b) Una cartilla plastificada como recordatorio de buenas prácticas, hecho con los mensajes y técnicas más apropiadas de acuerdo al Plan de Acción Nacional -Aves Marinas de Chile, hecho en papel plastificado resistente al agua y con una argolla de colgar en el extremo, tiene alta receptividad por los pescadores y es fácilmente manipulable para dejar disponible en la cámara del buque y/o puente, además de la zona de calado en la popa. (Fig. 13).

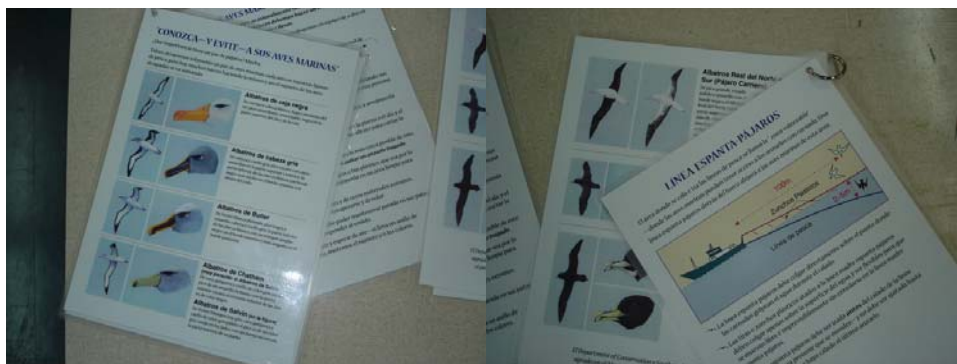


Figura 13. Ejemplo de cartillas colgantes, con información sencilla para identificar las aves más vulnerables y las técnicas de mitigación que el buque debe utilizar, describiendo el estándar mínimo para que sean eficientes.

c) Un curso especial sobre el Plan Acción Nacional - Aves Marinas, dirigido principalmente a observadores científicos, capitanes y tripulantes de las flotas palangreras de superficie industrial y artesanal con puerto base en Coquimbo. Este curso incluirá diversos temas de biología, ecología, además de aspectos técnicos asociados a los sistemas de mitigación.

4.6.2. Curso especial sobre el Plan de Acción Nacional - Aves Marinas y entrega de material educativo.

Considerando que las operaciones de pesca de la flota palangrera de superficie se detienen durante el verano (enero – febrero), y que por lo tanto la mayoría de las tripulaciones se encuentran en tierra, se programó el Curso especial sobre el PAN- Aves Marinas para el mes de febrero de 2007. De la misma forma, y luego de reuniones con coordinadores del IFOP encargados del equipo de observadores científicos que se embarca en la flota palangrera de superficie, se decidió realizar otro curso para éstos, cuyo objetivo fue entregar herramientas para la identificación en terreno de las aves marinas que interactúan con la pesquería. Por lo tanto, las actividades de difusión del Plan de Acción Nacional - Aves

Marinas, estuvieron concentradas en el Puerto de Coquimbo, donde se realizaron dos cursos: 1) Curso especial sobre el Plan nacional de acción- aves marinas, dirigido a capitanes y tripulantes de las embarcaciones que operan en la pesquería palangrera industrial y artesanal de pez espada y, 2) Curso de identificación de Aves Marinas, orientado a observadores científicos de esta pesquería.

Teniendo en cuenta la concurrencia al curso dirigido a capitanes y tripulantes (Anexo 3), se aprovechó la oportunidad de entregar el material de difusión mencionado en el apartado anterior. A cada participante se le entregó un disco DVD (“Fuera del anzuelo”) y una cinta VHS titulada “La pesca inteligente protege a las aves marinas, la experiencia neocelandesa” preparada por Southern Seabird Solutions, además de la cartilla plastificada. El curso antes mencionado se realizó el día 19 de febrero (Fig. 14), en el Salón Auditorium Shisuo Akaboshi del Campus Guayacán de la Universidad Católica del Norte (UCN) y contó con la participación de los investigadores del proyecto, los cuales abordaron en cuatro módulos, diversos aspectos del Plan Nacional de Mitigación:

- Modulo 1: Descripción del Plan de Acción Nacional de Aves Marinas.
- Modulo 2: Relación entre la dinámica de operación de la flota palangrera y las rutas migratorias de algunas aves marinas.
- Modulo 3: Revisión de las medidas de mitigación propuestas en el Plan de Acción Nacional de Aves Marinas, junto a las técnicas recomendadas por la Comisión de Pesquerías del Pacífico Oeste Central (en ingles WCPFC) para pesquerías pelágicas de superficie (Melvin & Baker, 2006; Tabla 4).
- Modulo 4: Identificación de las especies de aves marinas más probables de interactuar con el palangre pelágico en algunas zonas y épocas del año.



Figura 14. Asistentes al Curso especial sobre el Plan de Acción Nacional - aves marinas realizado el 19 de febrero de 2007, en dependencias de la Universidad Católica del Norte (Coquimbo).

Tabla 5. Revisión de las medidas de mitigación de captura incidental de aves marinas incluidas en la recomendación del Comité Científico de la WCPFC³. Adaptado de Melvin & Baker (2006).

Medidas de mitigación	Observaciones	Combinación con otras medidas	Estándares mínimos
Calado nocturno	Menor efectividad con luna llena, con luces de cubierta o en pesquerías de altas latitudes en verano. Menor efectividad sobre aves con hábitos de alimentación nocturnos.	Se recomienda combinar con línea espantapájaros y/o peso en el reinal.	Noche definida en términos náuticos.
Calado lateral	Sólo efectivo si los anzuelos están suficientemente debajo de la superficie cuando alcanzan la popa del barco. Su uso es recomendado en combinación con otras medidas.	Debe ser combinada con otras medidas. Ha sido exitosa en Hawai, usando además cortinas laterales más reinales con pesos. En el Hemisferio Sur se recomienda especialmente con línea espantapájaros, hasta que el calado lateral sea probado en la región.	En Hawai esta medida es acompañada por otras como cortinas y uso de plomos en los reinales.
Una línea espantapájaros	Efectivo sólo cuando los banderines o colgantes están ubicados encima de las carnadas. En pesquerías pelágicas se recomienda combinar con otras medidas como plomos en el reinal o calado bajo el agua. Situaciones de enredo con la línea de pesca ha llevado a una reducida aplicación por parte de pescadores. Con viento cruzado, la línea espantapájaros debe colgarse desde donde viene el viento para que sea efectiva.	Aumenta su efectividad cuando se combina con otras medidas, por ej. reinales con peso y/o calado nocturno,	Estándares mínimos actuales para pesquerías pelágicas están basados en medidas de CCRVMA.
Dos líneas espantapájaros	Aumenta la posibilidad de enredo (ver arriba). Necesario desarrollar un sistema de remolque para mantenerlas separadas de las líneas de pesca.	Su efectividad aumenta cuando se combina con otras medidas. Se recomienda además usar reinales con peso y/o calado nocturno.	
Uso de plomos en el reinal	Medida suplementaria. Los pesos pueden acortar, pero no eliminar la zona detrás del buque en que las aves pueden ser capturadas. Incluso en pesquerías demersales (con plomos muy pesados) los pesos deben ser combinados con otras medidas de mitigación.	Debe ser combinada con otras medidas como línea espantapájaros y/o calado nocturno.	Estándares mínimos aún no han sido establecidos. Requerimientos varían de acuerdo a cada barco y pesquería.
Uso de carnadas teñidas azul	Sólo efectivo con calamar. El teñido a bordo es difícil bajo condiciones de tormenta.	Debe ser combinada con línea espantapájaros y/o calado nocturno.	Necesario estandarizarlos colores, mezclas y tiempos de teñido.
Uso de caladora	Medida suplementaria. Sin datos publicados para la pesquería pelágica. Puede aumentar la tasa de hundimiento de los anzuelos, pero no elimina la zona detrás del buque en que las aves pueden ser capturadas. Es necesaria más información.	Debe ser combinada con otras medidas como calado nocturno y/o línea espantapájaros o peso en el reinal.	No establecidos.

Uso de lanzadores de carnada	No es una medida de mitigación, a menos que las máquinas lanzadoras estén disponibles con la compatibilidad de controlar la distancia a la cual las carnadas son lanzadas. Necesario permitir la llegada de las carnadas bajo la línea espantapájaros. Necesita más desarrollo. Muy pocas máquinas comerciales disponibles tienen estas capacidades.	No recomendado como medida de mitigación.	
Calado bajo el agua	En pesquerías pelágicas el equipo no está disponible para grandes embarcaciones trabajando en mares gruesos. Ha habido problemas de mal funcionamiento y desempeño.	No recomendado para una aplicación general.	No establecidos aún.
Manejo de la descarga de desechos	Medida suplementaria. Puede reducir el número de peces atraídos por el buque. La efectividad en pesquerías pelágicas no ha sido determinada. En barcos pequeños hay restricciones de espacio para almacenar los desechos.	Debe ser combinada con otras medidas.	No establecidos aún para pesquerías pelágicas. En pesquerías bajo jurisdicción CCRVMA la descarga de desechos está prohibida durante el calado. Durante el virado se promueve el almacenamiento de desperdicios y si es necesario descargar, se recomienda hacerlo por la banda contraria al virado de la línea
Carnada descongelada	Medida suplementaria. Debe ser combinada con otras. Si se cala temprano en la mañana, el descongelado completo de toda la carnada puede ser difícil en la práctica.		

³ Western and Central Pacific Fisheries Commission (Comisión de Pesquerías del Pacífico Oeste y Central).

El Curso de identificación de Aves Marinas para observadores científicos (Anexo 4) fue realizado el martes 20 de febrero en las mismas dependencias de la UCN y contó con la participación del Dr. Alejandro Simeone. En esta oportunidad se entregó a cada participante, una cartilla plastificada (*Guía para la identificación de Procellariiformes en el Océano Pacífico Sur Oriental*), de similares características a la mencionada en el punto 4.6.1, letra b, pero preparada especialmente por el equipo del Dr. Luna para la identificación de las 22 especies de aves pertenecientes al orden Procellariiformes, de las cuales se ha tenido registro que han quedado atrapadas en aparejos de pesca o que se han visto alimentándose alrededor de buques pesqueros en la zona norte de Chile.



Figura 15. Asistentes al Curso de Identificación de aves marinas realizado el 20 de febrero de 2007 en dependencias de la Universidad Católica del Norte (Coquimbo).

4.7. Cumplimiento observado en la flota pelágica.

4.7.1. La flota.

Actualmente la flota palangrera de pez espada esta compuesta por 7 naves artesanales o semi-industriales de 16-18 m de eslora y 5 buques industriales de entre 26 y 54 m de eslora. Su operación normal se inicia en marzo y termina en diciembre de cada año. No obstante que en el 2007, por las excepcionales condiciones oceanográficas, las naves que zarparon en marzo y abril no encontraron buena pesca en calidad y cantidad, por lo que el zarpe masivo de la flota se retrasó hasta mayo-junio.

Las embarcaciones artesanales tienen mareas de 20-25 días aproximadamente cuando su especie objetivo es pez espada y de una semana cuando son tiburones. En ambos casos la navegación se hace aproximándose al Archipiélago de Juan Fernández. Los buques industriales tienen un promedio de tiempo en el mar de 35 días y pueden alcanzar la longitud de Isla de Pascua e incluso más allá. Cada calado del espinel pelágico tiene aproximadamente 1.200 anzuelos dispuestos en una extensión de línea de 40 millas náuticas y las naves artesanales una extensión de 25 millas con 800 a 1.000 anzuelos aproximadamente. El esfuerzo

estimado de esta flota pelágica es aproximadamente de 2,5 millones de anzuelos por año. Esta flota opera principalmente desde el Puerto de Coquimbo en Chile y es una de las pesquerías que a partir del año 2001 incorpora observadores científicos en la mayoría de los viajes de pesca. Aunque estos observadores realizan diversas labores asociadas principalmente a estudios del pez espada y tiburones, no tienen tareas de medir la mortalidad de aves ni de observar el cumplimiento del NPOA-AM. Este programa es manejado por el Instituto de Fomento Pesquero, lo que ha traído problemas para recabar información con nuestros propios observadores, ya que existe un decreto que establece quienes son los observadores oficiales y no hemos podido embarcar nuestros propios observadores, salvo Investigadores del Proyecto. Consecuentemente, concordamos con la Subsecretaría de Pesca (Sr. Marcelo García) e IFOP (Sr. Jorge Azocar), la entrega de un formulario especial para recopilar información relacionada a los fines de este proyecto.

4.7.2. Antecedentes de interacción con aves marinas.

Los antecedentes previos obtenidos durante el proyecto FIP 2004-21 (Plan de Acción), notaron que existía un problema aparentemente menor en las pesquerías de pez espada en los alrededores de las islas del Archipiélago de Juan Fernández, donde entre los meses de junio y agosto se superpone la flota de palangre pelágico de pez espada con las rutas migratorias de albatros de Nueva Zelanda, entre otras especies Albatros de Chatham, Albatros de Buller y Albatros de Salvin, y supuestamente con las especies Chilenas de Albatros de ceja negra en su dispersión invernal hacia el norte de Chile y Sur del Perú. Se consideró un problema menor porque en comparación con las mortalidades del sur de Chile, los datos de mortalidad que se mencionaron en encuestas eran tan reducidos como 5 a 15 albatros por año.

Después de dos años de iniciado el trabajo de diagnóstico, se comenzó a trabajar en un segundo proyecto destinado a confeccionar el Plan Nacional de Acción de Aves Marinas, donde la participación de la pesquería pelágica fue menor, no obstante que sus dirigentes y empresarios aceptaron aplicar dos simples medidas: un peso por reinal, a un metro del anzuelo de más de 60 gr., uso de línea espantapájaros en calados con luz diurna y/o calado totalmente nocturno. Consecuentemente el trabajo del presente proyecto, se concentró en trabajar con esta pesquería que opera en la misma zona geográfica que la ruta de albatros de nueva Zelanda que visitan aguas sudamericanas, tal como ha sido descrito por Small (2005), basado en datos de marcas satelitales (Fig. 16).

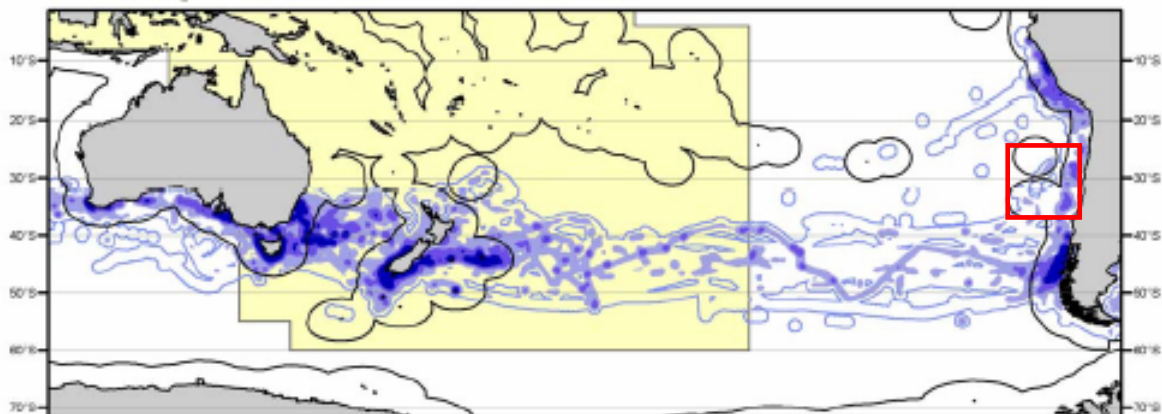


Fig. 16. En el recuadro interno se encuentra el Archipiélago de Juan Fernández y parte la zona de la corriente de Humboldt de Chile centro-norte. La flota palangrera pelágica opera en esa zona de la ZEE y como se observa hay una alta sobreposición con las rutas de vuelo del albatros de Australia y Nueva Zelanda. Recuadro amarillo corresponde al área de la Comisión de Pesquerías del Pacífico Oeste y Central (WCPFC en inglés).

4.7.3. Mortalidad observada en la Pesquería de Pez Espada.

Registros de la captura incidental de aves marinas por parte de embarcaciones palangreras pelágicas se remontan a septiembre de 2004, cuando el Museo de Ciencias Naturales y Arqueología de San Antonio, recibe desde la Base IFOP de San Antonio, seis aves marinas oceánicas muertas, aparentemente al quedar atrapadas en anzuelos de espineles pelágicos entre mayo y septiembre de 2004. Una etiqueta señalaba la posición $31^{\circ}43'06''\text{S}$ y $90^{\circ}34'18''\text{W}$. Los ejemplares correspondieron a dos Albatros de Buller (*Thalassarche bulleri*), un Albatros de ceja negra (*T. melanophris*), un Albatros errante (*Diomedea exulans*), una Fardela (Petrel) gris (*Procellaria cinerea*) y una Fardela negra grande (*P. aequinoctialis*). Posteriormente, IFOP entrega nuevas aves oceánicas muertas en febrero de 2007, que esta vez correspondieron a 3 Albatros de ceja negra y un Albatros de Salvin (*T. salvini*). Todas colectadas entre el 25 de mayo y el 13 de julio de 2002 entre los $29^{\circ}15'5''\text{S}$ – $81^{\circ}11'\text{W}$ y $30^{\circ}00'\text{S}$ – $79^{\circ}57'\text{W}$. Todas las aves presentaban heridas en sus bocas y cuellos por efecto de anzuelos. Los especímenes fueron incorporados a la colección del Museo en San Antonio.

En forma similar, con animales conservados en cámaras frigoríficas del Instituto de Fomento Pesquero de Coquimbo y recolectados por observadores científicos de esta misma institución, se pudieron realizar análisis en laboratorios de la Universidad Católica del Norte, donde se consignaron las identificaciones, estados de madurez y otros datos obtenidos de la autopsia de dichas aves, que representan una proporción de la mortalidad que ocurrió en dos años (2005-2006) en esta pesquería (Tabla 6). De la tabla 6 se desprenden consideraciones importantes para esta pesquería:

a) A pesar que esta es una muestra no cuantitativa de las aves vulneradas por esta pesquería se observa con preocupación que el albatros más representado en esta muestra es *Diomedea exulans*, el albatros que en el mundo se encuentra en peor estado de conservación, quedando no más de 500 parejas en aquellas áreas desde las cuales pueden viajar a Chile, que es la Isla Bird cerca de la Isla South Georgia en el Atlántico Sur Oeste. Vulnerar juveniles puede afectar el reclutamiento de esta especie y contribuiría a la declinación de su población.

b) Podría darse el caso que, en los estados juveniles no sea posible distinguir esta especie de *Diomedea antipodensis antipodensis* o Albatros de las Antípodas o el Albatros de Gibson *Diomedea antipodensis gibsoni* (se sigue aquí la nomenclatura acordada por el Grupo de Trabajo de Taxonomía de ACAP en su reunión AC2). Sin embargo, desde punto de vista de la conservación igualmente todas estas especies y subespecies se encuentran en la categoría de conservación de VULNERABLE (según lista de Bird Life Internacional) y el problema es igualmente grave y,

c) Un aspecto importante para que esta pesquería avance significativamente en la erradicación de la mortalidad de las aves marinas, es la reciente modificación de la “Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act” o Ley de pesca de Estados Unidos, principal mercado del pez espada chileno, en la que la Comisión Senatorial propone incluir en tercer lugar una enmienda para incluir provisiones para proteger las aves marinas y reducir las interacciones con las artes y aparejos de pesca, tanto domésticamente como internacionalmente. Las posiciones de los gremios pesqueros del país del norte, señalan que cualquier disposición que se les imponga a ellos debe ser equivalente a las exigidas por otros países que exporten a USA. Desde esta perspectiva se corre el riesgo que actualmente se exija a los pescadores extranjeros la misma regulación que existe para el pez espada en Hawai, y que es muy estricta, ya que sólo basta que se vulnere un ave para el cierre definitivo de la temporada de pesca. Esto está en conocimiento de nuestra comunidad local de pescadores. Este tema está siendo monitoreado por NMFS de Estados Unidos y tiene plazo hasta el fin del 2008 para determinar que pesquerías no cumplen con las normas de USA en términos de Bycatch y pesca IUU. (ver <http://www.nmfs.noaa/msa2007>)

Tabla 6. Especies de albatros vulneradas en la Pesquería de pez espada de acuerdo a ejemplares mantenidos en Coquimbo por IFOP. Identificación y otras variables identificadas por personal del Proyecto FIP 2006-30.

Especie	Sexo	Edad aprox.	Largo ala	Long. total
<i>Diomedea exulans</i> (Albatros errante)	Indeterminado	1 año	139 cm	103 cm
Idem	Indeterminado	2 años	137 cm	108 cm
Idem	Indeterminado	1 año	139 cm	104 cm
Idem	Indeterminado	1 año	141 cm	109 cm
<i>Thalassarche canta</i> (A. de frente blanca)	Macho	Adulto	113 cm	93 cm
<i>Thalassarche melanophrys</i> (A. de ceja negra)	Indeterminado	Juvenil	103 cm	No disponible (roto)
Idem	Indeterminado	Juvenil	104 cm	85 cm
Idem	Indeterminado	Juvenil	101 cm	87 cm
<i>Thalassarche salvini</i> (A. de Salvin)	Hembra	Adulta	112 cm	No disponible (roto)
<i>Thalassarche bulleri</i> (A. de Buller)	Macho	Adulto	98 cm	84 cm
Idem	Macho	Adulto	105 cm	Roto
<i>Procellaria aequinoctialis</i> (Fardela negra grande)	Hembra	Adulta	65 cm	53 cm
Idem	Indeterminado	Adulto	69 cm	52 cm
Idem	Indeterminado	Adulto	68	52
Idem	Indeterminado	Adulto	64	57
Idem	Indeterminado	Adulto	68	54

4.7.4. Cumplimiento: Adición de más de 60 gr. de plomada a cada anzuelo.

En visitas a las naves en Puerto y durante los zarpes por parte de uno de los investigadores del presente proyecto, se pudo comprobar que el 100% de la flota usa pesos de 75 gr. Lo cual cumple con la norma del Plan Nacional de Acción – Aves Marinas. Esta norma de hecho ha sido fácil de cumplir por los pescadores

dado que en comercio local no existen otros pesos de menor tamaño. Así todo el proceso de renovación de material desde que discutimos esta recomendación, ha ocurrido en forma paulatina y ya se tiene a todas las embarcaciones, artesanales e industriales equipadas para cumplir la norma, sin que el proceso de pesca se halla visto entorpecido. Cabe destacar que durante los cursos, cuando se discutió esta norma, la mayoría de los pescadores presentes estimaba que la pesca era mejor con mayores pesos.

4.7.4. Cumplimiento: Línea espantapájaros.

La norma de usar líneas espantapájaros ha tenido menos cumplimiento. Ha habido dos problemas al respecto: 1) no hay una norma estándar para los diferentes tipos de embarcaciones y 2) para muchos pescadores artesanales, esto constituye una inversión adicional. No obstante, hay pescadores de naves industriales de menor calado, que han avanzado en hacer diseños ad-hoc para su embarcación. Así por ejemplo en los buques Elena S. y Portugal II, se han desarrollado modelos propios y los han usado para sus caladas durante el año 2007. Esto ha sido producto del compromiso y la motivación originada en los cursos de Febrero (Fig. 17).

Esta iniciativa merece todos los reconocimientos, considerando observaciones hechas por investigadores de este proyecto, en el sentido de que es muy difícil tener un diseño común para todas las embarcaciones. La experiencia de los autores indica que es más efectivo el diseño individual de líneas espantapájaros en cada embarcación, debido a las grandes diferencias que existen entre las embarcaciones de esta flota. Dentro de éstas se pueden mencionar el tamaño y características geométricas de las naves, además de factores operacionales como la velocidad de calado y diseño del aparejo de pesca. Cabe señalar que actualmente un observador de la UACH se encuentra embarcado en una de las embarcaciones industriales congeladoras de mayor eslora, que realiza mareas de 70 a 80 días. Dentro de las labores que está realizando, se encuentra el diseñar y probar líneas espantapájaros en este tipo de naves.

En forma general, la mayoría de las embarcaciones comienza a calar en la tarde antes del crepúsculo náutico, es decir con luz y por eso se presenta una mortalidad al menos como se indicada en la tabla 6. Consecuentemente ésta es la medida de conservación más efectiva y que se debe usar en conjunto con los pesos de más de 60 gr. Sin embargo, la frecuencia de cumplimiento es baja en relación al uso de pesos.

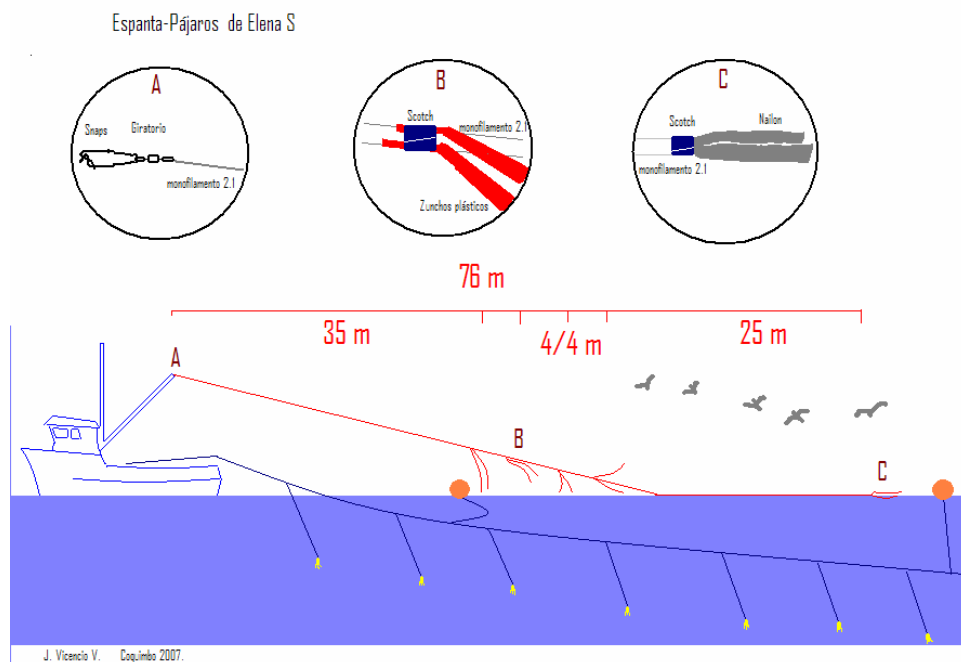


Figura 17. Diseño de la línea espanta-pájaros de buque Elena S (Pesquera Omega Ltda.). Nótese que el diseño implica poner “streamers” o gallardetes colgados justo sobre la zona de peligro y no entre el buque y la zona de hundimiento del espinel.

4.7.5. Nivel de cumplimiento observado entre marzo y julio de 2007.

Como fue mencionado anteriormente, para evaluar el nivel de cumplimiento de las medidas de mitigación de la mortalidad de aves marinas, en embarcaciones de la flota palangrera industrial de pez espada, que son monitoreadas por observadores de IFOP que se embarcan regularmente, se confeccionó un formulario (Anexo 1), el que llevarían los mencionados observadores la presente temporada de pesca. Consiguientemente, la recopilación de dicha información sería usada para presentar resultados en los informes de este proyecto. No obstante lo anterior, consultas realizadas sistemáticamente durante el año indicaban que efectivamente el formulario no llegaba a los observadores. Esto último quedó de manifiesto al solicitar información formalmente al Jefe de División de Pesquerías y al administrador de la base de datos de la pesquería de IFOP, el que informó que la información disponible en la base de datos, sólo se remite a aves capturadas durante algunos viajes de la presente temporada, y que en estos momentos se estaban recién incorporando los campos relativos al cumplimiento de las medidas de mitigación. Esta situación llevó a los investigadores del proyecto a consultar directamente a los observadores científicos y al coordinador de éstos en Coquimbo, los que informaron que aunque se seguía usando el formulario antiguo de registro de captura incidental de aves marinas, durante el 2007 en forma excepcional, se habían probado líneas espantapájaros en los buques industriales de la Pesquera Omega. Lo anterior pudo ser verificado por

el investigador del proyecto Sr. Rodrigo Vega y por el Observador de la UACH Sr. Humberto Flores los cuales se embarcaron en los PAM Portugal II y Tami II respectivamente. Esto resulta bastante promisorio, considerando que la pesquera mencionada posee casi la mitad de las embarcaciones de la flota (Elena S., Christina S., Portugal II, Tami S., Tami II y Arauco). Además terminada la encuesta a los Observadores de IFOP se puede concluir que aproximadamente en el 50% de los viajes señalados en la Tabla 8, se ha usado total o parcialmente líneas espantapájaros con el fin de evitar la captura de aves marinas

4.7.6. Mortalidad incidental observada en la flota de Pez Espada durante el 2007.

De los embarques en el Portugal II y el Tami II por parte de personal del proyecto, donde se controló la mortalidad incidental se obtuvo datos (tabla 7) que fueron comparados con los datos proporcionados por los observadores (Tabla 8), pudiendo demostrar así que la mayor mortalidad de aves marinas se presenta en los buques de mayor tamaño (Tami S, Tami II, Brisca y Marleen).

Tabla 7. Mortalidad incidental observada por investigadores del Proyecto FIP 2006-30 durante embarques en el 2007. En “Portugal” la mortalidad corresponde a dos lances y en el “Tami II” a 23 lances, teniendo la mortalidad una distribución agrupada.

Embarcación:	Portugal II (n=17 lances)	Tami II (n= 62 lances)
Especies:		
A. Ceja negra <i>Thalassarche melanophris</i>	2	38
A. Errantes <i>Diomedea antipodensis</i>	0	9
Fardela negra <i>Procelaria aequinoxialis</i>	0	13
A. de Buller <i>Thalassarche bulleri</i>	0	2
A de Salvin <i>Thalassarche salvini</i>	0	1
A cf. Frenteblanca <i>Thalassarche cauta</i>	0	1
P. gigante del sur <i>Macronectes giganteus</i>	0	1
Total	2	65

Los antecedentes previos obtenidos durante el proyecto de diagnóstico de la interacción de aves marinas con pesquerías de palangre en Chile (2001), notaron que existía un problema aparentemente menor en las pesquerías de pez espada en los alrededores de las islas del Archipiélago de Juan Fernández, donde entre los meses de junio y agosto se superpone la flota de palangre pelágico de pez espada con las rutas migratorias de albatros de Nueva Zelanda, entre otras especies Albatros de Chatham, Albatros de Buller y Albatros de Salvin, y supuestamente con las especies Chilenas de Albatros de ceja negra en su dispersión invernal hacia el norte de Chile y Sur del Perú. Se consideró un problema menor porque en comparación con las mortalidades del sur de Chile, los datos de mortalidad que se mencionaron en encuestas, eran tan reducidos como 5 a 15 albatros por año.

Después de dos años de iniciado el trabajo de diagnóstico, se comenzó a trabajar en un segundo proyecto destinado a confeccionar el Plan Nacional de Acción de Aves Marinas (2003), donde la participación de la pesquería pelágica fue también menor, no obstante que sus dirigentes y empresarios aceptaron aplicar dos medidas simples: un peso por reinal, a un metro del anzuelo de más de 60 gr., y uso de línea espantapájaros en calados con luz diurna y/o calado totalmente nocturno. Así en el presente proyecto estamos abocados a ver los niveles de cumplimiento, pero nos hemos encontrado con una sorpresa al ver que existe una importante mortalidad de aves marinas.

A pesar que la muestra de la Tabla 7 es una muestra no cuantitativamente expandida a toda la flota de las aves vulneradas, se observa con preocupación que uno de los albatros más representados es *Diomedea exulans*, el albatros que en el mundo se encuentra en peor estado de conservación. Podría darse el caso que, en los estados juveniles no sea posible distinguir esta especie de *Diomedea antipodensis antipodensis* o Albatros de las Antípodas o el Albatros de Gibson *Diomedea antipodensis gibsoni* (se sigue aquí la nomenclatura acordada por el Grupo de Trabajo de Taxonomía de ACAP en su reunión AC2). Sin embargo, desde punto de vista de la conservación igualmente todas estas especies y subespecies se encuentran en la categoría de conservación de VULNERABLE (según lista de BirdLife Internacional) y el problema es igualmente grave.

La estimación de la mortalidad de aves marinas en la pesquería palangrera industrial chilena de pez espada fue establecida por una parte, mediante entrevistas con los observadores científicos y coordinadores del Instituto de Fomento Pesquero de Chile (IFOP) que se embarcan regularmente en esta flota (Tabla 8). La información fue validada con los datos obtenidos de los embarques de los Investigadores del presente proyecto, en los dos tipos de embarcaciones que posee la flota (Tabla 7).

Los barcos se pueden agrupar por su tamaño, capacidad de pesca y autonomía en dos grupos. Las embarcaciones mayores (Tami II, Tami S, Brisca y Marleen) realizan mareas largas, generalmente de más de dos meses, y con un número de lances que va de los 45 a los 80, dependiendo de la marea. En estas embarcaciones, los registros sobre mortalidad de aves marinas dan como cifra mínima 40 y máxima de 60 aves muertas aproximadamente. En las embarcaciones de menor tamaño (Portugal II, Elena S, Christina S, Luis Alberto, Estefanía Carolina, Arauco, San Jorge e Isla Tabón) las mareas son más cortas y el número de lances fluctúa entre los 11 y 22. Las mortalidades incidentales registradas para este tipo de embarcaciones fluctúan entre las 2 y 6 aves (Tabla 8).

A partir de estos antecedentes se realizó la estimación de la mortalidad incidental máxima y mínima de aves marinas para las 46 mareas registradas este año (1.118 lances). La mortalidad mínima se estima en 396 aves

y la máxima en 708 aves marinas (Tabla 8). Sin embargo, la flota sigue operando hasta el mes de diciembre, por lo que si se realiza el cálculo en base al número de mareas totales realizadas el 2006 (60 mareas), la mortalidad incidental anual sería mayor, llegando a las 517 aves como mínimo y a las 923 aves como mortalidad máxima.

La información anterior es extremadamente alta para los niveles antes presentados. De acuerdo a nuestras actuales observaciones a bordo de los buques, las mayores mortalidad se encuentran asociadas a que los calados que comienzan con luz en horas de la tarde (5 a 7 pm), y a que se cala con fuertes marejadas en los buques más grandes, donde ocurre más del 70% de las mortalidades observadas. Estos niveles de mortalidad serán inaceptables para los mercados del pez espada, por lo que se recomienda seguir trabajando en la mitigación de la mortalidad en esta flota, introduciendo diferentes métodos en el futuro. Para este tipo de palangre aún no se encuentra una solución estándar para buques de diferente tamaño. En buques pequeños se usa el calado lateral con pesos (sin maquina caladora) en Hawai y en buques mayores habrá que incentivar un cambio en el arte de pesca (como ocurrió en la pesquería demersal del bacalao) para encontrar una solución definitiva, lo cual no será una tarea fácil para la flota pelágica chilena.

Tabla 8. Estimación de la mortalidad incidental de aves marinas en embarcaciones de la flota palangrera industrial chilena durante la temporada 2007 en base a encuestas a los observadores de IFOP.

N° Viaje	Embarcación	Fecha de zarpe	Fecha de recalada	N° Lances	Mortalidad	
					Máxima	Mínima
1	Elena S.	23/02/2007	21/03/2007	19	6	2
2	Portugal II	28/02/2007	05/04/2007	20	6	2
3	Brisca	03/03/2007	24/05/2007	65	60	40
4	Tami S.	09/03/2007	20/06/2007	52	60	40
5	Christina S.	20/03/2007	13/04/2007	16	6	2
6	Luis Alberto	21/03/2007	22/03/2007	16	6	2
7	Tami II	24/03/2007	02/07/2007	75	60	40
8	Elena S.	24/03/2007	18/04/2007	19	6	2
9	Estefania Carolina	09/04/2007	30/04/2007	13	6	2
10	Portugal II	09/04/2007	07/05/2007	20	6	2
11	Christina S.	17/04/2007	07/05/2007	16	6	2
12	Elena S.	21/04/2007	15/05/2007	18	6	2
13	Arauco	s/i	16/05/2007	13	6	2
14	San Jorge	26/04/2007	22/05/2007	17	6	2
15	Marleen	01/05/2007	02/07/2007	45	60	40
16	Estefania Carolina	03/05/2007	21/05/2007	13	6	2
17	Luis Alberto	s/i	01/06/2007	16	6	2
18	Portugal II	10/05/2007	08/06/2007	20	6	2
19	Christina S.	11/05/2007	02/06/2007	16	6	2
20	Elena S.	18/05/2007	13/06/2007	17	6	2
21	Arauco	27/05/2007	17/06/2007	14	6	2
22	Elena S.	16/06/2007	s/i	17	6	2
23	San Jorge	04/06/2007	s/i	19	6	2
24	Estefania Carolina	26/05/2007	28/06/2007	11	6	2
25	Brisca	31/05/2007	18/08/2007	58	60	40
26	Isla Tabon	30/05/2007	04/07/2007	13	6	2
27	Christina S.	05/06/2007	29/06/2007	16	6	2
28	Luis Alberto	08/06/2007	04/07/2007	17	6	2
29	Portugal II	12/06/2007	13/07/2007	20	6	2
30	Arauco	s/i	16/08/2007	15	6	2
31	Tami S.	09/07/2007		79	60	40
32	Christina S.	05/07/2007	s/i	17	6	2
33	Estefania Carolina	s/i	27/07/2007	11	6	2
34	Christina S.	s/i	s/i	15	6	2
35	Tami II	10/07/2007	s/i	75	60	40
36	Elena S.	18/07/2007	13/08/2007	17	6	2
37	Luis Alberto	s/i	12/08/2007	18	6	2
38	Portugal II	19/07/2007	24/08/2007	17	6	2
39	Marleen	23/07/2007	s/i	45	60	40
40	Estefania Carolina	02/08/2007	25/08/2007	19	6	2
41	Elena S.	16/08/2007	s/i	17	6	2
42	Luis Alberto	20/08/2007	s/i	15	6	2
43	Arauco	20/08/2007	s/i	16	6	2
44	Isla Tabon	s/i	s/i	13	6	2
45	Portugal II	28/08/2009	s/i	22	6	2
46	Christina S.	01/09/2007	s/i	16	6	2
Total				1118	708	396

4.7.7. Conclusiones y recomendaciones para la flota.

Las observaciones realizadas durante el presente proyecto de seguimiento, permiten señalar que existe una mortalidad de aves marinas en la flota palangrera pelágica de pez espada, mayor a la estimada originalmente en el diagnóstico (FIP 2001-31) y en la propuesta del plan consensuado con la Industria pesquera palangrera (FIP 2003-21), siendo las principales especies vulneradas, el Albatros ceja negra, la Fardela negra grande, el Albatros errante, el Albatros de Buller, el Albatros de Salvin y finalmente el Albatros tímido (frente blanca) y Petrel gigante. Las mortalidades recién mencionadas se producen en el momento del calado de la línea de pesca, llegando las aves durante el virado del aparejo, enganchadas en los anzuelos.

Las recomendaciones generadas en el Plan Nacional de Acción – Aves Marinas: uso de un peso por reinal de más de 60 gr., y uso de línea espantapájaros en calados con luz diurna y/o calado totalmente nocturno, han sido aplicadas en forma parcial, siendo sólo el uso de pesos de más de 60 gr ha alcanzado un 100% de cumplimiento. Si bien se ha generado la conciencia de evitar la mortalidad de aves, esta no es suficiente para que los capitanes de pesca de las embarcaciones usen en forma continua líneas espantapájaros, sobretodo cuando comienzan los calados con luz. Esto se ha visto influenciado quizás por el hecho de que peces espada han aparecido con daños de diversa intensidad, provocados por ataques de aves a peces capturados que quedan flotando en superficie.

Debido a lo anterior, se recomienda continuar trabajando con la Flota palangrera pelágica en tres líneas principales: 1) estimar de forma más precisa la mortalidad real o tasas de mortalidad que ocurren en esta flota durante la temporada de pesca, de manera de identificar los estratos temporales o espaciales donde se concentra el problema, 2) evaluar el impacto negativo de las aves sobre la captura o producción de las embarcaciones y 3) continuar con un programa de monitoreo que permita evaluar la eficiencia de las medidas recomendadas y/o proponer nuevas medidas de conservación para evitar la mortalidad de aves durante el calado del aparejo de pesca.

5. Conclusiones

En los análisis asociados a la estimación del número de Albatros de ceja negra y cabeza gris en colonias de islas del sur de Chile, sin duda el censo fotográfico de los albatros es el método más preciso para la estimación de la abundancia y de menor costo económico. Su aplicación permite además, obtener los datos de una manera tal que sobre las mismas fotos otro observador puede repetir los análisis y consecuentemente tiene un aspecto clave en ciencias, que es la replicabilidad.

El censo ejecutado el 3 de octubre de 2006 sobre la Isla Gonzalo, ha permitido comprobar que los Albatros de ceja negra (ACN), otrora fuertemente afectados por la mortalidad incidental en la pesca de palangre, se encuentran recuperados e incluso en mayores números que el censo de 1980, antes de la pesca de palangre del bacalao de profundidad.

La tendencia más probable de la población es de seguir creciendo, dado que reclutan a la porción reproductiva de la población luego de 5 a 8 años. Como se observó el primer incremento en el 2000, y la población siguió aumentando hasta el 2002, se esperan mayores reclutamientos en años futuros, dado que el número de parejas reproductivas ha seguido aumentando en la Isla hasta la fecha actual.

En cambio, respecto del Albatros de cabeza gris (ACG), se observa una situación de estabilidad, dado que en general, no se sobrepone su área de alimentación con las pesquerías, no siendo afectado por la mortalidad incidental. La variabilidad observada se debe a que esta especie posee individuos que se reproducen cada dos años (Arata, 2004), no obstante que hay una fracción más chica que se reproduce los años impares y una mayor los años pares, entonces los datos obtenidos se encuentran en los promedios de la serie histórica y no indican disminución ni aumento.

Los niveles de cumplimiento de las medidas acordadas para el PAN-AM, no pudieron ser evaluados bajo un diseño estadístico, porque el desarrollo y uso del espinel mixto o cachalotero, permitió a la industria mantener e incluso mejorar su rendimiento pesquero en algunos períodos del año y además minimizar la interferencia con cachalotes y orcas, como también llegar a cero aves muertas durante el 2006 en la pesquería del bacalao de profundidad.

Las actividades de difusión del Plan Acción Nacional - Aves Marinas en la pesquería palangrera de pez espada estuvieron concentradas en el Puerto de Coquimbo, donde se realizaron dos cursos: 1) Curso especial sobre el Plan Acción Nacional - Aves Marinas, dirigido a capitanes y tripulantes de las

embarcaciones que operan en la pesquería palangrera industrial y artesanal de pez espada y, 2) Curso de identificación de Aves Marinas, orientado a observadores científicos de esta pesquería. Estas actividades fueron realizadas con éxito, y permitieron además efectuar la entrega de diversos materiales informativos que permitirán potenciar el plan nacional de mitigación de captura de aves marinas.

En la Flota palangrera pelágica de pez espada, las principales especies de aves marinas vulneradas corresponden a: Albatros ceja negra, Fardela negra grande, Petrel gigante, Albatros errante (*cf.* de las antípodas), Albatros de Buller, Albatros tímido o de corona blanca y Albatros de Salvin. Las mortalidades se producen en el momento del calado de la línea de pesca, cuando las aves se lanzan a las carnadas (principalmente calamar), quedando enganchadas en los anzuelos.

Las recomendaciones generadas en el Plan Nacional de Acción – Aves Marinas han sido aplicadas en forma parcial, siendo sólo el uso de pesos alcanzado en un 100% y el uso de línea espantapájaros en 50%. Si bien se ha generado la conciencia de evitar la mortalidad de aves, esta no es suficiente para que los capitanes de pesca usen en forma continua, líneas espantapájaros, sobretudo cuando comienzan los calados con luz. Debido a lo anterior, se recomienda continuar trabajando con la Flota palangrera pelágica, obteniendo mayor información sobre la mortalidad de aves, evaluando y/o desarrollando en forma más amistosa para las aves las técnicas de pesca pelágica, que actualmente son un problema mayor en todo el hemisferio sur.

6. Horas hombre del personal participante

Nombre	Tarea	Horas	Totales
C.A. Moreno	Administración Proyecto	196	1.163
	Tiempo en terreno: Punta Arenas (incluyendo 8 horas de embarque en avión DAP)	96	
	Lectura de fotos para censo	16	
	Confeción Informe Avance 1	48	
	Análisis de datos de la flota demersal austral	196	
	Preparación y realización de Cursos en Coquimbo	72	
	Coordinación observadores pesquería demersal	45	
	Preparación de Informes de Avance y PreInforme Final	350	
	Embarque en Tierra del Fuego	144	
G. Robertson	Tiempo en Pta. Arenas	96	326
	Lectura de fotos	54	
	Preparación Informe de Avance	32	
	Embarque en Tierra del Fuego	144	
R. Vega	Preparación de Materiales de difusión	48	670
	Coordinación con flota palangrera de superficie	164	
	Cursos en Coquimbo	48	
	Embarque en Flota pelágica	240	
	Preparación Informes de Avance y PreInforme Final	170	
G. Luna	Identificación muestras de aves de pesquería palangrera	48	272
	Preparación y realización de cursos en Coquimbo	56	
	Desarrollo de material de difusión	48	
	Preparación de Informes de Avance, PreInforme e Informe Final	120	

7. Referencias bibliográficas

- Aguayo-Lobo A, Acevedo J, Valenzuela C, & Venegas C. 2001. Census of Black-browed Albatross *Diomedea melanophrys* Temminck 1828 in Ildefonso Island, and comments on its breeding in Evout Island. *Anales Instituto Patagonia, Serie Cs Nat (Chile)* 29: 165-172.
- Aguayo-Lobo A, Acevedo J. & P. Acuña 2003. Nuevo sitio de anidamiento de albatros ceja negra, *Diomedea melanophrys* (Temminck 1828), en el seno Almirantazgo, Tierra del fuego, Chile. *An. Inst. Patagonia Ser. Cienc. (Chile)* 29: 165-172.
- Arata, J. 2004. Análisis comparativo de la ecología trófica y biología reproductiva de los albatros de Ceja Negra (*Thalassarche melanophrys* Temminck, 1839) y Cabeza Gris (*T. chrysostoma* Foster, 1785) en Isla Gonzalo, Archipiélago Diego Ramírez., Tesis Doctorado en Ciencias, Mención Sistemática y Ecología. pp: 155.
- Arata J., G.Robertson, J.Valencia, J. E. Xavier, C.A. Moreno (2004) Diet of Grey-headed Albatrosses at the Diego Ramirez Islands, Chile: Ecological implications. *Antarctic Science* 16(3):263-275.
- Arata J. & C.A. Moreno. 2002. Progress Report Of Chilean Research On Albatross Ecology And Conservation. Documento SC-CCAMLR WG-FSA 02/28
- Arata J., Robertson G., Valencia J., & Lawton K. 2003. The Evangelistas Islets, Chile: a new breeding site for black-browed albatrosses. *Polar Biology* 26:687-690.
- Brooke, M. 2004. Albatrosses and Petrels across the world. Oxford University Press. New York. 499p.
- Clarke G. S., Cowan A, Harrison P, & Bourne W. R. P. 1992. Notes on the seabirds of the Cape Horn Islands. *Notornis* 39: 133-144.
- Gales, R. 1998. Albatross population: status and trends. In: Robertson, G. & R. Gales (Eds.). *Albatross Biology and Conservation*. Surrey Beatty & Sons Pty Ltd. Sydney. pp. 20-45.
- Hucke-Gaete, R., C.A.Moreno & J.Arata 2004. Operational interactions between cetaceans and Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*) industrial fishery off Southern Chile. *CCAMLR Science* 11: 127-140.
- Lawton K, Robertson G, Valencia J, Wienecke B, & Kirkwood R.. 2003. The status of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophrys* at Diego de Almagro Island, Chile. *Ibis* 145: 502-505.
- Melvin, E. & G. Baker (eds.). 2006. Sumary Report: Seabird bycatch mitigation in pelagic longline fisheries workshop. Museum of Natural History, Hobart, Tasmania, October 14, 2006.
- Moreno C.A. & J. Arata. 2004. Chilean NPOA-Seabirds: first steps. WG-FSA-04/14.
- Moreno C.A. & J. Arata. 2005. Chilean National Plan of Action (NPOA_Seabirds): Second Step Completed. WG-FSA-05/38.
- Moreno CA & Arata J. 2006 “Efectos de las pesquerías industriales de palangre sobre aves marinas y el camino a su mitigación en Chile”. En Saball, P., Arroyo, M.K.; Castilla, J.C.; Estades, C.; Ladrón

de Guevara, J.M.; Larraín, S.; Moreno, C.A.; Rivas, F.; Rovira, J. Sánchez, A.; Sierralta, L. Eds. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. CONAMA-Chile, pp. 472-477. Santiago- Chile.

Moreno, CA. R.Hucke-Gaete, J.Arata. 2003. Interacción de la Pesquería del Bacalao de Profundidad con Mamíferos y Aves Marinas. Informe Final Proyecto FIP 2001-31, Septiembre de 2003. 199p.

Moreno CA, JA Arata, P Rubilar, R Hucke-Gaete & G. Robertson (2006) Artisanal longline fisheries in southern Chile: lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. *Biological Conservation*. 127 (1): 27-36.

Robertson G, Valencia J, & Arata J. 2003. Summary report on the status of black-browed and grey-headed albatrosses breeding in Chile. CCAMLR Scientific Abstracts. WG-FSA-03/11 28

Robertson G., Moreno, C.A., Lawton, K., Kirwood R. & J. Valencia. 2006. Comparison of census methods for black-browed albatross breeding at the Ildefonso Archipelago, Chile. Ms Enviado a *Polar Biology*.

Robertson G., Moreno, C.A., Lawton, K., Arata, J., Valencia, J. & R. Kirkwood. 2007. An estimate of the population sizes of Black-browed (*Thalassarche melanophrys*) and Grey-headed (*T. chrysostoma*) Albatrosses breeding in the Diego Ramírez Archipelago, Chile. *Emu*, 107: 1-6.

Schlatter R.P. 1984 The status and conservation of seabirds in Chile. Pp 261-269. In *Status and Conservation of the World's seabirds*. Ed. JP Croxall, PGH Evans & RW Schalatter. ICBP Technical Publication N° 2. Cambridge. UK.

Schlatter R.P. & G.M. Riveros. 1997. Historia natural del Archipiélago Diego Ramírez, Chile. Serie Científica INACH (Chile) 47: 87-112.

Tickell, L. 2000. Albatrosses. Pica Press. Sussex. UK. 448p.

ANEXOS

ANEXO 1

Formulario a emplear por observadores científicos en pesquerías palangreras chilenas

CAPTURA INCIDENTAL DE AVES MARINAS				
Procedimiento N°: FD - 16 / IT - 2 / PD - 4	Fecha de vigencia: 13.09.06	Modificación N°: 2	Páginas: 1 de 1	Originado por IFOP para SUBPESCA

VIAJE N°	EMBARCACION / CODIGO	FECHA RECALADA	OBSERVADOR CIENTIFICO	RUT

LANCE N°	NOMBRE COMÚN	COD. ESPECIE	ID. MARCA	LUGAR	ETAPA	CONDICION	ESTADO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	TIPO LEP	CARACTERISTICAS LEP			
										ALTURA (m)	LARGO EN POPA (m)	LARGO TOTAL (m)	PESOS (kg/m)

- | | | | | |
|--|---|---|--|---|
| Lugar
1 Enganchada en anzuelo
2 Enganchada en línea madre
3 Enganchada en reinal
4 Enganchada en boya
5 Copo de red
6 Antecopo de red
7 Cables de cala
8 No determinado
9 Otro | Etapa
1 Calado / Encarnado
2 Virado / Izado
3 Reposo
4 Sección anterior LM
5 No determinado

Condición
1 Viva
2 Muerta | Estado
1 Liberada
2 Liberada lesionada
3 Conservada para muestra
4 Desechada | Medidas de mitigación
1 Línea espanta-pájaros (LEP)
2 Sonido
3 Tintura carnada
4 Otra | Tipo LEP
1 Estándar simple
2 Estándar doble
3 Simple modificada
4 Doble modificada |
|--|---|---|--|---|

Hoja N° De

ANEXO 2

**Original Paper – Presentado en la reunión del Comité Asesor de ACAP (Bycatch WG Paper 8)
(Presentando también en CCAMLR XXVI - WG-FSA -07/14)**

A NEW FISHING GEAR IN THE CHILEAN PATAGONIAN TOOTHFISH FISHERY TO MINIMIZE INTERACTIONS WITH TOOTHED WHALES WITH ASSOCIATED BENEFITS TO SEABIRD CONSERVATION.

Carlos A. Moreno¹. Ricardo Castro² & Luís J. Mujica² and Pablo Reyes¹

Key words: Cooperative research, longline fishing, albatross, petrels, killer and sperm whales, southern Chile.

1. Instituto de Ecología y Evolución. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (cmoreno@uach.cl).
2. Pesca Suribérica, Punta Arenas Chile.

ABSTRACT

We describe a new fishing technique, called the Chilean system, adapted from an artisan fishery for Patagonian Toothfish. The artisan system was modified to include a net sleeve that is placed on secondary vertical lines, which has practically eliminated depredation by killer whales and sperm whales. In addition to this, each 15 m-long vertical line carry a weight at the end, which sinks baited hooks at up to 0.80 m/sec. This fast sink rate causes the line to sink immediately behind the vessel preventing seabirds from seeing the baited hooks at the surface. Additionally, this system does not reduce CPUE when compared to the traditional Spanish longline system. We evaluate the performance of this fishing technique with regard to seabird mortality and depredation of sperm whales and killer whales on fish catch rate during the season September-December 2006.

INTRODUCTION

The interaction between killer whales (*Orcinus orca*) and longline vessels is a global problem and occurs in most longline fisheries (Yano & Dalheim, 1995a & b; Secchi & Vaske, 1998; Hucke-Gaete *et al.* 2004; Purves *et al.* 2004; Donaghue *et al.* 2003; Kock *et al.*, 2006), with depredation levels of almost 100% recorded on some lines (Secchi & Vaske, 1998). Sperm whale (*Physeter macrocephalus*) interactions have been reported from the black cod (*Anoplopoma fimbria*) longline fishery in the Gulf of Alaska (Mitchell *et al.*, 2002), where interactions ranged from entanglement to depredation of catch, or the aggregation of individuals around the vessel with no apparent connection to fishing operations. In the Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*) fishery Ashford *et al.*, (1996) and Nolan *et al.*, (2000) reported killer whales and sperm whales interacting with longline vessels in South Georgia and the Falkland Islands respectively. Ashford *et al.* (1996) reported high levels of depredation with ‘almost the entire catch’ lost from some lines. Off Chile sperm whales have been reported to become entangled with longline fishing gear, have been observed feeding on fish off the lines, and have been reported following vessels for days (Hucke *et al.* 2004). Crespo *et al.* (1997) also reported killer whales and sperm whales stealing bait and catches

from longlines close to Tierra del Fuego off South America. On some lines hauled at the Prince Edward Islands, south of South Africa, observers have estimated Toothfish losses due to predation by killer whales to be as high as 50% (Tilney & Purves 1999).

Also, simultaneously many interactions occur with traditional longlines and sea birds, especially Albatrosses and Petrels (Ashford *et al.* 1995, Moreno *et al.* 1996, Gales 1998, Cherel *et al.*, 1996, Barnes *et al.*, 1997). This problem has been solved in part by the use of mitigation measures, like streamer lines, night setting, line weighting, discharging all offal on the opposite side of the hauling bay of vessels and changes in the fishing season to the time of the year in which the birds are absent from the fishing area. Many international organizations have provided developments in this area, engaging an ecosystem approach to fishery management, but without a complete operational solution until today.

Few researchers have been working to find new operational solutions for both the problem of bird mortality and toothed whale predation on longlines. Robertson *et al.* (2006, 2007c) have been experimenting with the sink rates of longline gear in order to improve the auto-line system and the classic Spanish double-line system. During the last 5 years in the Chilean longline fishery for Toothfish, strong positive interactions have occurred between the fishermen and the scientists that developed the National Plan of Action (NPOA) to reduce the incidental mortality of seabirds. During the diagnostic period of the NPOA, it was discovered that the Chilean artisan fishery did not kill birds and so was excluded from the NPOA. The reason for such exclusion was based on the configuration of the gear used. This was the modification of the classic Spanish longline by eliminating the mother-line, or hook-line, characteristic of this fishing gear and placing the hooks on secondary branch lines which also carry weights, causing a fast sink rate in the first 9 m (see Moreno *et al.*, 2006).

Here we describe the development in the Chilean industrial fishery, based on the artisan gear set-up, which has permitted the reduction of incidental seabird mortality to zero and a significant reduction in fish lost to marine mammals. Moreover, we present the evaluation carried out during the 2006 Toothfish season that suggest this technique could easily be expanded to other demersal fisheries with similar problems.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The Chilean fleet of industrial vessels operates south of 47° in the south-eastern Pacific Ocean to the vicinity of Cape Horn. According to Robertson *et al.*, (2007a) this area holds 20% of the world population of black-browed albatrosses. Black-browed albatrosses in Chile breed at Diego de Almagro (15,594 pairs in 2001/02; Lawton *et al.* 2003), the Evangelista's islets (4,670 pairs in 2002/03; Arata *et al.* 2003), Diego Ramirez (55,000 pairs in 2002; Robertson *et al.* in press) and the newly discovered colony (18 January 2003) of 62 pairs in the Magellan Strait (57°27'20 S; 69°01'12 W; Robertson *et al.* 2007a). The total breeding population is about 122,000 pairs. In relation to the Grey-headed albatross (*T. chrysostoma*) the area holds 17,000 reproductive pairs forming 23% of the world population. Also, three fisheries operate in this area using longlines; Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*), Austral Hake (*Merluccius australis*) and the Ling (*Genypterus blacodes*) fisheries (Fig.1). Fortunately, the last two fisheries set lines at night under normal operations and so have no interactions with albatrosses and limited interactions with white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) (Phillips *et al.* 2006). They also operate further north in the region so have fewer interactions with toothed whales.

Description of the new gear

This new technique is characterised by the elimination of the mother line from the classic Spanish system, whilst keeping the principle thick line from which the mother line hangs by a series of branch lines. The mother line and branch lines were replaced by the new configuration of 15-20 m long secondary lines placed vertically at 30-40 m intervals (Fig 2a). Each of the vertical lines supports hooks and, at its extremity a bag of weights (Fig 2b). Additionally, on each vertical line a buoyant net sleeve is attached, in such a way that allows the sleeve to slide up and down the line. During the set, this sleeve remains at the upper end of the secondary (vertical) line, but when the line is hauled, the movement of the line through the water causes the sleeve to slide down the line covering the hooks and any captured fish. The

sink rate of the gear was tested using MK 9 time-depth recorders (TDR's; Wildlife Computers, USA).

The use of net sleeves has a precedent in this fleet as in 2005 knotted line was used around hooks to “camouflage” the hook and caught fish. This technique was dubbed “pulpo” (the octopus) by the fishermen. However, the marine currents or the movement of the boat made the line flap, revealing the fish to the whales. Whilst searching for a way to keep line in place the net sleeve was invented, which gave better results than the “pulpo”. These trials took place in 2005 onboard a boat from the company Sur Iberica in Chile.

This new system, based on the Chilean coastal artisan fishery for Toothfish described by Moreno *et al.* 2006, was adopted in the September-December season of 2006 by the 11 vessels in the fleet. An average of 350 secondary lines, each with 8-10 hooks, was used/set, giving an effort of 3,500 hooks/line. Given their origin an appropriate name for the new gear is Chilean system.

Scientific observation

The fleet that operated between September and December 2006, was composed of 11 industrial factory vessels (>45 m in length) and the total effort during the period was 4,137,000 hooks (Table 1), of which 1,508,500 (36.5%) were observed by one of four scientific observers. The quantitative results related to a) number of seabirds around the vessels and associated mortality b) sighting the sperm and killer whales around the vessels and c) loss of fish from the line to sperm and killer whale depredation. Observations made on vessels during the study period (September to December) were expanded to the total effort in that period. Data on incidental mortality of seabirds was taken following the methodology of Moreno and Arata (2005) for comparative studies of seabirds killed in previous years. The depredation rate made by toothed whales was evaluated following the modification of Hucke-Gaete *et al.* (2004) to the relationship of Yano and Dahlheim (1995), where the depredation rate is $DR = (ND / (ND + NT)) * 100$, where ND is the number of damage fish, ascertained by number of head, trunks or lips and NT is the total number of fish showing no evidence of damage. This was calculated as a proportion of damaged fish per setting. Depredation rates for the 2006 season were then compared with the data for the 2002 season. Because some fish are totally removed from the hooks by the toothed whales this measure is usually an underestimation.

Under the assumption that the data of 2002 and 2006 have the same bias, a contrast between the measures was made, using the mean and superior CL 95% of the depredation/haul.

In the 2006 season, when the fishermen began to use the new system, an experiment was carried out aboard the FV Isla Santa Clara (Suriberica S.A.) comparing randomly sequenced sets with and without streamer lines (30 sets each). The numbers of black-browed albatrosses around the vessel were counted 10 minutes before each set began. That information was compared with previous similar studies in the same place and in other longline fisheries in Chile.

RESULTS

1. Sink rate of the gear.

The sink rates of the new gear have a high sink rate that permit reaches a depth of 4 meters in approximately 4.5 seconds or a rate of ≈ 0.80 m/s (Fig.3). In practical terms this means that the hooks in each branch line reach a depth of 4 m after 5 seconds and no further than 10 m behind the stern of the fishing vessel, still under the turbulence of the propeller. After that time (5 seconds), the relationship between depth and time has a shape of a negative exponential. The sink rate is less below 10 m depth reaching 15 meters in 26 seconds at an average speed of 0.57 m/s.

This sink rate causes the branch line to be totally taught in about 20 seconds and no more than 25 meters behind the stern of the vessel. For this reason all scientific observers noted that most of the albatrosses and petrels did not land in the water but remained flying, searching for bait. During the 2006 season seabirds were only observed in the water close to the vessel during hauling, never during the set with the exception of some cape petrels (*Daption capensis*) but no mortality was registered.

2. The use of the windsock shaped net sleeve in reduction of depredation rate by marine mammals.

The new technique was a windsock shaped net sleeve introduced onto the branch line before attaching the weights and hooks. In 2006 this system was found to be a massive solution in the Chilean industrial Patagonian Toothfish fishery, by protecting hooked fish from sperm whales and killer whales (Fig. 4).

The results of the application of this technique in 2006 were compared with similar data of the depredation rate from 2002 in Hucke-Gaete *et al.* (2004). This analysis (Fig.5) showed a great difference between the traditional Spanish longlines used in 2002 and the new gear used in 2006. The presence of groups of sperm and killer whales was similar in terms of abundance between both years (sightings of ≈ 500 sperm whales and ≈ 40 killer whales in the season) but the difference in % catch damage was two fold less with the use of the new system.

3. Incidental mortality of seabirds.

In 2002, a large number of black-browed albatrosses were killed by the Chilean Patagonian Toothfish Fleets in the fishing zone. According Moreno and Arata (2006), the annual mean mortality was 1,588 seabirds killed, including 1,555 black-browed albatrosses, 6 grey-headed albatrosses, 2 cape petrels and 25 white-chinned petrels. This mortality was the reason why the Chilean Fishery authorities began to implement the NPOA-Seabirds. Two years later, after the application of the mandatory use of streamer lines, and many other accessory measures included in the Chilean NPOA, the mean number of seabirds killed was only 448 (including 440 black-browed albatrosses and 8 grey-headed albatrosses). No petrel deaths were registered in that year.

After the use of the new longline configuration during the 2006 season, the total number of seabirds killed was zero (Fig 6). Furthermore, it can be shown that the reduction of incidental mortality when the traditional Spanish method was in use was close to 70-75% with the use of streamer lines. These data were gathered without using mitigation measures in 2002, using streamer lines in 2004 and ultimately changing the fishing system in 2006.

At the moment fishing season started (September 2006) the new gear together with streamer lines was used. When comparing the incidental mortality with and without streamer lines, whilst using the new modified gear, the same results were found in both treatments; no birds were killed, so no statistical comparison was necessary to obtain a conclusion. Soon the fishermen realized that the sink rate did not allow the birds to see the bait at the surface and were able to remove the streamer lines during sets. Then in order to show a quantitative comparison of the number of albatrosses and petrels around the vessels, we obtained data from Moreno *et al.* (2003) of the BPUE (birds per unit effort or birds killed per hook per set) in relation to the number of birds counted around the vessel 10 minutes before setting the line, with similar data obtained during the 2006 season. Figure 7 shows clearly that the new gear did not kill a single bird, in spite of their high abundance around vessels that were fishing close to the Diego Ramirez Archipelago, which holds very large numbers of Black-Browed Albatrosses and Grey-Headed Albatrosses (see above)

4. Considerations on capture rates (CPUE).

An aspect that the fishermen consider vital to the application of new fishing techniques is that the yield must be equal to the previous system. Therefore any methods used to minimize the interactions with seabirds and marine mammals must not affect the nominal CPUE. For this reason a vessel was used that had had observers over several years allowing a comparison of data from four previous years with the 2006 season. The results of these observations are in Figure 8, and show that the data from 2006 are notably better than at least three of the previous four years and slightly better than the accumulated catch in 2005. Consequently this new technique does not affect capture rates, which immediately makes it an acceptable method from the point of view of fishing yield and the economics of the fishing operation.

5. Other advantages.

In addition to the effects mentioned previously on avoiding incidental seabird mortality and diminishing depredation by toothed whales, this method avoids gear tangles on the seabed. During the season 2006 in the extreme south of Chile, no longlines were entangled on the

bottom and lost. On the contrary, large quantities of fishing gear (traditional method) abandoned on the seabed in previous fishing seasons were recovered, because the individual branch lines were strong enough to haul the gear to the surface. This process led to a reduction in the amount of fishing gear contaminating the seabed and a reduction in the amount of "ghost fishing", which occurs when gear is set but not hauled. Another important consideration is that fishing with the new method resulted in only half the number of hooks being set to exhaust the allowable quota of toothfish. Although quantitative data is lacking, we suspect that the amount of fish by-catch would be considerably less with the new method than what typically occurs with the traditional method (this aspect will be the subject of future investigation). Since avoidance of predation of toothfish by toothed whales reduces greatly the difference between caught fish and landed fish, damage to the toothfish population is much lower than with the traditional method of fishing. In this respect the Chilean method confers considerable advantage over other methods in the management of toothfish stocks.

DISCUSSION

The new fishing equipment with net sleeves, weights at the end of vertical lines, and clusters of 10 hooks 30 cm over the weight, performed excellently in avoiding sperm and killer whales, fish depredation and seabird by-catch by during the September to December season in the Southern Chile Patagonian Toothfish fishery.

This mixed longline is directly derived from the Chilean artisan longline that was described in Moreno *et al.* 2006. Here the branch lines in the Toothfish fishery are used for the first time without the mother line. With this gear, in order to compensate for the number of hooks hanging from the mother line, hooks were concentrated at the end of the branch line, close to the weight. Individual weights in the mixed system were much heavier than on the artisan longline, where weights were never more than 0.5 kg per branch line. In the 2006 Toothfish season the weights were the same bags of stones used in the Spanish longline, between 4 to 10 kg per branch line. The first important characteristic is that the sink rate was double that in the artisan longline (0.47m/sec) reaching a rapid sink rate of 0.80 m/sec, until the branch line was totally extended at a depth of 15 m.

The second important characteristic of this new gear is that in each branch line it is possible to allocate a netting sleeve to protect the fish from sperm and killer whales. Hucke-Gaete *et al.* (2004) described a perfect correlation between the number of whales and the number of fishing vessels operating in the area within the western mouth of the Magellan Strait and Cape Horn. As a result of such interaction the rate of predation of the fish measured in Hucke-Gaete *et al.* (2004) fell from a maximum of 5% to less than 1.5 %, with a average of 3%. This is certainly an underestimation of the predation rate because the estimate relies on portions of fish remaining on hooks (indicates fish were caught) whereas fish are often removed totally, especially by killer whales. However, assuming the bias in both years is similar then the netting sleeves represent a significant advance in efforts to reduce the number of fish lost to toothed whales and the depredation rate fall under a mean of 0.36 %. The net sleeves are also effective in reducing depredation by other organisms⁴ such as sleeper sharks (*Somniosus pacificus*) and “marrajo” or porbeagle sharks (*Lamna nasus*).

One important observation was made the Scientific Observers when the fleet started using the sleeves. After about one week of attempts by Sperm whales to obtain fish from the line without result, the whales disappeared from the fishing grounds. The observers also noted that sea lions (*Otaria flavescens*) that normally attempt to take fish from the line were prevented from doing so.

With respect to avoiding seabird captures, the hook-bearing and weighted 15 m branch line permitted the baited hooks to sink swiftly behind the stern of the vessel and begin to sink immediately on reaching water surface, passing the first meters in 2 seconds, the line reaching a depth of four meters within 5 seconds. At this sink rate, it is not possible for black-browed, grey-headed and royal or wanderer’s albatrosses or the cape or giant petrels observed in large numbers around the vessels to obtain access to the baited hooks. This result is along the lines of techniques applied in other fisheries that aim to achieve a fast sink rate of the fishing lines, like the integrated weights in the autoliner system applied by Robertson *et al.* (2006), or

⁴ JP Torres-Florez and PR Reyes describe in details the others fish predator that can remove fishes from the longlines in Southern Chile. In XII COLACMAR pp: 537. (Libro de Resumos, XII Congreso latinoamericano de Ciencias do mar. Florianópolis, Brasil).

modified weighting in the Spanish longline, which proved to be the most powerful factor affecting sink rate independent of setting speed and distance between weights (Robertson et al in press).

The precedent of the Chilean longline made it impossible for marine birds to see the baits or reach them by diving even with minimal levels of phytoplankton in the water. Notwithstanding, the most relevant demonstration of the efficiency of the mixed longline for avoiding incidental bird mortality comes from examining the mean abundance of seabirds around vessels 10 minutes before setting the line. Previous research has shown that the expected number of albatrosses killed by a longline is higher if the birds are concentrated around the vessel before the set, as occurs during the second half of the incubation period, from the last week of October to the first three weeks of November (Arata, 2002). In the current study, the mean number of black-browed albatrosses around vessels exceeded 200 birds (that number was exceeded if other species such as giant petrels and other albatross species were included). The results for 2006 were absolute; no birds were killed from an effort of almost 4 million hooks during October to December despite a 100% overlap between the fishing season and the reproductive period of the sea bird in the area.

The use of these net sleeves was the third step in the search for an effective deterrent to marine mammal's predation. The first was when the artisan fishermen divided the extensive longline of 10 or 12 thousand hooks to 4 or 5 short lines. Then, in order to add more hooks the leaders or hooks dangle (0.5 m) were enlarged until 9 m to hold more hooks, in most cases between 2 to 4 hooks with a stone at the end (Moreno et al, 2006). The industrial fishers enlarged this set up further to 15 or 20 m, and added filaments above the hooks to disguise or camouflage the fish. However, this technique failed because the strong currents displaced the rope filaments or "pulpos" from the fish. Then a net was built around the line to secure the filaments, which triggered the idea to have only a net sleeve that could slide along the branch line when the longline was recovered and the "pulpos" technique was abandoned.

This vertical branch line with a nest sleeve was tested for the first time in the 2005 season and via the conversations between fishermen, spread to other vessels and companies, and was

eventually used by 100% of the Chilean fleet in 2006. Some Skippers in the Falklands /Malvinas used this during 2006 and also some Uruguayan long liners (Rojas & Pin, 2007). Without any doubt there has been a break through in solving the problem of interactions between fishing activities and various vertebrates, from fish to mammals, making for a friendlier relationship between the fishers and the ecosystem. This is a lesson that we have learnt through fishermen being motivated to solve problems with whale interactions and scientists motivated by seabirds' interactions. While preventing seabird by-catch and reducing bait loss from the longlines, nothing must be harder to watch than recovering only the head of a large fish that has been taken by a whale. Here both motivations have found an effective solution without affecting the catch rate.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Project FIP 2006-30 and the ATF- Chile project (B.L.I.) for helping fund this research. Thanks also to the Chilean fishing companies Pesca Chile, Globalpesca and Pesca Suribérica for opening their doors to our observers and developing a sincere friendship over many seasons of interactions. Thanks to Oliver Yates, Graham Robertson, Ed Melvin and Javier Arata for the help and early review of this report. Mario Montecinos and Rodrigo Vega also help with some analysis and drawings. To the Scientific Observers from the Universidad Austral de Chile that have been working with us in recent years; Mrs. Keno Olivares, Patricio Barrientos, Juan Harries, Elias Fernandez Niño, and Ruben Ceballos amongst others.

Recommendations to SC and WG-FSA and IMAF.

We recommended that Conservation Measure 25-02 be updated to permit use of the new longline configuration when toothed whales are present on fishing grounds. We also recommend that the observer program be modified to incorporate protocols to quantify the effect of the new fishing method in reducing catch rates of non-target fish, and to record information on other environmental and operational aspects of the new system over the traditional Spanish longline.

REFERENCES

- Arata J. (2004) Análisis comparativo de la ecología trófica y biología reproductiva de los albatros de Ceja negra (*Thalassarche melanophrys* (Temminck,1839)) y Cabeza Gris (*T. chrysostoma* (Foster,1785)) en Isla Gonzalo, archipiélago Diego Ramírez. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Pp 155.
- Arata J, Robertson G, Valencia J, and Lawton K (2003) The Evangelistas Islets, Chile: a new breeding site for black-browed albatrosses. *Polar Biology* 26: 687-690
- Ashford JR, PS Rubilar and AR Martin 1996. Interactions between cetaceans and longline fishery operations around South Georgia. *Mar. Mamm. Sci.* 12(3):452-457.
- Ashford JR, JP Croxall, PS Rubilar & CA Moreno (1995) Seabird interactions with long-lining operations for *Dissostichus eleginoides* around South Georgia, April and May 1994. *CCAMLR Science* 2: 111-121
- Cherel Y., H. Weimerskirch and G. Duhamel. (1996) Interactions between longline vessels and seabirds in Kerguelen waters and a method to reduce seabird mortality. *Biological Conservation*, 75: 63-70.
- Crespo,EA., SN Pedraza, SL Dans, MK Alonso, LM Reyes, NA. García M. Coscarella and ACM Schiavini. 1997. Direct and indirect effects of the high seas fisheries on marine mammals populations in the northern and central Patagonian coast. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 22:189-207.
- Donoghue M., R Reeves & G.S.Stone . 2003. Report of the workshop on interactions between Cetaceans and Longline fisheries. Apia. Samoa, November 2002. New England Aquatic Forum Series, Report 03-1: 44 pp.
- Gales R. (1998) Albatross populations: status and threats. In “Albatross Biology and Conservation”. Ed. G. Robertson and R. Gales. Surrey Beatty & Sons Pty.Ltd. Sydney Australia.
- Hucke-Gaete, R., C.A.Moreno & J.Arata 2004. Operational interactions between cetaceans and Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*) industrial fishery off Southern Chile. *CCAMLR Science* 11: 127-140.
- Kock KH, M Purves and G. Duhamel (2006) Interactions between Cetacean and Fisheries in the Southern Ocean. *Polar Biology* 29 (5): 379-388.

- Lawton K, Robertson G, Valencia J, Wienecke B, and Kirkwood R., (2003). The status of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophrys* at Diego de Almagro Island, Chile. *Ibis* 145: 502-505
- Michell E., S. Mesnick, A. Allen (2002) Sperm whale depredation in the demersal longline fishery for sablefish in the Gulf of Alaska: Research needs and approaches to mitigation. Working Paper for the Workshop on Cetacean interactions with Commercial Longline Fisheries in the South Pacific.
- Moreno, CA., PS Rubilar, E.Marschoff, & L.Benzaquen (1996) Factors affecting the incidental mortality of seabirds in the *Dissostichus eleginoides* fishery in the southwest Atlantic (Subarea 48.3, 1995 season). *CCAMLR Science* 3:79-91.
- Moreno, CA. R.Hucke-Gaete, J.Arata (2003). Interacción de la Pesquería del Bacalao de Profundidad con Mamíferos y Aves Marinas. Informe Final Proyecto FIP 2001-31, Septiembre de 2003. Pp 199.
- Moreno CA & Arata J. 2006 “Efectos de las pesquerías industriales de palangre sobre aves marinas y el camino a su mitigación en Chile”. In Saball, P., Arroyo, M.K.; Castilla, J.C.; Estades, C.; Ladrón de Guevara, J.M.; Larráin, S.; Moreno, C.A.; Rivas, F.; Rovira, J. Sánchez, A.; Sierralta, L. Eds. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. CONAMA-Chile, pp. 472-477. Santiago- Chile
- Moreno CA, JA Arata, P Rubilar, R Hucke-Gaete & G. Robertson (2006) Artisanal longline fisheries in southern Chile: lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. *Biological Conservation*. 127 (1): 27-36.
- Nolan, CP., GM Liddle and J. Elliot. 2000. Interactions between killer whales (*Orcinus orca*) and sperm whales (*Physeter macrocephalus*) with a longline fishing vessel. *Mar. Mamm. Sci.* 16(3) 658-664.
- Phillips RA, Silk JRD, Croxall JP, Afanasyev V (2006) Year-round distribution of white-chinned petrels from South Georgia: Relationships with oceanography and fisheries. *Biological Conservation* 129 (3): 336-347
- Purves MG, DJ Agnew, E. Balguerías, CA Moreno and B. Watkins. 2004. Killer whale *Orcinus orca* and sperm whale *Physeter macrocephalus* interactions with longline vessels in the Patagonian toothfish fishery at South Georgia, South Atlantic. *CCAMLR Science* 11: 111-126.

- Robertson G, McNeill M , Smith N, Wienecke B, Candy S, Olivier F. (2006) Fast sinking (integrated weight) longlines reduce mortality of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) and sooty shearwaters (*Puffinus griseus*) in demersal longline fisheries. *Biological Conservation* 132 (4): 458-471
- Robertson G, Moreno CA, Lawton K, Arata, J. Valencia J, and R. Kirwood (2007a) An estimate of the population sizes of black-browed (*Thalassarche melanophrys*) and grey-headed (*T. chrysostoma*) albatross breeding at the Diego Ramirez Archipelago, Chile. *The Emu*. (submitted)
- Robertson G., Moreno, CA, Lawton K, Kirkwood R, and Valencia J. (2007b) Comparison of census methods for black-browed albatrosses breeding at the Ildefonso Archipelago, Chile. *Polar Biology* (in press)
- Robertson G., Moreno CA, B. Wienecke, P. Gandini, G. McPherson & JP Seco-Pon. (2007c). An experimental assessment of factors affecting the sink rates of Spanish-rig longlines to minimize impacts on seabirds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. (in press)
- Rojas E. & O.Pin (2007). Mammals and Birds excluding device in the Patagonian Toothfish Longline fishery. *Mail Buoy* 10(2):4-6.
- Secchi, ER and T Vaske Jr. 1998. Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil. *Aquat. Mamm.*, 24(2) 117-122.
- Tilney, R. and MG Purves 1999. The status of integrated fisheries monitoring in South Africa. In Nolan, CP (Ed) *Proceedings of the international conference on Integrated Fisheries Monitoring*, Sydney, Australia, 1-5 February 1999. FAO, Rome: 378 p.
- Yano, K. and ME Dahlheim 1995. Orca, *Orcinus orca*, depredation on longline catches of bottom fish in the southeastern Bering Sea and adjacent waters. *Fish. Bull.* 93 (2) 355-372.

TABLE and FIGURES

Table 1. Fishing effort of the Chilean *Dissostichus eleginoides* fishery between October and December of 2006.

Vessels	Number of Sets using the new mix design of the longline.	
	N° of Sets	≈Effort
1. Isla Camila	101	353500
2. Isla Santa Clara	113	395500
3. Isla Sofía	99	346500
4. Cisne Blanco	107	374500
5. Magallanes III	120	420000
6. Polar Pesca	110	385000
7. Faro de Hercúles	114	399000
8. Puerto Ballena	108	378000
9. Tierra del Fuego	110	308000
10. Globalpesca I	109	381500
11 Globalpesca II	113	395500
	Total	4137000

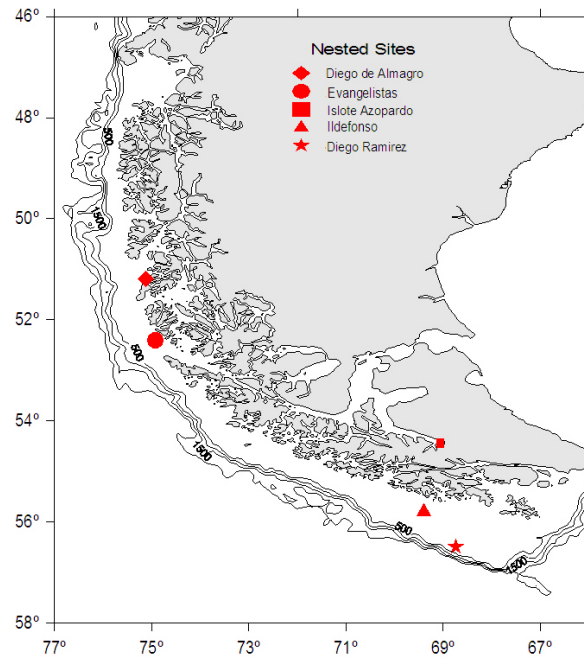
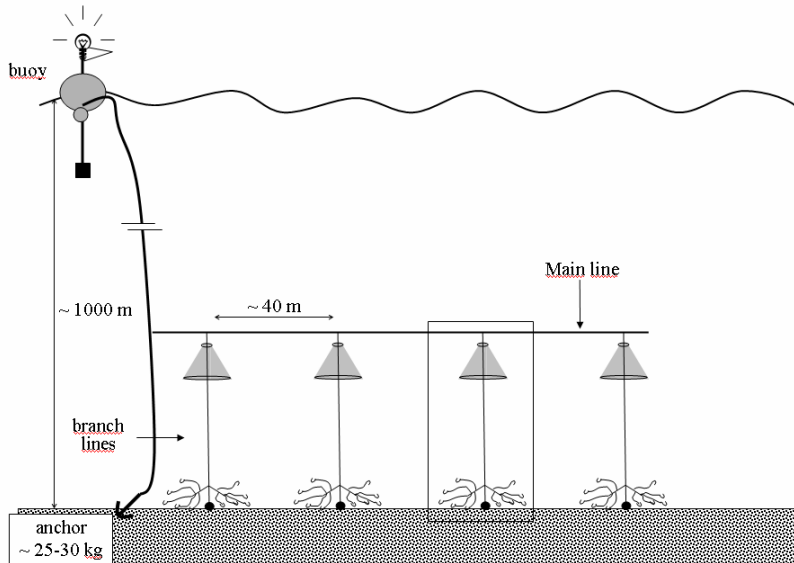


Fig.1. The positions of the Albatross colonies of Black-Browed Albatross and Grey Headed Albatross and the fishing area of *Dissostichus eleginoides*, between the isobaths of 500 and 1500 m deeps, in southern Chile.

A



B

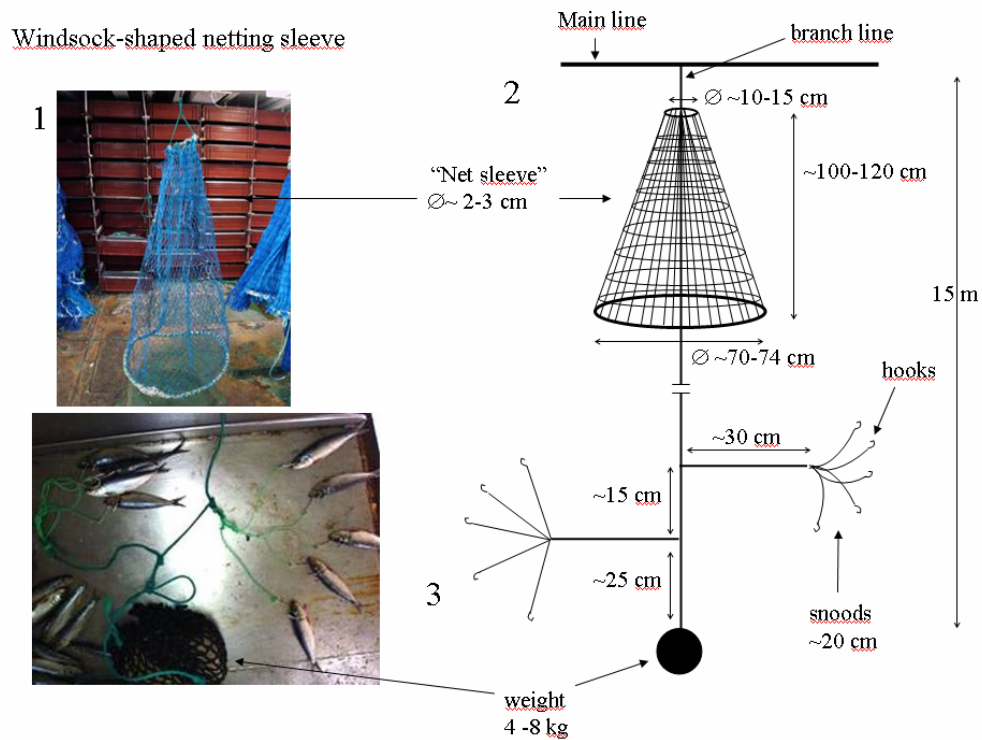


Figure 2. A. General design of the new system. The actual “main line” corresponds to the former “retenida” of the classical Spanish System of double line. Details of the branch line are presented in B, where 1. Is the net sleeve or “cachalotera”, 2. Details of the measurements of the new device and the branch line. 3. Tip end of the branch line with the position of weight and hooks.

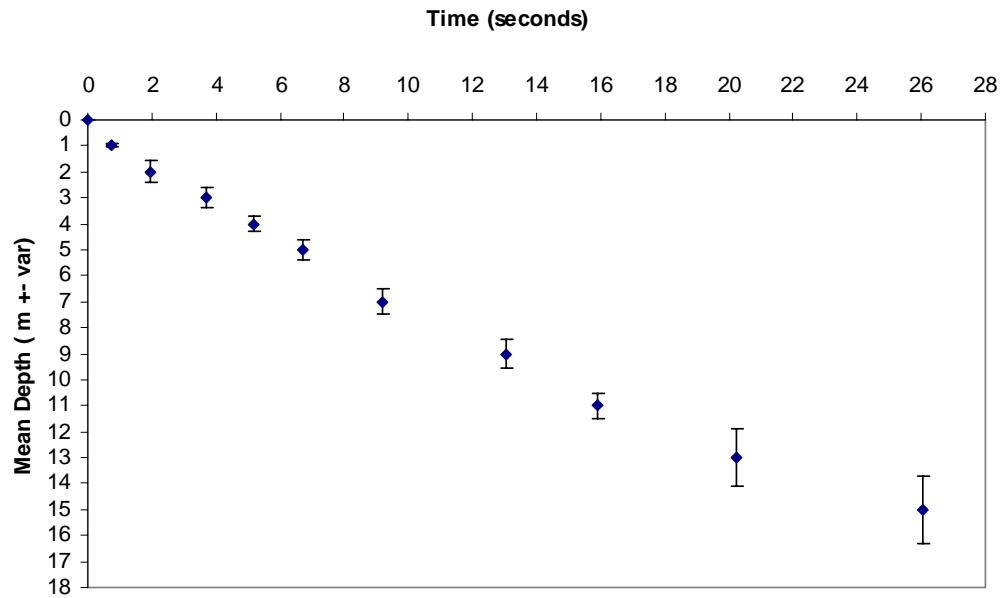
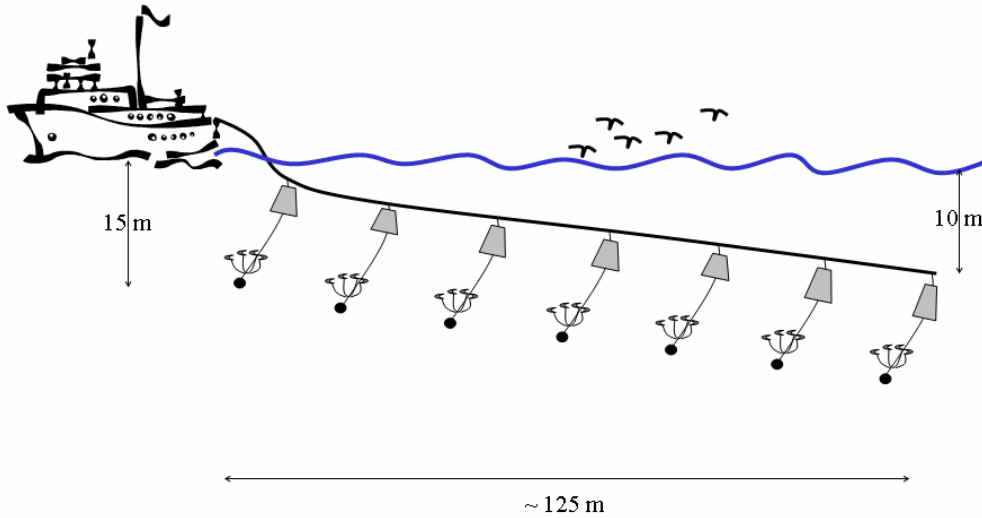


Figure 3. Sink rate of the new mixed system used in the Toothfish fishery in Southern Chile, during October to December 2006. The mean weight used was 8 kg per branch line (range from 4 to 12 kg).

A



B

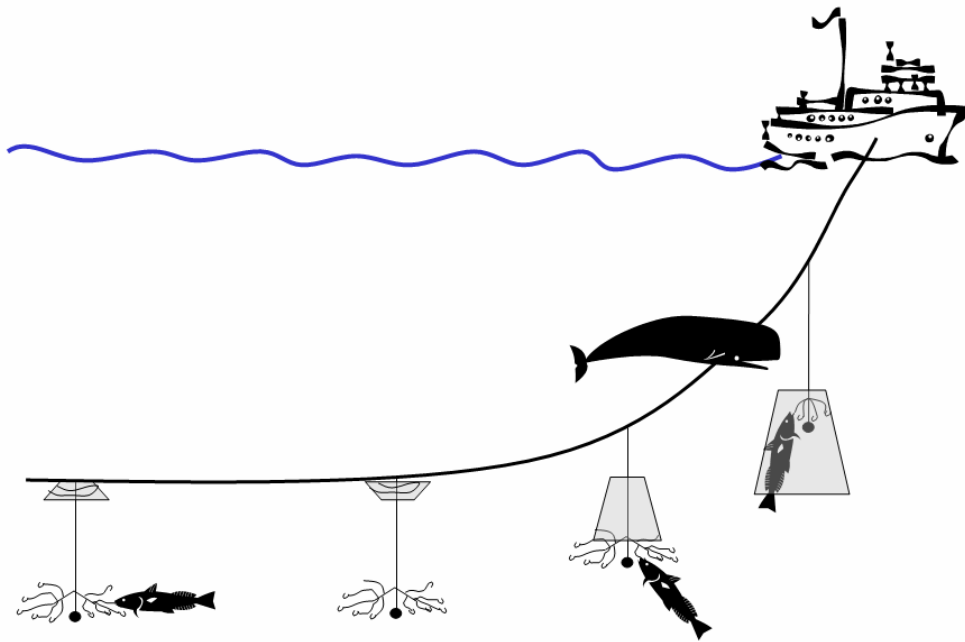


Figure 4. Behaviour of the mixed system during the set (A) and haul (B). Note that the depth reached by each second line is 15m more than that reached by the main line and that the net sleeve prevents the baits from being seen from above by seabirds and during recovery slide down to cover caught fish.

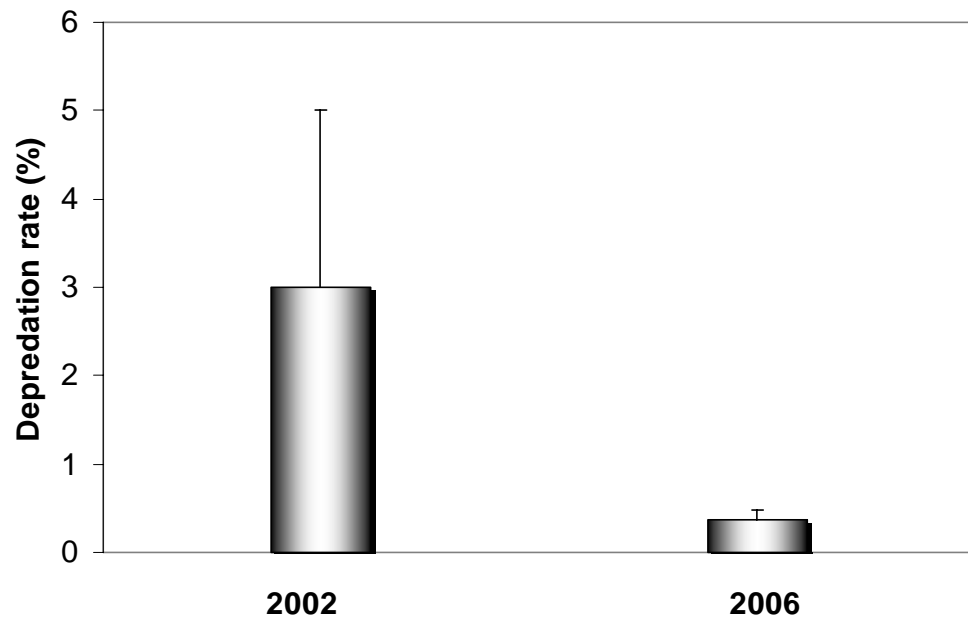


Figure 5. Losses due to depredation from toothed whales during the fishing season in the Cape Horn area. 2002 data from Hucke-Gaete et al. 2004 comparing the present study in of 2006.

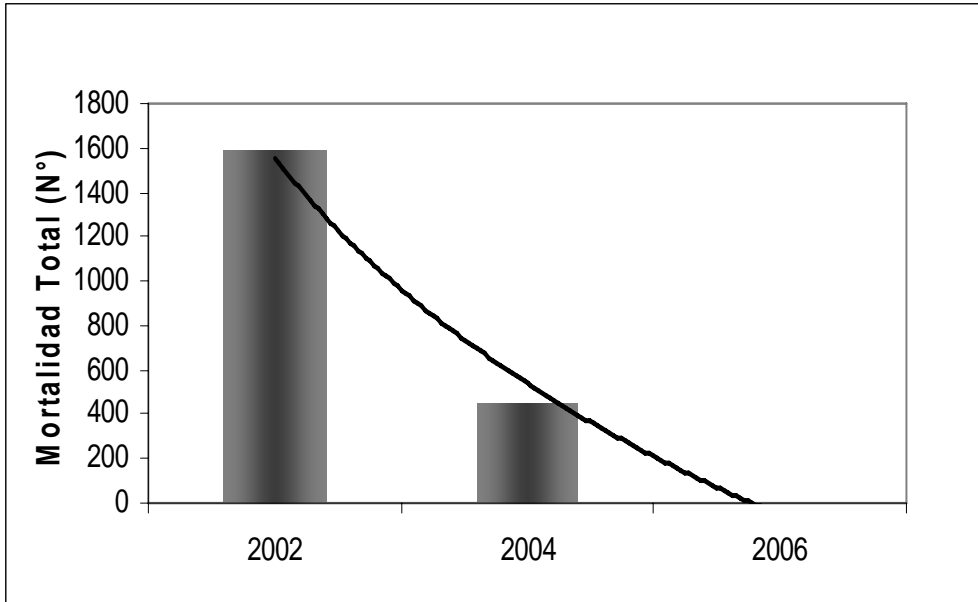


Figure 6. Total incidental mortality of seabirds in the *Dissostichus eleginoides* fishery in 2002, 2004 and 2006 (from Moreno *et al.* 2003, Moreno & Arata 2006 and present work respectively),

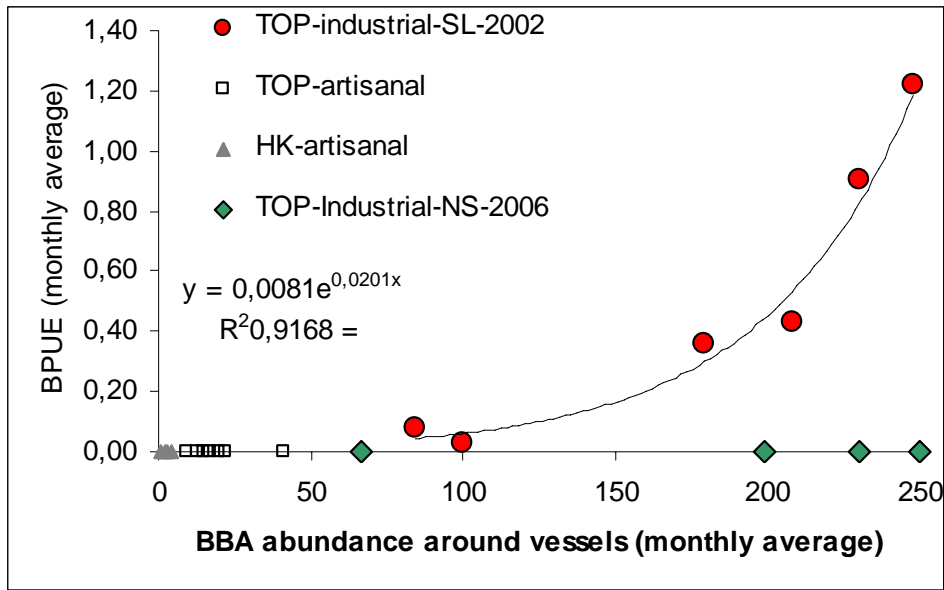


Figure 7. Incidental mortality in relation to the abundance of flying BBAs around the vessel counted 10 minutes before setting in different fisheries and in the Toothfish fishery in 2002 (circles) and 2006 (diamonds).

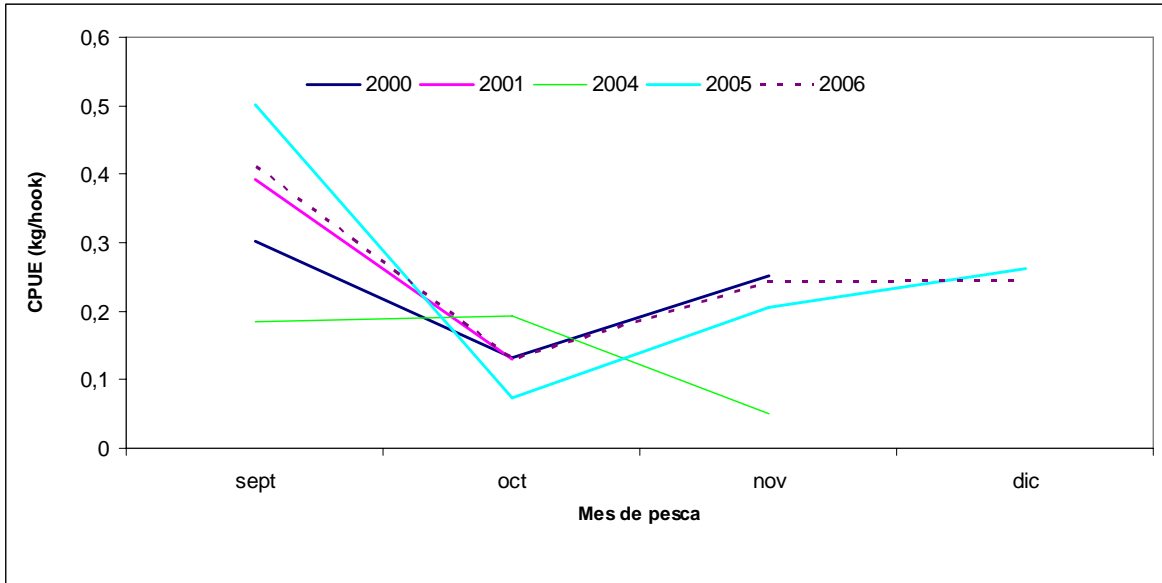


Figure 8. Catch per unit effort obtained during the fishing season for a vessel from the fleet for the last five years, from 2001 to 2005 using the Spanish longline system and for 2006 using the new mixed system described in the present study.

ANEXO 3**Listado de asistentes al Curso Especial del Plan Nacional de Acción de Aves Marinas**

1.-	Heriberto Aguilar Sánchez 9.290.940-9	Motorista
2.-	Jorge Deformes Sagredo 5.541.882-9	Patrón de pesca artesanal
3.-	Alibo Herrera Molina 8.054.368-9	Tripulante
4.-	Ángel Pizarro López 7.266.805-7	Tripulante
5.-	Juan Melani Costa 8.202.597-9	Tripulante
6.-	Fabián Díaz Báez 10.619.065-8	Tripulante
7.-	Sixto Hernández Navarrete 11.128.574-8	Tripulante
8.-	Fredy Milla Peña 10.240.903-8	Tripulante
9.-	Víctor Muñoz Vargas 7.908.236-8	Patrón de pesca artesanal
10.-	Ricardo Palma Oyarce 9.330.217-6	Jefe de Flota. Pesquera Omega
11.-	Sergio Córdova Carvajal 8.553.804-7	Patrón de Pesca, Capitán
12.-	Jaime Vicencio Vicencio 8.529.300-1	Patrón de Pesca, Capitán
13.-	Jorge Rivera Vergara 11.220.393-1	Patrón de Pesca
14.-	Humberto Flores Monsalve 9.063.790-8	Capitán

ANEXO 4

Listado de Observadores de IFOP y pescadores de pez espada asistentes al Curso de Identificación de Aves Marinas

- 1.- Roberto Cáceres Soza 12.151.069-3
- 2.- Tomás Blanco Palacios 4.875.655-7
- 3.- Omar Yáñez Barrera 12.571.067-0
- 4.- María de los Ángeles Escudero 15.032.754-7
- 5.- Wladimir Archiles Contreras 15.673.868-9
- 6.- Claudio Astete Salamanca 15.182.889-2
- 7.- Samuel Rojas Orrego 12.569.606-6
- 8.- José Zepeda Hidalgo 15.595.812-k
- 9.- Juan Barrera Galleguillo 15.560.120-5
- 10.- Juan Rodríguez Briceño 8.200.881-5
- 11.- Rodrigo Galleguillos Rivera 14.385.032-3
- 12.- Robert Jhon Bavestrello Sanhueza 12.835.767-k

ANEXO 5

Original Paper – Original paper – to Polar Biology – (publicación on-line)

Comparison of census methods for black-browed albatrosses breeding at the Ildefonso Archipelago, Chile

Graham Robertson · Carlos A. Moreno ·
Kieran Lawton · Roger Kirkwood · José Valencia

Received: 11 November 2006 / Revised: 10 July 2007 / Accepted: 16 July 2007
© Springer-Verlag 2007

Abstract A breeding population of black-browed albatrosses has been known to exist at the Ildefonso Archipelago, Chile, for >90 years but the population has never been censused using scientifically defensible methods. To estimate population size, and examine the accuracy and practicality of various census methods, the population was censused in the 2002/2003 breeding season using (a) ground-truthed aerial photography, (b) yacht-based photography, (c) ground counts, (d) quadrat sampling and (e) point-distance sampling. Compared to ground-truthed aerial photography (judged the most accurate) yacht-based photography underestimated population size by 55%, ground counts by 13%, quadrat sampling by 11% and point-distance sampling by 9%. Ground-truthed air photography revealed that in the 2002/2003 breeding season 47,000 pairs of black-browed albatrosses bred at the Ildefonso Archipelago. A repeat aerial census in 2006 suggested the size of the breeding population had not changed in the 4 years between the two censuses. After the Falkland Islands/Islas Malvinas, South Georgia and Diego Ramirez,

the Ildefonso Archipelago holds the fourth largest population of black-browed albatrosses in the world.

Keywords Ildefonso Archipelago · Albatross census methods · Photographic counts · Yacht-based counts · Ground counts · Quadrat sampling · Point-distance sampling

Introduction

Albatrosses and petrels have been counted at their breeding locations in the Southern Ocean since the early part of the twentieth century (e.g., Murphy 1936). Early population assessments were often made in the ethos of exploration and discovery, to acquire knowledge of the components and workings of the natural world. The imperatives of modern times require a more focused approach. Seabird population estimates are usually made to build food consumption and trophic pathway models for fisheries management purposes (e.g., Croxall et al. 1984; de Brooke 2004; Hill et al. 2006) and because of concerns about conservation status. With respect to the latter, threats to populations mainly pertain to the albatrosses and petrels which are especially vulnerable to mortality in longline (Robertson and Gales 1998; Delord et al. 2005) and trawl (González-Zevallos and Yorio 2006; Sullivan et al. 2006) fisheries, which have led to population decreases at many breeding locations in the past two–three decades (Gales 1998; Poncet et al. 2006).

One species of seabird that has decreased markedly is the black-browed albatross *Thalassarche melanophrys*, an Endangered species according to IUCN criteria (BirdLife International 2004). Most of the world's black-browed albatrosses breed at the Falkland Islands, South Georgia and Chile (Brooke 2004). Populations at the Falkland

G. Robertson (✉) · K. Lawton
Australian Antarctic Division, Channel Highway,
Kingston, TAS 7050, Australia
e-mail: graham.robertson@aad.gov.au

C. A. Moreno
Instituto de Ecología y Evolución, Casilla 567,
Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

R. Kirkwood
Phillip Island Nature Park, PO Box 97,
Cowes, VIC 3922, Australia

J. Valencia
Instituto Antártico Chileno,
Plaza Muñoz Gamero 1055, Punta Arenas, Chile

Islands (Huin 2001) and South Georgia (Croxall et al. 1998) have been censused for many years but those in Chile have rarely been censused using scientifically reliable methods. In this study we determined the population size of black-browed albatrosses at the Ildefonso Archipelago, Chile. We compared the accuracy and practicality of several census methods to determine the method most suitable for Ildefonso, a group of islands that is difficult to land and work on. Assessment of accuracy also provided a measure of the accuracy of previous attempts to census albatrosses at Ildefonso. The census methods compared were (a) ground-truthed aerial photography, (b) yacht-based photography, (c) ground counts, and the area-based methods (d) quadrat sampling and (e) point-distance sampling.

Materials and methods

Ildefonso

The Ildefonso Archipelago ($55^{\circ}48'S$; $69^{\circ}24'W$) is a chain of six rock stacks lying 111 km west of Cape Horn ($55^{\circ}59'S$; $67^{\circ}16'W$) and 93 km north of the Diego Ramirez Archipelago ($56^{\circ}31'S$; $68^{\circ}43'W$) off the southern coast of Chile (Fig. 1). The Archipelago is broken into northern and southern groups, the northern group comprising five stacks and the southern group comprising a single stack. The southern-most stack—hereafter called Isla Grande—is the largest in the group, being 1.6 km long, 150–400 m wide, up to 143 m high and 20 ha in area (Fig. 2). It comprises about 60% of the total land area of the archipelago and holds the largest population of albatrosses. The north-east face of Isla Grande is near-vertical and the north-western face slopes sharply to the sea. The islets are ravaged by wind and sea spray and soil on most of Isla Grande is shallow and laden with salt. In the seabird-breeding season virtually all surfaces of Isla Grande above the wave zone are inhabited by seabirds. Seabirds nest in 'pavement' and tussock slope habitats (Fig. 3). Pavements are areas of bare rock with virtually no soil and tussock slopes are vegetated with open stands of tussock grass *Poa flabellata*. In addition to large numbers of black-browed albatrosses, in the 2002/2003 breeding season the archipelago held about 86,000 pairs of rockhopper penguins *Eudyptes chrysolome*, 5,600 pairs of macaroni penguins *E. chrysolophus* (Kirkwood et al. 2007) and several hundred blue-eyed cormorants *Phalacrocorax* sp.

The census involved estimating the number of nesting pairs that had laid and egg. The black-browed albatross population at the entire Archipelago was censused from the air and the sea but the comparison of the ground-based methods was conducted at Isla Grande only (Table 1). Three people were deployed on Isla Grande from 24 October

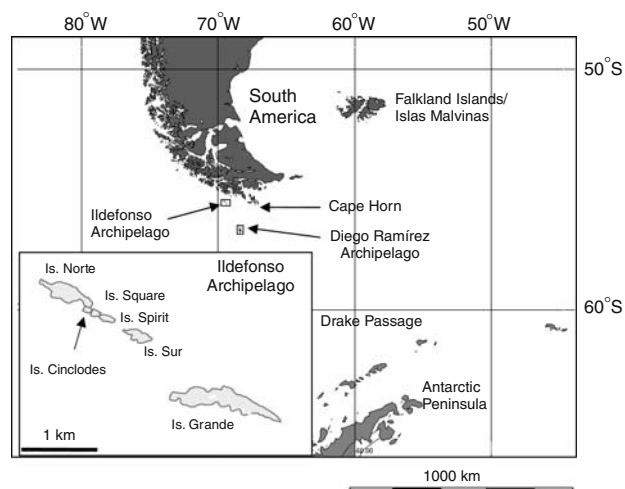


Fig. 1 Map showing the location of the Ildefonso Archipelago in relation to Cape Horn and the Diego Ramirez Archipelago

to 1 November to conduct the ground-based censuses and ground truth the air photographs. Activities on the ground also involved monitoring the attendance patterns of



Fig. 2 Aerial photograph of the Ildefonso Archipelago showing the sizes and shapes of southern (Isla Grande, foreground) and northern groups of islets

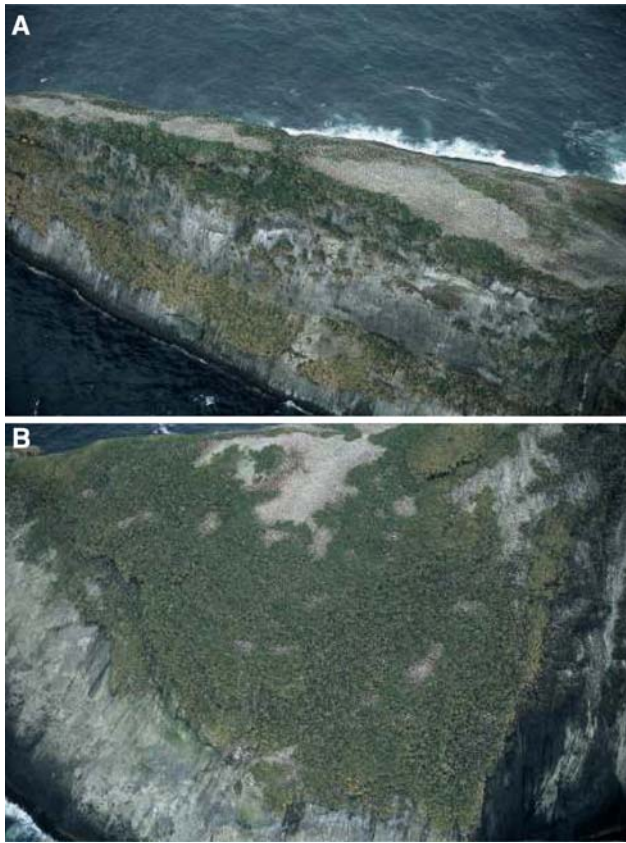


Fig. 3 Aerial photographs of **a** pavement and **b** tussock slopes habitat (with some pavement) at Isla Grande, Ildefonso, showing nesting black-browed albatrosses

albatrosses to determine the preferred time-of-day for the aerial census (see below).

Aerial census

Photography and counting

Ildefonso was photographed from a twin otter aircraft from an altitude of 200 m on 26 October 2002. Flying speed was minimised to facilitate the photography and was 90 knots upwind and 140 knots downwind. During the overflights air and ground parties maintained radio contact so flights could

be modified or suspended if birds showed signs of disturbance. The photographs were taken from 1400 to 1500 h local time, which included the period of the day (late morning to mid afternoon) when the ratio of nesting birds to total birds was highest (see below). The photographs were taken through an open cockpit window with a hand-held 35 mm camera, 70–200 mm vibration reduction lens and ISO 100 transparency film. Every effort was made to ensure the photographs were taken from an angle perpendicular to the land surface. To aid in the later construction of collages of images in the computer the focal length of the lens was kept constant. A total of eight circuits was made of the islets to produce a complete series of overlapping images which were used to compile a montage of all surfaces of the islands occupied by albatrosses.

Following digitisation of the images a montage of the complete island group was constructed from overlapping images “stitched” together using the image program Adobe Photoshop®. Albatrosses were counted individually on the montage displayed on the computer screen in Photoshop. To gain a measure of the repeatability of the counts and difference between counters, the number of albatrosses in a well-defined area on the southern end of Isla Grande (with habitat typical of the remainder) was counted twice by each of two observers (this area was also used to assess the accuracy of ground counts). To determine if albatrosses near stitch lines were omitted or counted twice, due to parallax, the number of nests within about 50 m of the edges of 20 images (stitched together to form 10 images) were compared to the number counted near the centre of photographs taken on subsequent overpasses. The proportion of montages of albatross habitat falling on the stitch lines was estimated using the grid tool in Photoshop.

On 4 October 2006 the aerial photography was repeated, but only at Isla Grande, to gain a measure of population change in the 4 years since the estimate in 2002. The photography was conducted from the same aircraft, same altitude, similar time-of-day (1400–1430 h local time) and used the same photographer, counter and computer processing methods as in 2002. In 2006 the photographic gear included the same lens as in 2002 and a 10 Mp digital camera. The results of the 2006 census are given in “Appendix 2”.

Table 1 Summary of areas, habitat types and methods used (indicated by ‘x’) to census black-browed albatrosses at the Ildefonso Archipelago

Location and habitat	Census method				
	Air photo.	Yacht photo.	Ground counts	Quadrat × area ^a	Point-distance × area ^a
Entire archipelago	x	x			
Isla Grande					
Tussock slopes, all				x	x
Pavement, all				x	
Sub area; both habitats			x		

^a Excludes the 1,715 nesting birds counted from air photographs on the inaccessible north-east face

Ground truthing

To simplify the counting process ground truthing was conducted to identify the time of day when the ratio of nesting birds to total birds was highest. Photographs taken during this period of the day should maximise the number of birds sitting on nests and minimise the number 'loafing' in the colony or sitting beside incubating partner birds. To identify this optimum time period the ratio of nesting-to-total birds in five study sites, each of 100 birds, was recorded daily at 2-h intervals from 0800 to 1600 h from 24 October to 1 November.

Ground truthing also involved quantifying at the same time as the aerial photography the proportion of albatrosses not on nests (as described above) and the proportion of birds sitting on nests that did not contain an egg. Knowing these proportions permitted the number of albatrosses counted from the air photographs to be corrected downwards to produce a more accurate estimate of the number of breeding pairs. Estimates were made immediately before and after the aircraft overflights and the values averaged. To determine the proportions of birds loafing in the colony or partnering birds on nests, the behaviour of 100 albatrosses at each of the five study sites was assessed. To determine the proportion of occupied nests with and without an egg, a total of 923 occupied nests was examined along 17 transects and the presence/absence of an egg, and egg shells, noted. The transects were distributed at random along the southern two-thirds of the islet. Transects started at the edge of a group of birds and ended when a pre-selected landmark was reached (usually a rock or tussock). The chest of each nesting albatross encountered on transect lines was gently raised and the presence/absence of an egg noted.

Disturbance

To determine if the albatrosses were disturbed by the aircraft overflights, counts in the five sites mentioned above were compared before and after the overpasses. Birds were also observed on the ground for visible signs of disturbance during the overflights.

Yacht-based photography

A complete photographic record of the archipelago was made in a series of 80 overlapping photographs taken from 100 to 150 m offshore from the S/V 'Spirit of Sydney' when the vessel circumnavigated the archipelago from 1300 to 1700 h on 24 October 2002. Ocean conditions during the circumnavigation were calm and the wind was <10 knots. The photographic gear, image processing and computer count methods were the same as for the aerial census.

Ground counts

The accuracy of ground counts was determined in a 2–3 ha area comprising several thousand nesting albatrosses on the southern end of Isla Grande. The area was flanked on all sides by well-defined landmarks and included three areas of pavement habitat with high-density albatross nests and an area of open tussock with low-density albatross nests mixed with rockhopper penguin nests. Albatrosses on nests in pavement and tussock areas were counted separately using hand-held talliers while traversing the area on foot. Two counters were used and each person counted the area three times to gain a measure of differences within and between counters.

Quadrat sampling \times area

Quadrat sampling involved counting the number of nests in 10×10 m quadrats distributed along the island, determining the mean density in each habitat type and multiplying up to the total area. All surfaces of Isla Grande were sampled except the sheer north-east face. Different methods were used to count birds in pavement areas (higher density nest distribution) and tussock slopes (lower density nest distribution) habitats. In pavement habitats nest density was estimated in 17 quadrats located about 50 m apart along the axis of the islet. The location point of each quadrat was selected by walking 30 paces into the pavement area in a direction perpendicular to its boundary. At the location point two 10-m tape measures were pegged out at right angles to form the two boundaries of the quadrat with the location point being at the apex of the boundaries. The locations of the remaining two boundaries were estimated by eye using the taped boundaries as a guide. The number of birds in quadrats was counted twice by each of two people.

In the tussock slope habitat nest density was determined by counting nests in 27 10×10 m quadrats distributed along the islet at about 100 m intervals. Quadrats were marked out using the 10 m tape measure and nests counted as described above. The number of albatross nests was counted twice by each of two people.

The total area occupied by albatrosses in each habitat type was estimated by walking around the perimeter of the entire nesting area and recording location and elevation data with a hand-held GPS. Co-ordinates for the perimeter were plotted using ArcGis software (ESRI, Redlands, USA) and a three-dimensional (3D) version of the total nesting area calculated. Information on slope was included in the analysis using a network of 3D polygons between GPS points on a Lambert Azimuthal projection. The proportion of pavement to tussock slope habitats was estimated by overlaying a fine scale grid on the aerial photographs in

Adobe Photoshop. The scale used resulted in small and large areas of habitat (both types) being divided into about 50 grid squares and about 100 grid squares, respectively. The proportion of each habitat type was calculated by counting the number of grid squares covered by each habitat type. Squares that included both habitat types were considered to be the habitat that dominated the square. These proportions were then used to estimate the proportion of each habitat type in the total nesting area.

Point-distance sampling \times area

The point-distance method involves measuring distances from defined points to nesting birds that fall within line-of-sight only (birds not observed are ignored) and analysis using purpose-built software. Point-distance sampling was used to estimate the density of albatross nests only in the tussock habitat because in pavement habitats all nesting birds could be seen and counted. Point-distance sampling was used rather than line-distance sampling (see Bibby et al. 1992; Buckland et al. 1993) to minimize disturbance to nesting birds. The former method involves estimating distances from a fixed point, whereas the latter method requires that observers move along a transect line to estimate distances. Point-distance sampling was applied at the same time as the quadrat sampling following the method of Buckland et al. (1993). At the location points in each of the 27 quadrats, and using the tape measure as a guide, distances to albatross nests out to 20 m were estimated to the nearest 1 m in a 360° area around the location points. Data were later truncated at 11 m distance according to the requirements of the goodness-of-fit models (see below).

Nest density was estimated using the program DISTANCE 4.0 (Laake et al. 1994). This program offers a range of models that describe the data and uses the model projection to estimate the number of nests not detected. The program also assesses how well each model describes the data. Goodness-of-fit of each model was examined using Akaike's Information Criterion (AIC; Burnham and Anderson 1998) and the model with the lowest AIC value chosen to estimate nest density.

Results

Preferred time for air photography

During the period 25 October–1 November 2002, the 2-hourly checks for the ratio of nesting birds-to-total birds revealed a significant interaction between 'day' and 'hour' (ANOVA: $F_{42,279} = 1.5$; $P = 0.035$), suggesting that the ratios for any given hour differed among days (Fig. 4). In general the ratios were highest from 1 h before solar noon

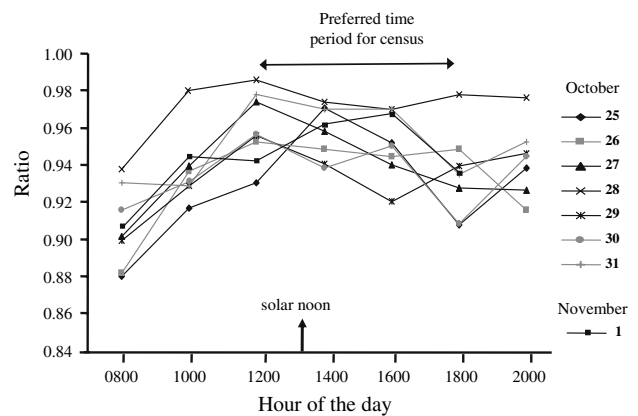


Fig. 4 Preferred time-of-day (highest proportion of birds on nests) for aerial censusing of black-browed albatrosses at the Ildefonso Archipelago in the period 25 October–1 November 2002. Air photography for the census was conducted at 1500 h on 26 October

(mean: 0.96; 1300 h local time) up until about 3 h after solar noon (mean: 0.95); this was the preferred time period in which to conduct the air census. Over all days and hours sampled the ratio averaged 0.94 ± 0.03 .

Air photography

Stitching error

The number of albatrosses counted within 50 m of the joins of the 20 stitched photographs ranged from 2 to 144 compared to 2–147 in the ten separate (unstitched) images of the same areas. Overall, 1.3% of birds were "lost" on stitch lines. Given that the total area of albatross habitat affected by stitching was only 5.9%, the overall effect of parallax and stitching was minor.

Variation within-and-between counters

The duplicate counts of the number of nesting birds on the southern end of Isla Grande were 4,529 and 4,589 by one counter and 4,489 and 4,507 by the other. Within-counter coefficients of variation ($SD \div mean$) were 0.95 and 0.28%, respectively. The mean values for both counters differed by only 1.3%, so the scores for both counters were averaged, which gave a total of 4,528 nesting albatrosses in the area examined. The variation between counters was mostly due to imperfect image resolution of a small number of birds on the montages, which meant positive species identification was not possible.

Disturbance

In the five nesting groups each of 100 albatrosses examined for signs of disturbance, immediately before the flights all

but 21 were sitting on nests. Immediately after the overflights 29 of the 500 birds counted were not sitting on nests. During the flights, the birds were watched intently by two people and no bird was observed to leave its nest or show other signs of disturbance, such as neck craning or sitting upright on nests. The slight increase in the number of ‘unattached’ birds after the flights is considered to be consistent with the normal movements of unattached birds in the colony and not considered to be the result of the aircraft overflights.

Air census and ground truthing

Ground truthing conducted at the same time as the air photographs were taken revealed that the proportion of birds in the colony on a nest averaged 0.95 ± 0.02 (SD), suggesting that for each bird on a nest there was, on average, 0.05 (5%) of birds not on a nest. Of the nests with albatrosses sitting on them, on average 0.93 ± 0.03 contained an egg, revealing that for every occupied nest with an egg there were 0.07 (7%) occupied nests without an egg. Multiplying these two sources of error, the difference between the total number of albatrosses counted on the photographs and the number of nests estimated to contain an egg was about 12%.

The results of the aerial photographic counts are shown in Table 2. The first correction column shows the number of birds estimated to be sitting on nests during the census. The second correction column shows the number of occupied nests with an egg.

Since well-formed nests in healthy black-browed albatross colonies are usually occupied immediately after egg laying (the census was conducted about 3 weeks after the

commencement of egg laying), the number in the first correction column is most likely to be indicative of the size of the breeding population (occupied nests that did not have eggs had likely already failed). Hence in the 2002/2003 breeding season there were an estimated 47,000 pairs of black-browed albatrosses breeding at the Ildefonso Archipelago. Of these Isla Grande and Isla Norte held 62 and 22%, respectively.

Comparison of methods

Given the high quality of the air photographs, the suitability of Ildefonso for this method of censusing (see “[Discussion](#)”) and the thoroughness of the ground truthing the results of the air photography were used as the “control” against which the other methods were compared.

Yacht-based census

The result of the census from the yacht was corrected downwards to equal the number of birds sitting on nests as for the air census. The yacht-based census revealed a total of 22,376 pairs of albatrosses on the entire archipelago, 55% fewer than counted from the air.

Ground counts

The average of three counts of nesting albatrosses by each of the two counters in the 2–3 ha area of the southern end of Isla Grande (all pavement and tussock habitats combined) was $4,000 \pm 462$ (CV = 11.5%) for one counter and $3,949 \pm 365$ (CV = 9.3%) for the other. Overall, the counts by both people were statistically similar (paired *t* test: $t_{(2)} = 0.92$; $P = 0.45$), so the estimates were pooled. The ground counts yielded 3,973 (± 374 SD) nesting albatrosses compared to 4,528 (± 57) nests counted from the air photographs, an underestimate of 12.3%. The cause of this discrepancy was the ground counts in tussock slope habitat (Table 3). The estimates from the air and ground in pavement habitat were statistically similar, whereas in tussock slopes the ground counts underestimated the number of albatross nests by 30%.

Quadrats \times area

The quadrat sampling on Isla Grande excluded the sheer north-east face where 1,715 nests were photographed. Quadrat sampling in both habitat types yielded 0.84 (CL_{95%}: 0.77–1.0; $n = 17$ sites) nests/m² and 0.10 (0.07–0.13; $n = 27$) nest/m² for pavement and tussock slopes habitats, respectively. The total land area of Isla Grande (except the north-east face) was estimated to be 20 ha, 30% of which was in the wave zone and did not contain nesting

Table 2 Total number of black-browed albatrosses counted on air photographs (total count), sitting on nests (first correction) and sitting on nests with an egg (second correction) at the Ildefonso Archipelago on 26 October 2002

Group/islet	Estimates		
	Total count	First correction ^a	Second correction ^b
Northern group			
Isla Norte	10,920	10,374	9,648
Isla Cinclodes	775	736	685
Isla Square	488	464	431
Isla Spirit	1,383	1,314	1,222
Isla Sur	5,222	4,961	4,614
Southern group			
Isla Grande	30,680	29,146	27,106
Total for Ildefonso	49,468	46,995	43,706

^a Total count \times 0.95 (=number of occupied nests; see text)

^b Number of occupied nests \times 0.93 (=number of nests with an egg; see text)

Table 3 Comparisons of the number of nesting albatrosses counted from the ground in pavement and tussock slopes habitats with the number counted from the aerial photographs

Habitat	Air census ^a (mean ± SD)	Ground count (mean ± SD)	<i>t</i> Statistic	<i>df</i>	<i>P</i>
Pavement area A	912 ± 41	925 ± 115	−0.19	7	0.85
Pavement area B	515 ± 23	482 ± 49	1.07	7	0.32
Pavement area C	1,436 ± 9	1,401 ± 129	0.45	7	0.66
Tussock slopes	1,665 ± 22	1,164 ± 120	6.97	7	<0.001

Counts from air photographs are repeated counts of the same photographs

^a Estimates multiplied by 0.95 (see text and Table 1)

habitat. Of the remaining 14 ha 10% (14,000 m²) was pavement habitat and the remaining 126,000 m² tussock slopes. Multiplying these two areas by their respective nest densities yields a combined total of 26,360 albatross nests for Isla Grande compared to 27,431 from the aerial photographs, a difference of 11%.

Point-distance sampling × area

The comparison of models with high goodness-of-fit values is shown in the “Appendix 1”. The model with the best goodness-of-fit (lowest AIC value) was the half-normal model, which was used to estimate nesting density. Distance data was truncated at 11 m from reference points because observations beyond this distance (to 20 m) did not enhance the goodness-of-fit of the models. Point-distance sampling in tussock habitat (except the north-east face) yielded 0.12 (CL_{95%}: 0.08–0.17; *n* = 27 sites) nests/m² or 15,120 nests for all tussock slope habitat on Isla Grande (except the north-east face). This estimate is 9% less than the 16,629 nests counted in the tussock slopes habitat from the air photographs.

Discussion

Comparison of methods

In the comparison of methods air photography was used as the standard against which other methods were compared. Since it is not possible to validate the accuracy of the air photography, confidence in the results must be derived from assessment of the suitability of the method and potential errors. Unlike some other albatross breeding islands, which are irregular in shape and many sided, both northern and southern groups in the Ildefonso Archipelago are long and narrow with only two flanks inhabited by albatrosses (north-east and north-west faces), making the flight path required of the aircraft easy to follow. The full width of the islets can be captured in overlapping photographs, thereby

avoiding the difficulty of having to capture (and stitch together later) from a fast moving aircraft images in both horizontal and vertical planes. Critically, there is no concealing vegetation to obscure views of albatrosses from the air. Consequently high quality montages of the landscape can be produced with albatrosses clearly visible and easily counted.

The main potential errors associated with the air photography were parallax in the image stitching process and misidentification of albatrosses. Parallax error occurred when photographs were taken in quick succession at angles forward of the position of the aircraft in relation to the position on the ground. The effect of parallax was minor overall (only 1.3% of birds missed on stitch lines and <6% of the albatross habitat affected by stitching) but could be reduced further by taking each photograph from a position as close as possible to perpendicular to the landscape. With respect to species misidentification, separating albatrosses from other seabird species on the computer screen was relatively straightforward. Macaroni penguins breed in discrete colonies on pavement habitat, were discernible on the air photos and the locations of colonies known to ground parties. Similarly, the locations of cormorant colonies were well known and recognised on the photographs, as were individual birds—cormorants are smaller than albatrosses and have a different shape. Black-browed albatrosses and rockhopper penguins were identified by their different size, shape and colouration—rockhoppers are much smaller, their heads are black (as against white) and they lack the distinctive albatross bill shape. Separating albatrosses and rockhopper penguins became difficult when images were not critically sharp. This was probably the main source of the 1.3% difference between counters of the number of albatrosses on the air photographs. However, since the great majority of photographs were sharp this source of error is unlikely to have significantly affected the accuracy of the counts.

The air photography required simultaneous ground truthing to maximize accuracy. The ground truthing revealed that 5% of the birds photographed were loafing in the colony and a further 7% were sitting on empty nests (the size

of these errors would be increased if the census was conducted other than during the preferred time period, see Fig. 3). While ground truthing improved the accuracy of the estimate of population size a sailing vessel had to be chartered to land the ground party, adding substantially to the logistical difficulty and cost of the census. Ildefonso is not an easy island on which to land and deploying a ground party in future censuses may be neither practical nor affordable financially. Ildefonso is also laden with seabirds and difficult to work on without causing disturbance. In the future, one possibility is to use digital photography and take photographs at a larger scale to increase the size of albatrosses in the images. Larger scale photographs can be magnified on the computer screen with minimal loss of quality, providing clear, detailed, images of each bird and its behaviour/posture when photographed. This might enable nesting and loafing birds to be counted separately (e.g., Arata et al. 2003), which would reduce/eliminate the need for ground truthing.

The final point about air photography is the archival quality of the data. Air photography was the only method tested where future researchers can re-examine the original digitized air photographs, repeat the stitching process, recount the albatrosses and draw their own conclusions about accuracy. This adds a level of objectivity to the assessment that is not possible with other census methods.

The yacht-based photographic census was included in the comparison because this was the method used by Aguayo-Lobo et al. (2001), who counted albatrosses on a video tape of the islands. The yacht-based photography underestimated population size by 55%. This discrepancy is not surprising given the large number of birds on the ridge line of Ildefonso—the location of most of the pavement habitat—not visible from sea level. Note, however, that this finding does not question the suitability of yacht-based censuses of islands where albatrosses breed on steep ocean-facing cliffs, such as Chile's Diego de Almagro (51°11'–51°39'S; 75°07'–75°19'W, Lawton et al. 2003) and South Georgia (53°30'–55°00'S; 35°30'–38°40'W, Poncet et al. 2006), islands that were recently censused using yacht-based photography. Rather, it highlights the unsuitability of boat-based counts for islands with topographical features that prevent line-of-sight views of all birds from sea level.

The ground counts yielded 12.3% fewer nesting albatrosses than air photography of the same area. Ground counts in pavement habitat were statistically similar to counts from the air, but counts in tussock slopes fell 30% short of the number derived from the aerial counts. On each of the three counts by both counters a similar number of birds were missed. This result is surprising because the counters had considerable prior experience in censusing albatrosses and thought they had covered the area thoroughly.

Although accessible by foot, the area missed sloped away from the remaining habitat, making it difficult to observe, and be aware of, from the ground. That so many albatross nests were missed highlights the importance of air photographs or maps of albatross distributions as a guide to ground parties, especially for islands with complex terrain where the existence of albatross nesting sites may not be easily detected from the ground.

Quadrat sampling underestimated population size in pavement and tussock slopes habitats by 11% and point-distance sampling underestimated population size in tussock slopes by 9%. The accuracy of both techniques may have been improved by classifying breeding areas into more than two habitat types. This was the initial intention but would have required substantially more habitat mapping and an increased number of albatross density estimations. With virtually all available nesting spaces on Isla Grande occupied by albatrosses and penguins a more detailed approach would have been too disruptive to the seabirds (a concern that also applies to ground counts). These two techniques are likely more suited to albatross breeding colonies where birds are more patchily distributed than at Ildefonso.

Previous censuses

In the past 92 years there have been three other albatross censuses at Ildefonso, which are listed in Table 4. It is important to appreciate that these censuses were conducted in a region of the world (Cape Horn) that experiences extreme weather conditions and has a history of ships being wrecked. Hence with these censuses it is conceivable more attention was paid to crew and vessel safety than to counting albatrosses. Murphy's (1936) visit in 1914 simply confirmed the existence of albatrosses at Ildefonso. Clark et al. (1992) visited the islands by yacht in 1985 in the middle of the chick-rearing period, by which time considerable breeding failure would have occurred. Nonetheless their estimate of 8,500 chicks for Isla Norte, made by a ground party, roughly equates to our estimate of 10,734 nesting pairs (Table 2) for the same islet three months earlier in the breeding cycle. These two estimates were made 17 years apart and suggest the population size at Isla Norte during Clark's visit and our own visit was similar. There is little doubt the boat-based census by Aguayo-Lobo et al. (2002) is inaccurate. Albatrosses at Ildefonso cannot be censused from a boat because most albatrosses cannot be seen from positions offshore at sea level.

Importance of Ildefonso

In addition to Ildefonso, black-browed albatrosses in Chile breed at Diego de Almagro (15,594 pairs in 2001/2002;

Table 4 List of known population estimates, dates and methods used to census the black-browed albatross population at the Ildefonso Archipelago, Chile

Source	Census date	Census method	Data treatment	Population size
Beck, cited in Murphy (1936)	18 December 1914	Estimated by eye from boat; whole archipelago	None	'Several thousand'
Clarke et al. (1992)	28 January 1985	Estimate by eye from yacht; Isla Norte only	Number of chicks (8,500 ^a) extrapolated to whole archipelago	50,000
Aguayo-Lobo et al. (2001)	6 February 2001	Boat-based survey using video recorder; whole archipelago	9,039 chicks counted; survivorship data in Prince et al. (1994) used to derive population size	20,086
This study	26 October 2002	Aerial photography; whole archipelago	Ground-truthed to derive # birds on nests (see Table 2)	47,000
This study	3 October 2006	Aerial photography; Isla Grande only	None	As in 2002 (see "Appendix 2")

Estimates are of the number of breeding pairs except for Murphy (1936) which most likely refers to the total number of albatrosses

^a Used by Gales (1998) to erroneously indicate 17,000 breeding pairs for the whole archipelago, an estimate subsequently cited by Tickell (2000), Brooke (2004), Aguayo-Lobo et al. (2001) and (2003)

Lawton et al. 2003), the Evangelistas islets (4,670 pairs in 2002/2003; Arata et al. 2003), Diego Ramirez (55,300 pairs in 2002/2003; Robertson et al. 2003) and the newly discovered colony (18 January 2003) of <50 pairs in the Straits of Magellan (57°27'20 S; 69°01'12 W; Aguayo-Lobo et al. 2003). The total breeding population in Chile is about 123,000 pairs, of which Ildefonso contains 47,000 pairs or 38%. Ildefonso is not only important in the Chilean context but globally. After the Falkland Islands/Malvinas (382,000 pairs in 2000/2001; Huin 2001), South Georgia (74,296 pairs in 2003/2004; Poncet et al. 2006) and Diego Ramirez the Ildefonso Archipelago holds the fourth largest population of black-browed albatrosses in the world.

Ildefonso also holds a small population of grey-headed albatrosses *T. chrysostoma*. In February 1982 Clark et al. (1992) sighted six grey-headed albatrosses from their yacht at the north-east end of Isla Grande. In October/November 2001, the year before our census, we searched Isla Grande by foot and found eight pairs of grey-headed albatrosses nesting in the same vicinity as recorded by Clark's party, thereby confirming the persistence of this small colony of grey-headed albatrosses at Ildefonso.

Acknowledgments We are grateful to the Armada de Chile for permission to work at Ildefonso, to Roger Wallis, skipper of the yacht 'Spirit of Sydney' for his seamanship in landing us on Ildefonso, to Sergio Cortes (in 2002) and Luis Utmann (2006) for their skill in piloting the twin otter, to Jay Watson for assistance on the ground and Rachel Alderman for assistance with the counts on the air photos in 2002. Carlos A. Moreno was funded by Proyecto Fondo de Investigación Pesquera 2006–2030. Comments by Javier Arata, Barry Baker, Sally Poncet and Barbara Wienecke improved a draft.

Appendix 1

Table 5 Models and associated number of Akaike's Information Criterion (AIC) values, goodness-of-fit (GOF) *P* values for point-distance estimates of the density of albatross nests

Model	Adjustments	AIC	GOF	D	SE (D)	CL _{95%}
Half-normal	Simple polynomial	1,210.91	0.64	0.117	0.023	0.080–0.172
Hazard rate	Hermite polynomial	1,210.93	0.65	0.108	0.023	0.071–0.165
Uniform	Simple polynomial	1,211.26	0.83	0.123	0.024	0.084–0.181

The half-normal model (lowest AIC value) was used in the analysis of point-distance data

D number of nests/m², *SE (D)* standard error of *D*

Appendix 2

In 2006 a total of 31,770 black-browed albatrosses were counted on the air photographs of Isla Grande. This figure corresponds to the 30,680 albatrosses counted on Isla Grande in 2002 (see Table 2). Both are raw (uncorrected) counts. The estimate in 2006 is 3.6% higher than in 2002 but was conducted three weeks earlier in the breeding season. There is also considerable within-hour variation in the ratio of nesting-to-total birds for any given days (see Fig. 4), which confounds the assessment of differences between years. For these reasons the result for 2006 is not considered to indicate an increase in the size of the breeding population at Ildefonso in the 4 years between the censuses.

References

- Aguayo-Lobo A, Acevedo J, Valenzuela C, Venegas C (2001) Census of black-browed albatross *Diomedea melanophrys* Temmink 1828 in Ildefonso Island, and comments on its breeding in Evout Island. *An Inst Patagonia Ser Cienc Nat (Chile)* 29:165–172
- Aguayo-Lobo A, Acevedo J, Acuña P (2003) Nuevo sitio de anidamiento del albatros ceja negra, *Diomedea melanophrys* (Temmink 1828), en el seno Almirantazgo, Tierra del Fuego, Chile. *An Inst Patagonia Ser Cienc Nat (Chile)* 31:91–96
- Arata J, Robertson G, Valencia J, Lawton K (2003) The Evangelistas Islets, Chile: a new breeding site for black-browed albatrosses. *Polar Biol* 26:687–690
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA (1992) Bird census techniques. Academic, London
- Birdlife International (2004) Threatened birds of the world. Lynx Ediciones and Birdlife International, Barcelona
- Brooke M (2004) Albatrosses and petrels across the world. Oxford University Press, New York, p 499
- de Brooke LM (2004) The food consumption of the world's seabirds. *Proc R Soc Ldn* 271:246–248
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL (1993) Distance sampling: estimating the abundance of biological populations. Chapman and Hall, London
- Burnham KP, Anderson DR (1998) Multiple model selection and inference: an information theoretic approach. Springer, London
- Clarke GS, Cowan A, Harrison P, Bourne WRP (1992) Notes on the seabirds of the Cape Horn Islands. *Notornis* 39:133–144
- Croxall JP, Ricketts C, Prince PA (1984) Impact of seabirds on marine resources, especially krill, of South Georgia waters. In: Whittow GC, Rahn H (eds) Seabird energetics. Plenum Press, New York, pp 285–317
- Croxall JP, Prince PA, Rothery P, Wood AG (1998) Population changes in albatrosses at South Georgia. In: Robertson G, Gales R (eds). Albatross biology and conservation. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, pp 69–83
- Delord K, Gasco N, Weimerskirch H, Barbraud C (2005) Seabird mortality in the Patagonian toothfish longline fishery around Crozet and Kerguelen Islands, 2001–2003. *CCAMLR Sci* 12:53–80
- Gales R (1998) Albatross populations: status and threats. In: Robertson G, Gales R (eds) Albatross biology and conservation. Surrey Beatty & Sons Pty Ltd, Sydney, pp 20–45
- González-Zevallos D, Yorio P (2006) Seabird use of discards and incidental captures at the Argentina hake trawl fishery in the Golfo San Jorge, Argentina. *Mar Ecol Prog Ser* 316:175–183
- Hill SL, Murphy EJ, Reid K, Trathan PN, Constable AJ (2006) Modelling Southern Ocean ecosystems: krill, the food-web, and the impacts of harvesting. *Biol Rev* 81:581–608
- Huin N (2001) Census of the black-browed albatross populations of the Falkland Islands. Report to Falkland Conservation
- Kirkwood R, Lawton K, Moreno C, Valencia J, Schlatter R, Robertson G (2007) Estimates of southern rock-hopper and macaroni penguin numbers at the Ildefonso and Diego Ramirez Archipelagos, Chile, using quadrat and distance-sampling techniques. *Waterbirds* 30:169–316
- Laake JL, Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP (1994) DISTANCE users guide. Version 4.0. Colorado Fish and Wildlife Research Unit. Colorado State University, Fort Collins
- Lawton K, Robertson G, Valencia J, Wienecke B, Kirkwood R (2003) The status of black-browed albatrosses *Thalassarche melanophrys* at Diego de Almagro Island, Chile. *Ibis* 145:502–505
- Murphy RC (1936) Oceanic birds of South America. Macmillan, New York
- Poncet S, Robertson G, Phillips RA, Lawton K, Phalan B, Trathan PN, Croxall JP (2006) Status and distribution of wandering, black-browed and grey-headed albatrosses breeding at South Georgia. *Polar Biol* 29:772–781
- Prince PA, Rothery P, Croxall JP, Wood AG (1994) Population dynamics of black-browed and grey-headed albatrosses *Diomedea melanophrys* and *D. chrysostoma* at Bird Island, South Georgia. *Ibis* 136:50–71
- Robertson G, Valencia J, Arata J (2003) Summary report on the status of black-browed and grey-headed albatrosses breeding in Chile. CCAMLR Scientific Abstracts. WG-FSA-03/11 28
- Sullivan BJ, Brickle P, Reid TA, Bobe TG, Middleton DAJ (2006) Mitigation of seabird mortality on factory trawlers: trials of three devices to reduce warp cable strikes. *Polar Biol* 29:745–753
- Tickell L (2000) Albatrosses. Pica Press, Sussex, p 448

ANEXO 6

Comparación de las tasas de hundimiento del espinel tradicional español v/s el nuevo sistema chileno, presentado en la XXVI Reunión de la Comisión de Conservación de los recursos marinos marinos vivos de la Antártica. (CCAMLR)

<i>Document No. [to be completed by the Secretariat]</i>		WG-FSA-07/15		
<i>Date submitted [to be completed by the Secretariat]</i>		3 September 2007		
<i>Language [to be completed by the Secretariat]</i>		Original: English		
<i>Agenda</i>		Agenda Item No(s): 7		
<i>Title</i>		LINE WEIGHTS OF CONSTANT MASS (AND SINK RATES) FOR SPANISH-RIG PATAGONIAN TOOTHFISH LONGLINE VESSELS		
<i>Author(s)</i>		Graham Robertson ^a , Carlos A. Moreno ^b , Enrique Gutiérrez ^c , Steven G. Candy ^a , Edward F. Melvin ^d and Juan Pablo Seco Pon ^e		
<i>Affiliation(s)</i>		^a Australian Antarctic Division, Channel Highway, Kingston Tasmania 7050, Australia ^b Instituto de Ecología y Evolución, Casilla 567, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile ^c Pesca Chile S.A., Av. Presidente Carlos Ibáñez, del Campo km. 5 ½ Norte s/n, Punta Arenas, Chile ^d Washington Sea Grant, School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington Box 355020, Seattle, WA 98195 USA ^e Av. Colon 1906 4º D. Mar del Plata (7600), Buenos Aires, Argentina		
<i>Published or accepted for publication elsewhere?</i>		Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>

If published, give details

ABSTRACT

CCAMLR Conservation Measure 25-02 requires Spanish system longline vessels attach 8.5 kg weights at 40 m intervals on longlines to minimise interactions with seabirds. The weights are collections of rocks enclosed in netting bags. The netting bags abrade on the seabed, rocks are lost and weights become progressively lighter, requiring ongoing weighing and repair. This problem can be solved by use of torpedo-shaped steel weights. Steel weights are smaller, lighter for equivalent mass, more hydrodynamic than their rocks counterparts and require no maintenance. An experiment was conducted on a chartered Spanish-rig longline vessel to determine the statistical relationship in sink rates of longlines equipped with bags of rocks (4 kg, 6 kg and 8 kg) and lines with steel weights of equivalent masses. The purpose of the experiment was to provide vessel operators with the option of substituting steel weights for rock weights while remaining in compliance to the sink rates associated with the line weighting requirements of the conservation measure. Both the traditional Spanish method and the newly-developed Chilean method (a modified version of the former method to avoid fish loss by toothed whales) were examined in the experiment. Traditional method longlines with 8 kg/40 m rock weights averaged 0.24 m/s to 2 m depth, which would be equal to or exceeded by lines with 5 kg steel weights. Sink rates of Chilean method longlines greatly exceeded those of the traditional method, ranging from 0.68 m/s (4 kg rocks) to 1.41 m/s (8 kg steel) in the shallow depth ranges. We recommend that for operational simplicity and to facilitate compliance to the conservation measure irrespective of fishing method, operators be given the option of using either 8.5 kg rock weights or 5 kg torpedo-shaped steel weights.

SUMMARY OF FINDINGS AS RELATED TO NOMINATED AGENDA ITEMS

Agenda Item 7 *Findings* It is recommended that CM 25-02 be updated to permit Spanish-rig vessels to substitute torpedo-shaped steel weights for rocks weights that maintain the longline sink rates associated with the 8.5 kg/40 m weighting regime. The mass of the appropriate steel weight is 5 kg. Steel weights should be deployed as single 5 kg weights, not several lighter weights tied together, on longlines. It is recommended that Spanish-rig vessels have the option of using 5 kg steel weights for both the traditional method and Chilean method, should the latter method be adopted by CCAMLR in the future.

This paper is presented for consideration by CCAMLR and may contain unpublished data, analyses, and/or conclusions subject to change. Data in this paper shall not be cited or used for purposes other than the work of the CCAMLR Commission, Scientific Committee or their subsidiary bodies without the permission of the originators and/or owners of the data.

Line weights of constant mass (and sink rates) for Spanish-rig Patagonian toothfish longline vessels

Graham Robertson^a, Carlos A. Moreno^b, Enrique Gutiérrez^c, Steven G. Candy^a, Edward F. Melvin^d and Juan Pablo Seco Pon^e

^aAustralian Antarctic Division, Channel Highway, Kingston Tasmania 7050, Australia

^bInstituto de Ecología y Evolución, Casilla 567, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

^cPesca Chile S.A., Av. Presidente Carlos Ibáñez, del Campo km. 5 ½ Norte s/n, Punta Arenas, Chile

^dWashington Sea Grant, School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington

Box 355020, Seattle, WA 98195 USA

^eAv. Colon 1906 4º D. Mar del Plata (7600), Buenos Aires, Argentina

Abstract

CCAMLR Conservation Measure 25-02 requires Spanish system longline vessels attach 8.5 kg weights at 40 m intervals on longlines to minimise interactions with seabirds. The weights are collections of rocks enclosed in netting bags. The netting bags abrade on the seabed, rocks are lost and weights become progressively lighter, requiring ongoing weighing and repair. This problem can be solved by use of torpedo-shaped steel weights. Steel weights are smaller for equivalent weight, more hydrodynamic than their rocks counterparts and require no maintenance. An experiment was conducted on a chartered Spanish-rig longline vessel to determine the statistical relationship in sink rates of longlines equipped with bags of rocks (4 kg, 6 kg and 8 kg) and lines with steel weights of equivalent masses. The purpose of the experiment was to provide vessel operators with the option of substituting steel weights for rock weights while remaining in compliance to the sink rates associated with the line weighting requirements of the conservation measure. Both the traditional Spanish method and the newly-developed Chilean method (a modified version of the former method to avoid fish loss by toothed whales) were examined in the experiment. Traditional method longlines with 8 kg/40 m rock weights averaged 0.24 m/s to 2 m depth, which would be equal to or exceeded by lines with 5 kg steel weights. Sink rates of Chilean method longlines greatly exceeded those of the traditional method, ranging from 0.68 m/s (4 kg rocks) to 1.41 m/s (8 kg steel) in the shallow depth ranges. We recommend that for operational simplicity and to facilitate compliance to the conservation measure irrespective of fishing method, operators be given the option of using either 8.5 kg rock weights or 5 kg torpedo-shaped steel weights.

Key words: Longline fishing, traditional Spanish system, Chilean system, line weights, sink rates, seabird mortality, Cooperative research

Introduction

Spanish system Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) vessels deploy buoyant longlines with weights attached at regular intervals to make them sink. Weights enable fishermen to sink gear while baits are relatively fresh and attractive to fish, so baited hooks between weights loft off the seabed as part of fishing strategy, and to land gear in specific areas on the deep seabed (e.g., shelf breaks) against the

forces of currents. Weights added to longlines are also important in efforts to sink gear expeditiously to reduce interactions with seabirds. Spanish system longlines are particularly dangerous to seabirds in the first several seconds after deployment because the buoyant lines between weights float momentarily. The mass of the weights used to sink longlines is specially significant because it overrides in importance the effect of other factors, such as setting speed and distance between weights (Robertson *et al.*, in press). To deter seabirds, CCAMLR Conservation Measure 25-02 requires Spanish-rig vessels to deploy 8.5 kg at 40 m intervals on hook lines (CCAMLR 2005). This line weighting regime arose from Agnew *et al.* (2000) who demonstrated statistically significant reductions in mortality of black-browed albatrosses (*Thalassarche melanophrys*) and white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) at South Georgia with an increase from 4.25 kg/40 m to 8.5 kg/40 m on longlines (the 8.5 kg weight expressed to the nearest 0.5 kg is a consequence of the heavier weight being a multiple of the lighter weight. Research subsequent to Agnew *et al.*, (2000), who did not measure sink rates, revealed that longlines equipped with the heavier regime reached, for example, 2 m depth and 5 m depth 24% (8 seconds c.f. 11 seconds) and 29% (13 seconds c.f. 19 seconds), respectively, faster than longlines with the lighter regime (Robertson *et al.*, in press). This highlights the importance of the mass of the weights in sinking longlines in the water depths likely to be most dangerous to seabirds.

The weights used by Spanish system operators typically comprise collections of rocks held in bundles by netting bags stitched together from trawler net. This is an antiquated line weighting method that creates problems with regard to consistency of mass (and therefore gear sink rates), the capacity of vessels to meet the line weighting provisions of CM 25-02 and the capacity of observers to report accurately on compliance to the provisions. During fishing operations, the netting enclosing the rocks abrades on the seabed and when thrown around the vessel during retrieval, causing rocks to fall out. This is an ongoing problem, and unless the netting bags are regularly maintained and the weights frequently weighed, which is difficult at sea due to the large number of weights involved and the rise and fall of the vessel, rock weights become lighter - and sink rates slower - as fishing operations progress. An alternative to bags of rocks is torpedo-shaped steel weights. Until the advent of longlines with integrated weight for autoline vessels, steel weights were used routinely by some vessels on longlines in the Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) fishery in the Ross Sea. These weights are smaller, denser, more hydrodynamic, easier to handle and store, and because of their smooth profile and absence of netting enclosure require no maintenance. Importantly, the mass of the steel weights does not change with use. Weights can be manufactured with the mass stamped into the weights, eliminating uncertainty about actual weight and the need for weighing at sea.

This paper presents the results of an experiment designed to determine the relationship between the sink rates of longlines equipped with bags of rocks and those equipped with torpedo-shaped steel weights. It is important to understand this relationship so that substitution of steel weights for rock weights does not compromise the sink rates associated with the line weighting provisions of CM 25-02. The experiment follows a cursory examination of differences in sink rates between gear with different weight types and masses deployed from stationary rubber boats (Robertson *et al.* 2006). Following this initial work it was considered necessary to conduct an experiment from a fishing vessel under operational conditions. The

Spanish system (hereafter called the traditional method) was recently redesigned to avoid toothfish depredation by sperm whales (*Physeter macrocephalus*) and killer whales (*Orcinus orca*), with the variant being called the 'Chilean method' (Moreno *et al.*, in press). If toothed whales are not present on the fishing grounds the traditional method is reputed to catch more fish than the Chilean method (the former method deploys more hooks/set) but if toothed whales are present the reverse is true. To maximize fish catch rates fishermen may choose which method to use depending on fish abundance (from the results of previous catches and information on the echo sounder) and prevalence of toothed whales around vessels, and may switch between methods in the same sets. Since both methods are likely to be used to varying degrees in the future, in the experiment we examined the sink rate relationship between weight types for both the traditional method and the Chilean method of fishing.

Methods

Traditional system

The traditional Spanish system has been described by Robertson *et al.*, (in press). Briefly, the traditional system uses two lines set in parallel - a heavy hauling line called the 'retenida' and a light-weight hook line called the 'linea madre'. Numerous connecting lines ('barandillos') join the retenida to the linea madre (Figure 1). The linea madre is kept in sections in baskets, with each basket containing two lengths of line madre joined in the centre. During line setting, the retenida and linea madre are paid out from opposing sides of the vessel. The lengths of linea madre in the baskets are tied together to form a continuous line, and weights are tied to the join in the centre join and one weight at each end of the basket. As lines are paid out, crew connect the retenida and linea madre with the barandillos, making the various components a cohesive unit.

Chilean system

The Chilean system has been described by Moreno *et al.* (in press). Briefly, this method has its origins in the mid 1990s in the Chilean artisanal toothfish fishery (Moreno *et al.* 2006) to minimise fish loss to toothed whales and was recently adapted (and changed) by the industrial toothfish fleet for the same reasons. The Chilean method involves the removal of the linea madre from the traditional method to enable the barandillos to be fitted with a wind sock-shaped netting sleeve, called a 'cachalotera' (named for the Spanish 'cachalote', the sperm whale). Being made from buoyant material (polypropylene), during setting and when at fishing depth cachaloteritas float up the barandillos, freeing the lower sections of line with the baited hooks which are exposed to toothfish. Hooks are attached to short snoods in clusters near the ends of the barandillos, and a weight is attached to the end of each barandillo (Figure 1). When lines are hauled off the seabed the barandillos are drawn through the cachaloteritas which encircle caught fish and protect them from attack by whales as lines are brought to the surface.

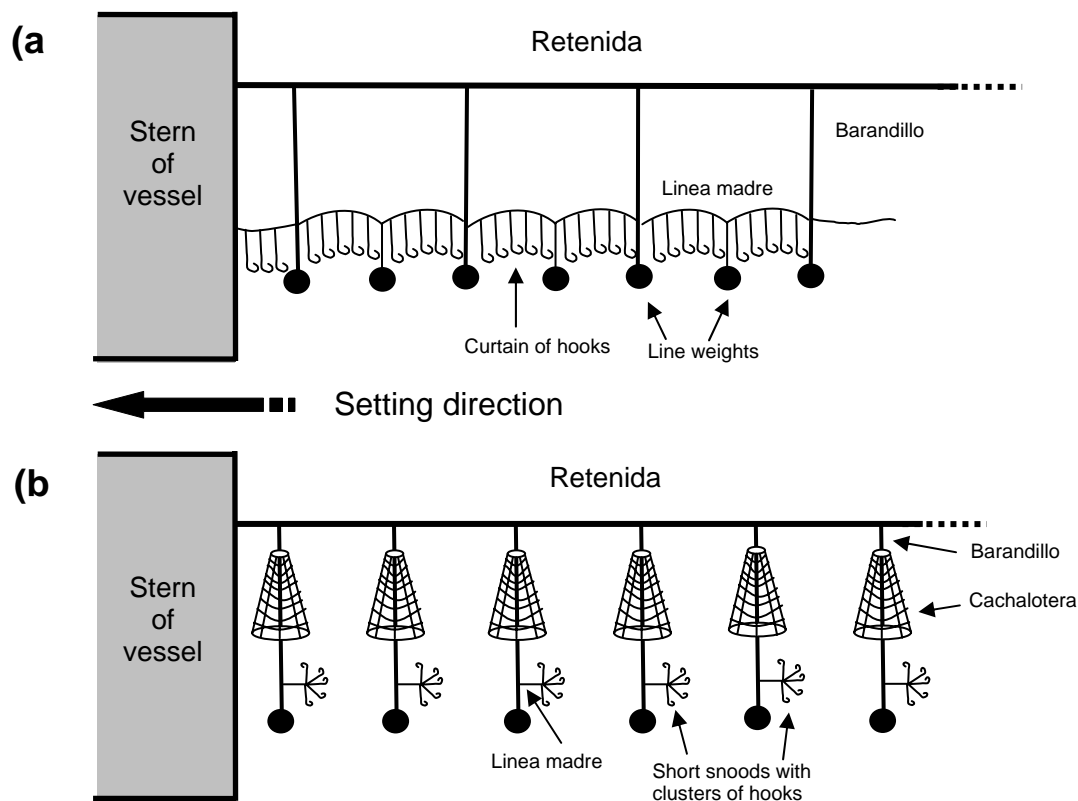


Figure 1. Stylised version (not to scale) of the structure of a) the traditional Spanish system and b) the Chilean system as used in the experiment.

Fishing vessel, location and gear

The experiment was conducted over two days from 9-10 June 2007 on the F/V *Tierra del Fuego* near Isla Nueva (55°13.0' S; 66°25.4' W), which lies in the eastern junction of the Beagle Channel and the south Atlantic Ocean. The vessel was chartered especially for the experiment and was not fishing. The *Tierra del Fuego* is a 53.6-meter Japanese built (1972) tuna vessel converted to the Spanish method of fishing. In terms of vessel features that may affect sink rates of longlines, the *Tierra del Fuego* has a single, 2 metre-diameter two-blade variable pitch propeller (nominal rpms: 400 at 6 knots). The setting window was 2.5 m above sea level and baited hooks from both fishing methods were deployed into the upswing area of the propeller wash. Longlines were set twice only, once for the traditional system and once for the Chilean system. Setting speed for both sets was 6 knots and wave height during both sets was <0.5 m. Water depth ranged from 120-550 metres.

The traditional system set from the *Tierra del Fuego* comprised gear purpose-built for the experiment to CCAMLR line weighting specifications (40 m between weights). Gear comprised a 16 mm diameter polypropylene retenida, 8 mm diameter polypropylene barandillos (20 m long) and new linea madre (3.5 mm diameter monofilament nylon). By this design (see Figure 1), which is required for vessels fishing in CCAMLR waters, barandillos were spaced 80 m apart on longlines. Hook-bearing snoods were 2 mm in diameter, 0.7 m long monofilament nylon attached to the linea madre with swivels every 1.6 m. Gear for the Chilean system comprised the same retenida and barandillos as for the traditional system with barandillos 40 m

apart. The dimensions of catchaloterías and lengths and locations of the línea madre and snoods differed from Moreno *et al.* (in press), but only slightly. On the *Tierra del Fuego* each barandillo was fitted with a mix of 1.8 m long or 2.0 m long catchaloterías (dry weight 1.8 m catchalotería: 1.23 kg; 2.5 m long catchaloterías are also used in the fishery). Two short (<0.3 m) sections of línea madre, about 0.5 m apart, and each bearing 6-8 0.3 metre-long snoods with hooks were attached 0.3 m above the terminal ends of each barandillo. As gear was being set weights were tied to the ends of each barandillo with a 0.5-1 metre-long snood. By this gear configuration baited hooks were located no more than 1.5 m from line weights, whereas with the traditional system weights ranged from a few meters to nearly 40 m from hooks.

Hooks for both fishing methods were baited with sardines (*Sardina pilchardus*) which are typically used in toothfish fisheries in both Chile and CCAMLR waters.

Line weights

Line weights tested in the experiment were 4 kg, 6 kg and 8 kg. Steel weights are likely to sink faster than rock weights so it was considered unnecessary to use weights heavier than 8 kg. The rock weights were purpose-built by ourselves in Punta Arenas and weighed to the nearest 5% on an electronic balance. The steel weights were purpose-built by a Chilean steel works company in Valdivia. The intention was to cast the steel weights from a computer-generated moulded design (torpedo-shaped) based on the weights used in the Ross Sea fishery. However, after production of about half the required 70 8 kg weights the mould broke and time did not permit production of a new mould. Therefore, the remaining 8 kg weights and all the 4 kg and 6 kg weights were cut from round-section steel rod following computer-assisted determination of the weight of the various components (snood attachment loop, weld beads). The difference in shape was minor and not expected to affect the sink rate relationships recorded in the experiment (Figure 2).



Figure 2. Examples of rock weights (rear) and steel weights used in the experiment. Also shown is the difference in shape between the steel weights produced from a mould (left) and cut from steel rod. Weights from left to right are 8 kg, 6 kg and 4 kg.

Experimental design

Deployment of the traditional system followed closely the procedure of Robertson *et al.* (in press). Weights were deployed in a single set of the longline, in continuous procession and in systematic order from the lightest weights to the heaviest (4 kg then 6 kg then 8 kg). Within each mass, the rock weights were always set before the steel weights. For each type of weight and each mass of weight, 10 replicates were set in series (Figure 3). A replicate comprised three baskets of gear and seven line weights spaced 40 m apart. Each of the 10 replicates within each weight mass was separated by 100 m of connecting line (hook-less *linea madre*), which took 30 seconds to pay out, to provide independence between the replicates. At the end of each set of 10 replicates within weight mass and weight type 200 m of connecting line was paid out. This procedure was continued until all combinations of the two weight types and three weight masses were exhausted. To avoid gear being yanked repeatedly from the water, which occurs when weights are allowed to be pulled from the vessel by gear already deployed, all line weights were released by hand before line tension occurred.

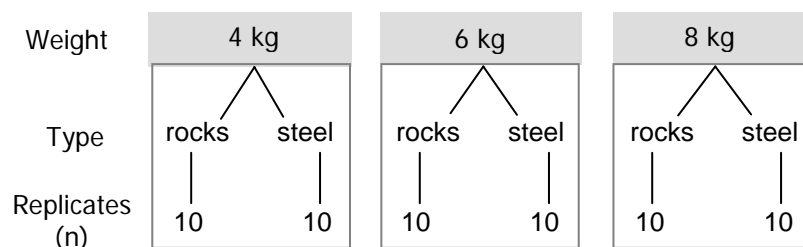


Figure 3. Setting order of replicates within weight types within weight masses used in the experiment for both fishing methods.

The Chilean method was also set in a single set of the longline in the same order of weight mass and weight type as described above. Similarly, 10 replicates for each weight mass within weight type were set, each replicate comprising seven barandillos with replicates separated by 100 m of connecting line (in this case, *retenida*). As for the traditional method, at the end of each set of 10 replicates 200 m of connecting line were deployed to separate the weight types.

Sink rates of longlines were recorded with Mk 9 time-depth recorders (Wildlife Computer, USA) programmed to record depth at 0.5 m resolution every second. A total of 60 TDRs was deployed on each set of the line (i.e., two weight types x three weight masses x 10 replicates/weight mass). For both fishing methods, one TDR was deployed in each replicate. For the traditional method, TDRs were attached mid way between line weights at the aft end of the second of the three baskets/replicate. Thus, by the time each TDR was deployed four line weights of the replicate had already been deployed and three weights were deployed after the TDR. With the Chilean system TDRs were attached to the ends of the fourth barandillo of the seven barandillos in each replicate. Thus, when TDRs entered the water three weights of the replicate had already been deployed.

Before deployment, the internal TDR clocks were synchronised with a digital watch. The exact water entry time (nearest second) was recorded for each device. On

retrieval, data from the TDRs were downloaded to computer, water entry times noted in the files and files ‘corrected’ based on the median offset value of the 10 rows of data before the water entry time.

Data analysis

In previous studies of the sink rates of traditional method longlines (Robertson, *et al.* in press) and autolines (Robertson, *et al.* submitted), data were analysed using time to target depths as the response variable. However, in the current study the exceptionally fast initial sink rates of the Chilean system precluded this approach because the effect of any slight errors in the synchronisation of the TDR clocks and external digital watch, and in the recording of water entry times, would be magnified in the shallow depth ranges. Because of these concerns the time-depth relationships for longlines were modelled following the procedure outlined below. With the traditional system, sink rates in the 0-2 m and 2-5 m depth ranges are emphasised. The 0-2 m depth range is the shallowest in which we have confidence in the accuracy of the TDRs and provides a measure of the differences between weight treatments in the degree of lofting in propeller turbulence, which slows sink rates. The 2-5 m depth range provides an estimate of sink rates in the linear phases of the sink profiles. With the Chilean system, sink rates attained 5 seconds after deployment and from 5 to 10 seconds after deployment are emphasised to provide sufficient time for the TDRs to record accurately. The former variable is consistent with Moreno *et al.* (in press) and provides an estimate of the initial rapid sink rates when gear free falls in the water column, and the latter provides an estimate of sink rates in the linear phases of the sink profiles.

The analysis followed Robertson *et al.* (2007) except that depth at given time intervals (rather than time-to-depth) was the response variable for both fishing methods, because of the reasons mentioned above. Data were modelled used spline curves and interpolation by smoothing across time points to predict sink rates. Data for the repeated observations of depth at 1 s intervals for times of 1-17 s were examined with a linear mixed model (LMM). The LMM incorporated cubic smoothing splines (Verbyla *et al.*, 1999), fitted using the SAMM package (Butler *et al.*, 2002) within S-plus[®] (Insightful Company, USA). The limit of 17 s was the maximum time for which all replicates yielded a complete set of depths (i.e. for the fastest sinking lines the maximum depth recorded was reached in 17 s).

The fixed effects in the LMM were the 12 combinations of the three factors: fishing method (traditional, Chilean), weight type (rocks, steel) and masses of the weights (4 kg, 6 kg and 8 kg). In the nonparametric form of the LMM ‘time’ was included as a factor with 17 levels (i.e. times 1-17) to examine the depth trend with time without smoothing using the spline. In the parametric form of the LMM, time was fitted as a linear trend along with nonlinear cubic spline terms. The random terms in both LMMs (apart from spline terms in the parametric LMM) were ‘TDR’ (individual TDRs were used repeatedly) and replicate within treatment combination. In addition, the autocorrelation between depths within a replicate were modelled using a continuous-time exponential decay correlation. The need to specify separate variances for each time point was investigated using the nonparametric LMM. Predictions of sink rate between 2 and 5 m depth were numerically intensive to calculate so a simple alternative LMM was used. This LMM corresponds to the parametric LMM except

that ‘time’ was used as the response variable, which required the exponential decay correlation error model to be replaced by a simpler constant correlation model.

Results

Variation in weights

As constructed, the mass of the steel weights more closely approximated nominal weight than rock weights. Rock weights were consistently heavier than nominal mass (Table 1).

Weight type	Nominal mass (kg)	\bar{x} mass (kg)	S.D.	CV (%)	Nom.-Act. (kg)
Rocks	4	4.416	0.09	2.0	+0.42
Steel	4	3.945	0.22	5.6	-0.05
Rocks	6	6.370	0.08	1.3	+0.64
Steel	6	5.973	0.35	5.9	-0.03
Rocks	8	8.448	0.11	1.4	+0.45
Steel (steel rod)	8	8.009	0.04	0.05	0.00
Steel (moulded)	8	7.970	0.11	1.4	-0.03

Table 1. Mean masses and coefficients of variation (s.d. \div mean) of 20 randomly-selected weights of each weight type built for the experiment. The 4 kg and 6 kg steel weights were cut from steel rod (see text).

LMM analyses

For both parametric and non-parametric LMMs the variances for each time of two seconds or greater ranged from 2.5 to 3.5 (s.e. \sim 0.4) with no consistent trend with time. The one second time had a smaller variance of 1.6 (s.e. = 0.3). Since there was no great gain in fit with this more complex model the constant variance version of the LMMs was used to report the main results which gave for the both LMMs a variance of 2.7 (s.e =0.3), corresponding to a standard deviation of depth given time of 1.6 m. The TDR variance component was very close to zero so this random term was dropped. As expected, the autocorrelation was very high and positive for both LMMs with a value of 0.962 (s.e. = 0.005). For the nonparametric LMM the four-way interaction was not significant ($P>0.1$) but the three-way interactions of fishing method x weight type x time and weight type x weight mass x time were both significant ($P<0.001$). Sink profiles of traditional method and Chilean method longlines different markedly, being curvilinear in opposite directions (Figure 4). Within weight type and mass, traditional method longlines sank slowly initially, then faster, whereas the reverse applied with Chilean method gear. The linear phases of the sink profiles were similar for both methods with weights of equivalent type and mass.

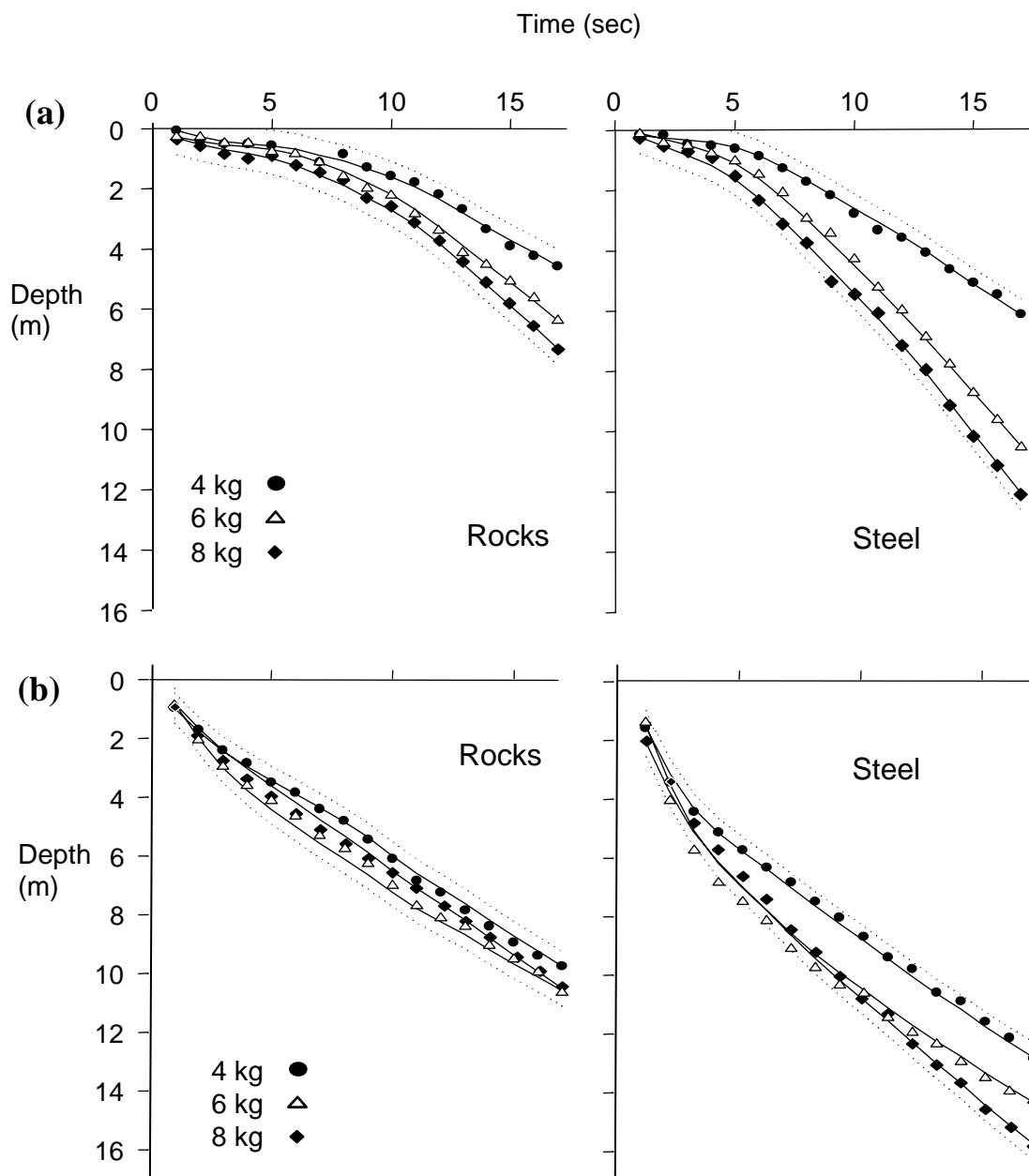


Figure 4. Predicted (see text) sink profiles for (a) traditional method and (b) Chilean method longlines fitted with rock weights or steel weights of nominated mass. Shown are the mean depths predicted from the LMMs and presented as points (nonparametric) and spline curves (parametric). The dotted lines represent one standard error. To improve legibility and because the errors bounds were similar relative to means (see Table 2), only one error bar is shown for the 4 kg and 8 kg trajectories and none are shown for the 6 kg weights.

Sink rates

Initial sink rates for the Chilean method were about three-times those of traditional method longlines (Table 2). Within fishing method, initial sink rates of longlines with steel weights were substantially faster than gear with rock weights, although differences were reduced in the linear phase of the sink profiles. Traditional method longlines equipped with rock weights and steel weights, and Chilean method longlines with steel weights (but not rock weights), sank proportionally faster with 4 kg weights

compared to 6 kg weights, than with 6 kg compared to 8 kg weights. These changes were most pronounced in the linear phases of the sink profiles.

Traditional method longlines with 8 kg rock weights averaged 0.24 ± 0.06 m/s to 2 m depth. The equivalent rates for steel weights of 4 kg and 6 kg were 0.23 ± 0.05 and 0.32 ± 0.07 , respectively. This suggests that 5 kg steel weights would equal or exceed the mean sink rates associated with the line weighting regime required by CCAMLR.

Traditional method	Target depth		Elapsed time	
	0–2 m	2–5 m	0–5 sec	5–10 sec
Rocks 4 kg	0.18 ± 0.04	0.49 ± 0.07	0.10 ± 0.10	0.21 ± 0.05
Steel 4 kg	0.23 ± 0.05	0.49 ± 0.05	0.11 ± 0.09	0.41 ± 0.05
Rocks 6 kg	0.21 ± 0.05	0.53 ± 0.06	0.12 ± 0.09	0.30 ± 0.05
Steel 6 kg	0.32 ± 0.07	0.68 ± 0.09	0.21 ± 0.09	0.68 ± 0.05
Rocks 8 kg	0.24 ± 0.06	0.57 ± 0.07	0.19 ± 0.10	0.34 ± 0.05
Steel 8 kg	0.37 ± 0.08	0.67 ± 0.09	0.32 ± 0.10	0.76 ± 0.05

Chilean method	Target depth	Elapsed time	
	2–5 m	0–5 sec	5–10 sec
Rocks 4 kg	0.52 ± 0.06	0.68 ± 0.09	0.52 ± 0.05
Steel 4 kg	0.73 ± 0.12	1.17 ± 0.09	0.61 ± 0.05
Rocks 6 kg	0.59 ± 0.07	0.88 ± 0.09	0.56 ± 0.05
Steel 6 kg	1.14 ± 0.24	1.40 ± 0.09	0.69 ± 0.05
Rocks 8 kg	0.61 ± 0.08	0.73 ± 0.10	0.58 ± 0.05
Steel 8 kg	1.47 ± 0.34	1.41 ± 0.09	0.77 ± 0.05

Table 2. Average sink rates (\pm standard error) of longlines to target depths and after prescribed time intervals predicted from the fitted parametric LMM for longlines equipped with weights of different type and mass. The emboldened categories reflect sink rates in water most likely to be affected by propeller turbulence. The other categories reflect sink rates in the linear phases of sink profiles and are included for comparison.

Discussion

Consistency of weights

The steel weights more closely approximated nominal mass than rock weights which were all overweight. This occurred because the rock weights were built by weighing collections of rocks to within 5% of nominal mass and then adding the netting bags, which weighed, on average, 0.4–0.6 kg (see Table 1). It is not known how the extra weight and drag of the netting bags affected the sink rates. However, the effect of small differences in weight and the bulk from the netting bags is minor compared to loss of rocks from the bags, which occurs routinely in fishing operations.

Exacerbating this issue is the number of rocks used to construct heavy weights. Light weights might comprise one or two rocks, but the 8.5 kg weights required by CM 25-02 usually comprise several rocks of different sizes and shapes. It is not known how crews maintain weights at sea and how observers determine whether weights used are ≥ 8.5 kg, but the number of weights involved (hundreds), the difficulty of keeping track of them in fishing operations and the difficulty of weighing and repairing them at sea suggests that weights can easily be underweight and go unnoticed. This would result in longlines or sections of longlines being set that fail to meet CCAMLR standards.

Traditional method versus Chilean method

The sink profiles of both gear types differed markedly. Traditional method longlines initially sank slowly then faster, whereas Chilean method lines initially sank rapidly, then slowed down. In general, for the first 10 seconds or so after deployment Chilean method longlines sank about three times faster than traditional method lines, but thereafter sink rates (with weights of the same mass and type) were similar. The contrasting results in the shallow depth ranges are due to different gear configurations and deployment methods. Weights on traditional method longlines are connected by a continuous length of *linea madre* which is joined to the *retenida* by the *barandillos*. Longlines enter the water horizontal to the sea surface, causing line between weights to float in propeller turbulence. Once clear of propeller upwellings sink rates increase. The weights on Chilean method longlines are not connected by the conventional *linea madre* and are suspended from one end of the *barandillos*, the other end being attached to the *retenida*. When set, about 15 m of the 20 m-length of each *barandillo* is payed out (to avoid tangles) and weights are dropped from the height of the setting window above sea level (2.5 m on the *Tierra del Fuego*). Because there is no horizontal line connecting line, the weights are free to sink vertically until the slack in the *barandillos* is taken up, at which point gear starts to drag on the *retenida* which slows the sink rates.

Steel versus rocks

Traditional method longlines with 8 kg/40 m averaged 0.24 ± 0.06 m/s to 2 m depth. This rate is faster than the 0.2 m/s and reported by Robertson *et al.*, (in press) for similarly configured gear set from a similar vessel to the *Tierra del Fuego*. The difference is possibly due to better control on the *Tierra del Fuego* in releasing weights without tension astern. Since the sink rates for the Chilean method greatly exceed those for the traditional method, and since it is preferable that one weight mass be used for both fishing methods, the results for the traditional method will be used to compare weight types. Based on the results in Table 2, the average sink rates of gear with 4 kg steel weights (0.23 ± 0.05 m/s) was slightly slower than required, and that for gear with 6 kg steel weights (0.32 ± 0.05 m/s) was faster, suggesting that 5 kg steel weights would be an appropriate substitute for the 8.5 kg rock weights required by CCAMLR. Longlines with 5 kg steel weights are expected to average about 0.28 m/s to 2 m depth.

Operational advantages of steel weights

There are a number of advantages associated with the use of steel weights. Once acquired, no labour is required to build the steel weights and they require virtually no maintenance compared to rock weights. They are also more robust than concrete weights which degrade with use (Otley, 2005). The cost in labour saved would offset to some degree the US\$4 purchase price for steel weights weighing 5 kg (Appendix 1). Steel weights are much smaller than rock weights of equivalent mass and can be stored more easily on vessels and handled more easily by crews.

Because of their large size, angular shape and netting enclosures, rock weights potentially increase the incidence of gear snagging on the seabed. Gear hanging up on the seabed increases the incidence of line breakages, the amount of gear lost in

benthic habitats and ghost fishing (fish caught but not landed). Torpedo-shaped steel weights are smaller, smooth sided and contain no netting bags, features that may reduce the frequency of fowl ups on the seabed and the amount of gear lost.

Steel weights may also result in higher catch rates of fish, by virtue of faster gear sink rates afforded by the heavier weights. The chemical attractants in mackerel bait are strongest in the first two hours following deployment, after which time the attractants decay exponentially (Bjordal and Lokkeborg, 1997). Differences between methods and weight types in time taken to reach to fishing depths can be assessed from the mean sink rates achieved 30 seconds after deployment of each replicate (30 seconds being the time taken to pay out the 100 m connecting lines between replicates required for independence) and a nominal fishing depth of 1000 m. Longlines of both configurations equipped with weights of equivalent mass reached the seabed at similar rates (Table 3). However, longlines with steel weights reached fishing depth considerably faster than longlines with rock weights of equal mass. For example, longlines of both methods equipped with 8 kg steel weights took about 30 % less time to reach target depths than lines with 8 kg rock weights, potentially resulting in higher fish catch rates for longlines with steel weights.

Fishing method	Weight type and mass					
	Rocks (kg)			Steel (kg)		
	4	6	8	4	6	8
Traditional	49	34	30	33	26	20
Chilean	35	33	31	28	27	22

Table 3. Comparative differences in time in minutes for longlines equipped with weights of different type and mass to reach the fishing depth. Estimates derived from sink rates taken 30 seconds after deployment (see text) for a water depth of 1000 m.

Finally, use of 5 kg steel weights reduces substantially the total amount of weight that must be hauled and handled on longlines. A 10 km-long longline to CCAMLR line weighting specifications holds 250 weights. These weights weigh 2.125 tonnes if weights were 8.5 kg bags of rocks or 1.250 tonnes if 5 kg moulded steel. Use of steel weights reduces by 40% the total amount of weight that must be hauled on longlines and moved around vessels by crewmen.

Recommendation

It is recommended that CM 25-02 be updated to permit Spanish-rig vessels to substitute torpedo-shaped steel weights for rocks weights that maintain the longline sink rates associated with the 8.5 kg/40 m weighting regime. The mass of the appropriate steel weight is 5 kg. Steel weights should be deployed as single 5 kg weights, not several lighter weights tied together, on longlines. It is recommended that Spanish-rig vessels have the option of using 5 kg steel weights for both the traditional method and Chilean method, should the latter method be adopted by CCAMLR in the future.

Acknowledgements

We are grateful to Manuel Diaz for assistance during the preparatory stages of the experiment, to the pesca Señor José Sevilla, and bosun Señor Leandro Jofré, and the remainder of the crew of the F/V *Tierra del Fuego* for their good-natured cooperation during the conduct of the experiment. We thank the Chilean Subsecretary of Fisheries and specially Marcelo Garcia for providing the permit to conduct the experiment. Comments by Barbara Wienecke and Ben Sullivan improved a draft. The research was part funded from a Pew Marine Conservation fellowship to G. Robertson, Pew Institute for Ocean Sciences, USA.

References

- Agnew, D. J, Black A. D, Croxall, J. P, Parkes, G. B. (2000). Experimental evaluation of the effectiveness of weighting regimes in reducing seabird by-catch in the longline toothfish fishery around South Georgia. *CCAMLR Science* 7: 119-131.
- Bjordal, A., and Lokkeborg, S. 1997. Longlining. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd. U.K. pp 156.
- Butler, D., Cullis, B. R., Gilmour, A. R., Gogel, B., J. (2002). Spatial analysis mixed models: SAMM reference manual. Training series QE02001, Queensland department of primary industries, Toowoomba, Australia.
- CCAMLR (2005). Schedule of Conservation Measures in force in 2004/05 Season. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. Hobart, Australia, November 2005.
- Moreno, C. A, Arata, J.A, Rubilar, P., Hucke-Gaete, R., and Robertson, G. (2006). Artisanal longline fisheries in Southern Chile: Lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. *Biological Conservation*. 127: 27-36.
- Moreno, C. A., Castro, R., Mújica, L. J., and Reyes, P. (submitted). A new fishing gear in the Chilean Patagonian toothfish fishery to minimise interactions with toothed whales with associated benefits to seabird conservation. *CCAMLR Science*.
- Otley, H. (2005). Seabird mortality associated with Patagonian toothfish longliners in Falkland Island waters during 2002/03 and 2003/04. Scientific report to the Falkland islands Government. Pp 45.
- Pinheiro, J.C. and Bates, D.M. (2004). Mixed-effects Models in S and S-plus. Springer, New York.
- Robertson, G., Moreno, C. A., Crujeiras, J., Wienecke, B., Gandini, P., McPherson, G., and Seco Pon, J. P. (2006). Best practice seabird by-catch mitigation for Spanish-rig vessels with emphasis on line weighting regimes. WG-FSA-06/22, CCAMLR, Hobart.
- Robertson G., Moreno C. A, Crujeiras, J., Wienecke, B., Gandini, P., McPherson, G. and Seco Pon, J. P. (in press). An experimental assessment of factors affecting the sink rates of Spanish-rig longlines to minimize impacts on seabirds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.
- Robertson, G., Williamson, J., McNeill, M., Candy, S. G., and Smith, N. (submitted). Seabird by-catch by autoline vessels: do line setters increase the sink rate of integrated weight longlines? *CCAMLR Science*.

Verbyla, A.P., Cullis, B.R., Kenward, M.G., and Welham, S.J. (1999). The analysis of designed experiments and longitudinal data using smoothing splines (with discussion). *Applied Statistics* 48: 269–311.

Appendix 1. Moulded cast iron weights are available from CCIP (China Cast Iron Company) at <http://www.china-cast-iron.com> or email hawkwolf@china-cast-iron.com. The minimum purchase order is 20 tonnes (4,000 5 kg weights). Price is about US\$4/weight.