



Centro de Estudios Pesqueros S.A.

INFORME FINAL

Pesca de Investigación Bacalao 2011

Monitoreo pesquería-dependiente de la abundancia del bacalao
e interacción de los mamíferos con la pesca en el área licitada

CEPES S.A.

Agosto de 2012

INFORME FINAL

Pesca de Investigación Bacalao 2011

Monitoreo pesquería-dependiente de la abundancia del bacalao
e interacción de los mamíferos con la pesca en el área lícitada

EJECUTOR

Centro de Estudios Pesqueros S.A.

SUBCONTRATO

Ecofish Consultores S.A.

AUTORES

Pedro S. Rubilar

Carlos A. Moreno

Alejandro Zuleta

COLABORADORES

Cesar A. Barrales, F. Goyeneche & Carlos Arias

Agosto de 2012

Índice general

Resumen Ejecutivo	1
1. Introducción	7
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos	8
2.2.1. Objetivo 1	8
2.2.2. Objetivo 2	9
2.2.3. Objetivo 3	9
3. Observación científica y toma de datos	10
3.1. Embarques	10
3.2. Datos y muestras	10
3.3. Ingreso de los datos obtenidos	12
3.4. Obtención y traslado de peces vivos	12
4. Objetivo 1. Profundizar el estudio de la depredación desde el punto de vista de su medición, del efecto del tipo de arte y su maniobra durante el virado.	15
4.1. Descripción de las Estrategias de pesca	15
4.1.1. Estrategia general	16
4.1.2. Estrategia de pesca con interacción de mamíferos del BF Global-pesca I	20
4.2. Velocidad de virado	24
4.2.1. Velocidad de virado en el lance	25
4.2.2. Velocidad de virado en relación con el número de cachaloterías caladas	26
4.3. Tasa de predación a partir de los restos (Gold standard)	27

4.3.1.	Medición de la captura del lance	27
4.3.2.	Número de mamíferos e interacción con la pesca	30
4.3.3.	Tasa de depredación (ϕ) a partir de los restos.	34
4.3.4.	Estructura de tallas de los peces depredados	36
4.3.5.	Tasa de depredación periodo 2006 - 2011	38
5.	Objetivo 2. Profundización del análisis de la CPUE en la escala de la temporada de pesca y en la escala interanual.	41
5.1.	Aspectos relevantes del esfuerzo de pesca	41
5.1.1.	Antecedentes	41
5.1.2.	Cambios tecnológicos en los aparejos de pesca	42
5.1.3.	Poder de pesca relativos	43
5.1.4.	Independencia de los anzuelos	45
5.1.5.	Medición del esfuerzo de pesca	46
5.2.	CPUE estandar	48
6.	Objetivo 3. Diseño de un programa de marcado	52
6.1.	Introducción	52
6.1.1.	El problema del status en la pesquería chilena de bacalao	53
6.2.	Diseño	56
6.2.1.	Racionalidad del programa	56
6.2.2.	Objetivos del programa	56
6.2.3.	Subprogramas	57
6.2.4.	Difusión del programa de marcaje	63
6.3.	Implementación	64
6.3.1.	Preparación previa	64
6.3.2.	Implementación del marcado y recuperación	67
6.3.3.	Evaluación de la implementación del marcado y recuperación	68
6.4.	Estimación de parámetros	68
	Anexos	68
A.	El uso de experimentos de marcaje y recaptura en pesquerías (Revisión metodológica)	69
A.1.	Introducción	69
A.2.	Estado del arte de los experimentos de marcaje en pesquerías	70
A.2.1.	Clasificación de los experimentos de marcaje y recaptura	71
A.2.2.	Incorporando datos auxiliares	80

A.2.3. Incorporando datos de marcaje en la evaluación de stock.	84
A.3. Conclusiones y recomendaciones	86
B. Protocolo de Marcado y Recaptura	89
B.1. Introducción	89
B.2. Técnica de marcaje y liberación	89
B.3. Materiales	89
B.3.1. Tipo de marcas a usar	89
B.3.2. Materiales	90
B.4. Protocolo de marcado y liberación	91
B.4.1. Selección y manipulación del pez previa a la colocación de las marcas	91
B.4.2. Colocación de las marcas y monitoreo	91
B.4.3. Liberación de los peces marcados	93
B.4.4. Registro de datos de peces marcados	93
B.5. Protocolo para la recuperación de marcas a bordo	93
B.5.1. Registro de datos de los peces recapturados	94
B.5.2. Envío de datos y marcar recuperadas	94
B.6. Formularios	94
Referencias	97

Resumen Ejecutivo

Este documento corresponde al informe final de la pesca de investigación bacalao 2011 denominada “Monitoreo pesquería-dependiente de la abundancia del bacalao e interacción de los mamíferos con la pesca en el área lícitada”.

1. La obtención de datos e información a bordo de los buques de pesca.

La cantidad y calidad de datos obtenidos desde la observación científica a bordo de los buques de pesca, entre junio de 2011 y junio del 2012, período establecido para ello en la propuesta técnica se ha calificado de buena. Los datos recolectados han permitido dar respuesta a los objetivos del estudio.

El desempeño de los observadores a bordo fue calificada de buena, principalmente por la cantidad y calidad de los datos, observaciones y muestras obtenidas. Asimismo, por la interacción del observador con la tripulación y viceversa también fue buena, lo que permitió a los observadores, en cada uno de los cinco embarques efectuados, desarrollar su trabajo de manera adecuada, accediendo a las fuentes de información y generación de datos.

2. Profundizar el estudio de la depredación desde el punto de vista de su medición, del efecto del tipo de arte y su maniobra durante el virado.

Las estrategias de pesca han evolucionado en el tiempo principalmente por la presencia de orcas y cachalotes que depredan sobre la captura. A inicios de la pesquería se usaban largas líneas de palangre español, espinel japonés o bien sistema mustad en la captura del bacalao, que demoran sobre las 10 horas en ser virados, con lo cual no era habitual realizar más de una operación por día. Con el tiempo, los rendimientos de pesca fueron disminuyendo y la acción depredadora de los mamíferos fue tomando importancia, lo cual generó la necesidad de buscar un mecanismo para proteger los peces capturados. Esta situación finalmente llevó a los pescadores a adoptar estrategias de pesca adicionales que han cambiado considerablemente la operación de pesca. Hoy se usa un aparejo distinto, se calan caceas más cortas, el virado es más variable, lo que ha traído como consecuencia también una alta variabilidad en los tiempos de pesca o de reposo, de manera que esta componente del esfuerzo de pesca ha tomado importancia y no puede

ser pasada por alto.

Otro aspecto importante que surge como factor para explicar la tasa de depredación es la velocidad de virado de las caceas caladas. Lo primero que se destaca es que la velocidad de virado al interior de una línea aumenta a medida que una mayor cantidad de material esta a bordo, es decir al inicio del virado el proceso es más lento porque la cacea es más pesada. Las caceas con barandillos fijos presentan a su vez una mayor velocidad de virado que aquellas con barandillo móvil, independiente del numero de barandillos calados y de la potencia del virador, lo cual expone menos tiempo la captura a la acción de los mamíferos. Por otro lado, una conclusión obvia es que caceas más largas o con más barandillos poseen tiempos de virado mayores y por consecuencia directa mayor exposición de los peces capturados a los mamíferos.

La tasa de depredación a partir de los restos muestra una clara variación mensual que configura a su vez una evidente fluctuación estacional. En general los resultados muestran una mayor tasa de depredación en los meses finales de invierno y de principios de primavera, cuyos valores maximos estimados por este método llegan a un 10 % en septiembre. Esta fluctuación tiene una alta correlación con la variación estacional de la cantidad de orcas y cachalotes en las zonas de pesca.

Se ha detectado un aumento y un cambio de dominancia en la composición de orcas y cachalotes en el área de Tierra del Fuego. El año 2003, según Hucke et al. (2004) los cachalotes dominaban por numero, en cambio hoy, son las orcas que dominan la escena. Esto parece tener dos explicaciones: 1) La primera a los cachalotes se les hizo muy difícil superar las dificultades impuestas por la cachalotera. En cambio las orcas más inteligentes, más pequeñas y con la boca en su extremo anterior han eludido mejor esta dificultad. y 2) la concentración de las operaciones de pesca tanto chilenas como argentinas en el extremo sur de Tierra del Fuego han generado un lugar habitual para que orcas y cachalotes se alimenten de las capturas sin mayor esfuerzo.

A diferencia de lo detectado en la pesca de investigación 2010, la estructura de tallas de los peces depredados es semejante a la estructura de tallas de la captura procesada. Esta situación fue notada por Hucke et al., 2004, cuando las operaciones de pesca se realizaban con palangre español. Lo observado hoy, implica que los mamíferos, en especial las orcas han podido acceder a todas las componentes de la estructura de los peces capturados, lo cual es otra señal de que las orcas han podido sortear mejor las dificultades impuestas por la cachalotera.

Los datos disponibles no permiten, en base a los métodos propuestos, estimar

una serie de tasa de depredación para el período 2006-2011. El método de los vestigios tiene limitaciones de datos, ya que vestigios sólo han sido medidos en las pesca de investigación 2010 y 2011. El método de la diferencia de CPUE, presenta dificultades para dar cuenta de la influencia en los resultados de la variación espacial y temporal de la abundancia, y de las acciones que adoptan los pescadores para evadir la depredación.

En razón a lo anterior y en busca de una solución surgieron dos métodos que no tendrían estas limitaciones, pero que requieren ser desarrollados.

3. Profundización del análisis de la CPUE en la escala de la temporada de pesca y en la escala interanual.

En la pesquería del Bacalao de profundidad a lo largo de su historia se han usado varios aparejos de pesca entre los cuales destacan el Palangre español, el Espinel de fondo tipo japones, el sistema Mustad, las Trampas y más recientemente la Cachalotera o sistema chileno. Todos ellos presentan características particulares que hacen presumir poderes de pesca distintos. No obstante estos distintos aparejos de pesca, no han sido considerado por los analistas quienes han optado por suponer equivalencia entre el poder de pesca de los anzuelos de los distintos aparejos. El caso más dramático, es el supuesto de equivalencia entre los anzuelos del palangre español y la cachalotera.

Se ha demostrado que la cachalotera tiene un poder de pesca mayor que el palangre español en ausencia y presencia de mamíferos, y en especial a bajas abundancia del recurso (Leal y Rubilar, 2008, CEPES, 2010). Y también se ha demostrado que los anzuelos de la cachalotera a diferencia del palangre español nos son independientes, por lo cual la equivalencia del poder de pesca entre los anzuelos de ambos aparejos es errónea. En la cachalotera los anzuelos que conforman el racimo actúan con un todo. Mediciones del número de peces por cachalotera indican que la probabilidad de pescar dos bacalaos en un barandillo es de 0.0019, lo cual demuestra la fuerte interacción y la falta de independencia entre los anzuelos del racimo .

El esfuerzo de pesca además del número de anzuelos en el palangre español o del número de barandillos en la cachalotera está conformado por el tiempo de pesca. Mediciones del tiempo de reposo, un proxy al tiempo efectivo de pesca, indican una fuerte variación en esta componente del esfuerzo de pesca, producto principalmente de las variaciones de las operaciones y estrategias de pesca adoptadas por los pescadores en respuesta a la depredación ejercida por orcas y cachalotes.

El tiempo de pesca, una de las componentes del esfuerzo, ha sido históricamente omitida en los análisis de los rendimientos de pesca, y en especial del índice de CPUE estandar. Se ha mostrado en la literatura que los rendimientos de pesca, bajo tiempos de reposo excesivos, pierden la proporcionalidad con abundancia.

Existe un lapso de tiempo en que la captura responde de manera adecuada a la abundancia y que pasado dicho límite comienzan a operar otros factores como la saturación del arte y la pérdida de eficiencia de la carnada que que distorcionan esta respuesta.

Los datos colectados en esta pesca de investigación, sugieren no usar para el análisis de la CPUE tiempos de reposos mayores a 24 horas, ya que generalmente por sobre este límite los tiempos de reposo son producto de decisiones adoptadas por el pescador para evitar orcas y cachalotes, y en donde ocurre lo indicado en el párrafo anterior.

En resumen, para generar un buen índice de CPUE fuera de una adecuada modelación y desde el punto de vista de los datos, es necesario: 1) remover el sesgo de la captura del lance, producida porque no se contabiliza la captura depredada y la captura desechada, 2) tener una adecuada medición del esfuerzo de pesca considerando el tiempo de pesca, 3) definir un rango para el tiempo de reposo en el cual es válida la proporcionalidad entre abundancia y la captura, 4) para el palangre usar como medida del esfuerzo el número de anzuelos por el tiempo de reposo y para la cachalotera el número de barandillos por el tiempo de reposo.

Los aspectos anteriormente indicados nos señalan que en el caso del bacalao de profundidad lo adecuado sería construir dos series de CPUE estandar. Una para el palangre español desde el inicio de la pesquería hasta el año 2007 y otra para la cachalotera desde el año 2006 al presente. La construcción de una serie única no es correcta a través de los poderes de pesca de los anzuelos. Si se opta por este camino es necesario encontrar otra equivalencia entre los poderes de pesca de ambos aparejos.

La limitación surgida para la construcción de la series de CPUE estandarizadas, radica en que la BD de CEPES tiene limitaciones historicas para el cálculo de los tiempos de reposo, especialmente en el palangre español, por lo cual la iniciativa llevado a cabo por el Comité científico del bacalao de generar una BD para estos efectos se ve como una expectante posibilidad para completar el análisis.

4. Diseño del programa de marcaje y recaptura a implementar durante el año 2012.

El objetivo principal del programa propuesto es *generar datos independientes* de la actividad comercial que permitan para fortalecer la evaluación de stock y también dilucidar algunos aspectos claves de la estructura e identidad del stock chileno que se derivan de la propuesta de Ashford et al. (2012[8]); mediante un

experimento de marcado y recaptura en la Unidad de Pesquería Licitada, aspectos claves para la gestión de la pesquería, reconocidos por el Comité científico y SUBPESCA.

De acuerdo con la experiencia adquirida en otros recursos y en el bacalao mismo, hoy existe un estado del arte que permite incorporar la información de marcaje hacia modelos de evaluación integrados de acuerdo con los nuevos enfoques de evaluación con estándar internacional. Bajo esta perspectiva los temas abordados constituyen propuestas metodológicas y operativas para su diseño, implementación y evaluación, que deben ser discutidas con los actores de la pesquería. Esta propuesta inicial tiene como finalidad facilitar o encaminar la discusión del diseño del programa en todos sus aspectos y alcances.

El diseño e implementación del programa marcaje y recaptura está pensado por etapas y con evaluaciones periódicas, que permitan juzgar su desempeño en cuanto a las metas propuestas y logros obtenidos para decidir su continuidad o paso a la siguiente etapa. Se implementarán primero las etapas de marcado y recuperación de marcas. Luego si estas etapas son exitosas, entonces se debería pasar a la etapa de estimación de parámetros o uso de los datos.

En la primera etapa, en el año 2012, es necesario realizar los pasos previos para consolidar, legalizar o formalizar su ejecución con participación de los actores y de los ejecutores. Si estos pasos no se ejecutan el programa podría no tener el sustento necesario y fracasar.

El programa esta pensado en lograr mínimo de 12 mil peces marcados, es decir entre un 5 % a un 15 % de la fracción juvenil según la evaluación de stock 2011 de IFOP y CEPES 2010. Con una tasa de marcado de 1 pez por cada tonelada capturada se requieren 4 años de marcado y si se aumenta a 2 peces por tonelada capturada, el período de marcado se acorta a dos años. Este número de peces marcados, de acuerdo con la experiencia de otros programas implementados en este recurso, han permitido tasas de retorno adecuadas para fines de evaluación.

La recuperación y reporte de marcas, es fundamental y a la vez la más difícil de lograr; por lo cual este programa en su diseño, fuera de contar con la participación de observadores, requiere para esta fase de la participación activa de industria. Cada buque debiera contar con una persona encargada de la recuperación de las marcas y los datos requeridos y, de su envío a la entidad encargada de su almacenamiento y organización.

Agradecimientos

El Centro de Estudios Pesqueros (CEPES) agradece a la Asociación de Operadores del Balcón de Profundidad (AOBAC), el financiamiento y su confianza depositada en la ejecución de este proyecto de investigación. A la Subsecretaría de Pesca de Chile por apoyar el estudio autorizando su ejecución vía pesca de investigación. También agradece en forma muy especial a los señores Eduardo Infante, Gerente General de Globalpesca SA, Enrique Gutiérrez Gerente de Operaciones de Pesca Chile SA y Adolfo Suris Gerente General de Pesca Cisne SA, por disponer que los BP Globalpesca y Globalpesca III, Antarctic Bay y Cisne Verde, respectivamente, participen de las actividades en esta investigación. A los señores Carlos Bórquez, Jefe de flota de Globalpesca SA, Benjamín Azúa Jefe de flota de Pesca Chile SA y Rudy Boulloza Jefe de flota de Pesca Cisne SA por su muy buena disposición y amabilidad mostrada en la coordinación del embarque de los observadores. A los capitanes y patrones de pesca de las naves indicadas por la acogida brindada a los observadores, por su disposición, interés y colaboración en todo momento con las tareas realizadas a bordo por los observadores. Asimismo CEPES agradece a la tripulación de los buques participantes por su cooperación e interés demostrado en las actividades ejecutadas por los observadores.

El Centro de Estudios Pesqueros (CEPES) hace también extensivo sus agradecimientos a los biólogos marinos señores Juan Carlos González Butt, Cesar Barrales Acuña, Fernando Goyeneche Ramírez y Carlos Arias Melgarejo, que se desempeñaron como observadores científicos, por el esfuerzo, la dedicación y el compromiso mostrado en cada una de las actividades de observación pesquera, toma de datos y recopilación de muestras solicitadas en esta pesca de investigación.

Capítulo 1

Introducción

El presente documento corresponde al informe final de la Pesca de Investigación del Bacalao de profundidad 2011 denominada “Monitoreo pesquería-dependiente de la abundancia del bacalao e interacción de los mamíferos con la pesca en el área lícitada”, autorizada por Subsecretaría de Pesca mediante la resolución exenta Nr. 1546 de fecha 09 de junio del 2011 del MINECOM¹. Lo informado en este documento versa sobre los resultados obtenidos en cada uno de los objetivos de la pesca de investigación orientada a satisfacer parte de las necesidades prioritarias de investigación de esta pesquería.

El documento está organizado en seis capítulos. El primero contiene la introducción y los objetivos de la investigación. El segundo informa de manera resumida los resultados de la observación científica realizada a bordo de las embarcaciones de pesca orientada a la recopilación de datos sobre el proceso de pesca y la acción de los mamíferos entre otros. El capítulo tres trata sobre una profundización del estudio de la depredación en relación con la maniobra y estrategia de pesca, la velocidad de virado. Asimismo, se analiza la variación mensual de la tasa de depredación a partir de los restos. El quinto capítulo, analiza la CPUE en la escala de la temporada de pesca y en la escala interanual. El capítulo sexto entrega los resultados en el diseño de un programa de marcaje correspondiente al objetivo 3 de la pesca de investigación. A los capítulos anteriores se suman las referencias bibliográficas y el resumen ejecutivo .

¹MINECOM: Ministerio de Economía Fomento y Turismo.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo general

Profundizar los temas de investigación prioritarios iniciados en las pesca de investigación pasadas (2009 y 2010), como apoyo al Procedimiento de Manejo establecido por SUBPESCA para la pesquería de bacalao en el área licitada.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Objetivo 1

Profundizar el estudio de la depredación desde el punto de vista de su medición (medición directa versus medición indirecta), del efecto del tipo de arte (cachaloteras) y su maniobra durante el virado (Velocidad de virado/longitud de la línea).

Las estrategias de pesca han evolucionado principalmente por la presencia de orcas y cachalotes que depredan la captura. A inicios de la pesquería se usaban largos espineles del tipo español de fondo o bien mustad, en la captura del bacalao, que demoran sobre las 10 horas en ser virados, con lo cual era habitual realizar no más de una operación por día. Con el tiempo los rendimientos de pesca fueron disminuyendo y la acción depredadora de los mamíferos fue tomando importancia, lo cual produjo cambios en las operaciones de pesca, entre los cuales destacan el acortamiento de las líneas o caceas caladas, la realización de más de un lance por día. Los tiempos de virado y los tiempos de pesca o de reposo han presentado una amplia dispersión, de manera que esta componente del esfuerzo de pesca no puede ser ignorada.

2.2.2. Objetivo 2

Profundizar el análisis de los rendimientos de pesca (CPUE) en la escala de una temporada de pesca y en la escala interanual para la generación de un índice de abundancia confiable.

2.2.3. Objetivo 3

Diseñar un programa de marcado en el área de la pesquería lícitada a implementar durante el año 2012.

Capítulo 3

Observación científica y toma de datos

3.1. Embarques

En el marco de la pesca de investigación del bacalao 2011 (PIBAC 2011) se realizaron cinco embarques de observación científica, en el período comprendido entre junio de 2011 y junio de 2012 (Figura 3.1). El primer embarque se realizó entre el 9 de junio y 28 de agosto del 2011, en el BP Globalpesca III, siendo observador el señor Juan Carlos González But estudiante de biología marina de la Universidad de Valparaíso. El segundo embarque se llevó a cabo entre el 30 de agosto y el 28 de diciembre en el BP Globalpesca I, siendo observador el estudiante de biología marina de la UACH, señor César Barrales. El tercer embarque comenzó el 12 de Septiembre y finalizó el 07 de diciembre del 2011 en el BP Antarctic Bay, siendo el observador el biólogo marino señor Fernando Goyeneche Ramírez. El cuarto comenzó el 23 de noviembre del 2011 y su finalizó el 25 de enero de 2012 siendo observador el señor Carlos Arias Melgarejo, estudiante de biología marina de la UACH. El quinto y último embarque comenzó el 15 de enero y se extendió hasta el 02 de junio del 2012, siendo observador el señor Fernando Goyeneche Ramírez a bordo del BF Globalpesca I

3.2. Datos y muestras

Un resumen de la cantidad, tipo de datos y muestras recolectadas se entrega en la Tabla 3.1, para cada uno de los embarques realizados. El número de embarques realizados se ajusta plenamente al número de embarques proyectados en los términos técnicos de referencia. La duración de los viajes, en conjunto con la estrategia de pesca adoptada por el patrón de pesca, más la experiencia del observador y el número de lances realizados han incidido directamente en el número de observaciones realizadas. Sin embargo, la

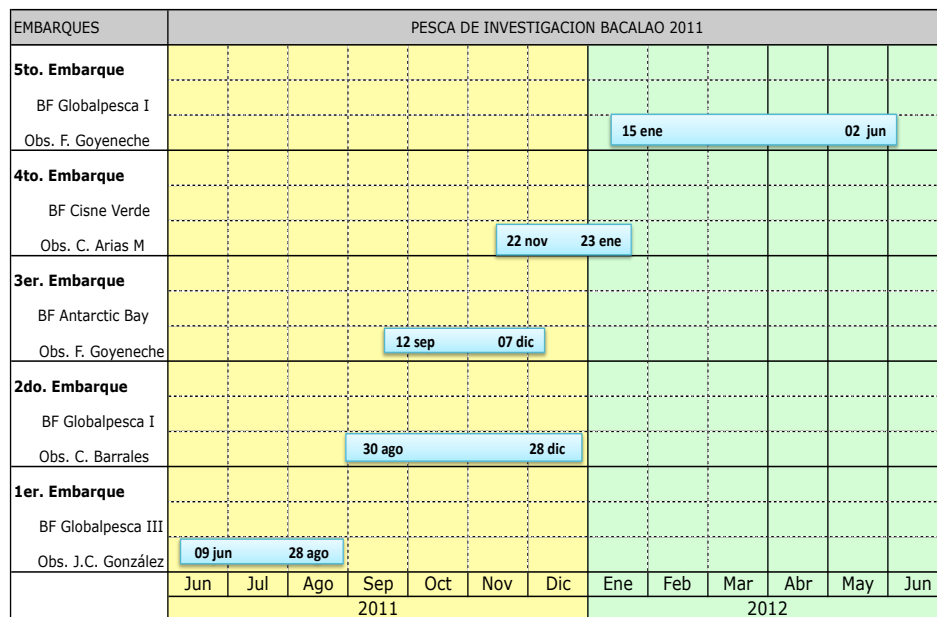


Figura 3.1: Cronograma de los embarques de observación científica realizados en la pesca de investigación Bacalao 2011.

cantidad de datos e información recolectada ha sido importante para cada uno de las temáticas abordadas.

El desempeño de los observadores a bordo, tanto en la colecta de datos como en su relación con las tripulaciones, fue buena. En esta ocasión a diferencia de las pescas de investigación anteriores, se pudo embarcar un observador en el BP Cisne Verde y en el BP Globalpesca III, buques que no habían participado en las Pescas de investigación anteriores ejecutadas por CEPES.

Muchos de los datos recolectados son de continuidad a los obtenidos durante la pesca de investigación pasada, como es el caso de: 1) la medición de la captura en sus componentes captura depredada, materia prima y la captura desechada, 2) del conteo de albatros y mamíferos alrededor de los buques durante las faenas de pesca, 3) las prácticas de pesca a bordo. A lo anterior se adicionó en esta pesca de investigación, la tarea de obtener datos sobre el número de peces por cachalotera y datos sobre la velocidad de virado del arte de pesca.

En esta pesca de investigación se recolectaron varios tipos de muestras, según se aprecia en la Tabla 3.1. De ellas se recolectaron:

1. Para la Universidad de Magallanes un total de 121 estómagos de bacalao, 144

muestras de escamas, 196 testículos y 6 ovarios de bacalao, las cuales fueron preservados en frío (congelados), más una muestra de esperma y 2 muestras de ovocitos, ambas congeladas.

2. Para CEPES, se recolectó en total 44 muestras de ovocitos de bacalao de profundidad, en avanzado estado de madurez; 299 muestras de tejido cercano a la aleta dorsal para análisis genético, cubriendo el área en que se distribuyeron las operaciones de pesca durante esta temporada, las cuales fueron preservadas en alcohol desnaturalizado al 96 %, y 874 muestras de otolitos sin contacto con metal.

Además, se obtuvo una cantidad importante de material audiovisual, que está siendo clasificado, entre los cuales se incluyen fotografías de aves marinas, de orcas y cachalotes. Asimismo, se realizaron grabaciones filmicas (videos cortos) de aves y mamíferos marinos, que concurren habitualmente en torno de las buques de pesca. (Tabla 3.1)

3.3. Ingreso de los datos obtenidos

Los datos obtenidos fueron ingresados a la base de datos de la pesca de investigación (BD PIBAC 2011). A la fecha, se encuentran ingresados y validados todos los datos colectados, los cuales se entregan en el disco compacto adjunto.

3.4. Obtención y traslado de peces vivos

Una tarea adicional no contemplada en la propuesta técnica fue la captura y traslado de ejemplares vivos de bacalao de profundidad desde la zona de pesca a Punta Arenas, como apoyo al Proyecto Fondef DA091/1002 de la Universidad de Magallanes liderada por el Ingeniero Acuicola Pablo Gallardo, el cual tiene como finalidad desarrollar las capacidades tecnológicas (peces, recursos humanos e infraestructura) en la Patagonia que permita sentar las bases para el cultivo del Bacalao de profundidad.

La tarea de colecta, monitoreo a bordo y traslado a Punta Arenas fue encargada a los observadores, quienes contaron con dos estanques de un 1 m^3 de volumen, recubiertos con poliuretano y un kit de instrumentos para monitorear la temperatura, el PH y el contenido de oxígeno del agua en los estanques; parámetros claves para la sobrevivencia de los ejemplares capturados según lo indicado por P. Gallardo. La concentración de oxígeno debió mantenerse en el rango de 7 mg/lit o 70 % a los 12 mg/lit o 105 % de saturación, y la temperatura no debía superar los 7°C.

Tabla 3.1: Resumen de la información, datos, observaciones realizadas y muestras recolectadas en los embarques realizados en la Pesca de Investigación Bacalao 2011. En los peces vivos para la Universidad de Magallanes (UMAG) se indica entre paréntesis los peces que llegaron vivos a Punta Arenas.

Item	Embarque				
	1	2	3	4	5
Observadores	JC. González	C. Barrales	F. Goyeneche	C. Arias	F. Goyeneche
Buque	Globlapesca III	Globalpesca I	Antarctic Bay	Cisne Verde	Globalpesca I
Fecha inicio lances	09 jun	01sep	14 sep	25 nov	15 ene
Fecha fin lances	24 ago	23 dic	5 dic	23 ene	02 jun
Nr. lances ejecutados	117	196	142	91	191
Producción (kg)	71.514	119.830	74.792	28.665	
Captura (kg)	101.530	170.159	78.532	40.704	
Captura (N°)	9.911	11.639	9097	6.894	
Factor conversión	1,42	1,42	1,05	1,42	1,42
Factor conversión (Obs)	1,84	1,47	1,09	-	-
Muestreo biológico					
Peces muestreados	1.021	1270	1140	221	1592
Lances muestreados	46	51	43	12	60
Muestreo de tallas					
Peces muestreados	2069	1884	1357	356	2246
Lances muestreados	44	51	43	14	60
Morfometría de restos					
Restos contados	185	245	134	52	246
Restos medidos	163	146	123	47	246
Conteo de albatros					
Lances muestreados	76	85	42	22	56
Fotos de albatros	-	150	-	-	-
Conteo de mamíferos					
Lances muestreados	97	87	43	22	57
Fotos orcas	120	130	156	34	463
Video orcas	28	-	15	-	43
Fotos cachalotes	20	300	416	67	433
Video cachalotes	8	-	46	-	29
Peces por cachaloterías	-	25	16	27	56
Prácticas de pesca (N° lances)	61	80	43	32	56
Medición captura (N° lances)	38	148	61	52	97
Velocidad virado (N° lances)	76	91	43	27	56
Muestras de bacalao recolectadas (N°)					
Ateta (Genética)	-	100	150	41	-
Escamas	-	-	-	-	144
Esperma	-	-	-	-	1
Estómagos	71	-	-	-	50
Gónadas	-	150 Tes.	46 Tes. y 6 Ova.	-	-
Otolitos esp.	534	105	18	73	144
Ovocitos	-	17	25	-	2
Peces vivos UMAG	8 (7 vivos)	4 (1 vivo)	4 (3 vivos)	-	4

De acuerdo con lo señalado por los observadores la tarea encomendada no fue fácil de llevar a cabo, debido varias dificultades operativas que tuvieron que superar y también invertir más tiempo del presupuestado en el cuidado de los peces en los estanques. Entre las dificultades operativas aludidas fueron la reparación de los estanques que presentaron filtraciones, la mantención de la temperatura en el rango solicitado mediante un sistema artesanal de enfriado con botellas de aguas congelada, al igual que la concentración de oxígeno y el continuo cuidado para evitar sean alimentados. Un aspecto, importante a juicio de los observadores, fue la descamación de los peces producto del roce con las paredes de los estanques debido al balanceo del buque. No obstante lo anterior, la tarea no fue mal calificada, se trajeron desde zona de pesca 20 peces vivos (Tabla 3.1). De estos, cuatro murieron en el trayecto desde la zona de pesca a Punta Arenas y 12 en su lugar de cautiverio en Punta Arenas. Actualmente viven 4 peces, uno que fue traído en el primer embarque y 3 en el último.

Capítulo 4

Objetivo 1. Profundizar el estudio de la depredación desde el punto de vista de su medición, del efecto del tipo de arte y su maniobra durante el virado.

4.1. Descripción de las Estrategias de pesca

Los pescadores del bacalao siempre han operado con estrategias de pesca, que han sido poco valoradas por los investigadores para explicar las variación de los rendimientos de pesca. En el año 1992, Agnew & Moreno (1992)[1], analizando las estrategias de pesca de la flota Rusa y Bulgara, en Georgia del Sur, indican que esta flota operó con dos estrategias. La primera que consistía en calar durante la mañana (AM) 3 a 4 líneas, las cuales se viraban posteriormente. La segunda estrategia fue calar y virar alternativamente lances sucesivos. Estos autores indican que la primera estrategia lleva a tiempos de reposo muy diferentes entre lances y que la segunda a tiempos de reposo entre lances consistentes en su duración.

En Chile al igual que en la CCAMLR, no se ha puesto atención a esto y todo parece indicar que la operación de pesca no tiene importancia para explicar los rendimientos de pesca. En nuestros análisis la variabilidad de estrategias de pesca entre buques, puede que quede recogida en el factor BARCO, pero no la variabilidad intrabarco. La Pesca de investigación del 2010 realizada por CEPES, se mostró que el tiempo de reposo varía de manera importante entre lances de un mismo barco, modificando el esfuerzo de pesca en su componente temporal (Rubilar & Zuleta, 2010)[68]. En la presente pesca de investigación se hicieron observaciones dirigidas y conversaciones *in situ* con los patrones de pesca, para entender su estrategia de pesca y también detectar los factores

que la determinan. Es así, como nos hemos podido percatar que las estrategias de pesca adoptada por un buque varían en el tiempo y en el espacio, debido principalmente a la presencia de orcas y cachalotes en torno a los buques en conjunto con las metas de captura del buque. En consecuencia hemos reconocido una estrategia general y una estrategia de pesca en presencia de mamíferos, las cuales describimos a continuación.

4.1.1. Estrategia general

Durante la pesca de investigación del bacalao 2011 se realizaron observaciones de la estrategia de pesca en 5 mareas, donde se recopiló información sobre la operación de calado y virado en 4 barcos de la flota bacaladera, estos fueron el: BF Globalpesca I, BF Globalpesca III pertenecientes a Globalpesca SpA, el BF Antarctic Bay perteneciente a Antarctic Sea Fisheries S.A. y el BF Cisne verde de Pesca Cisne S.A.

La maniobra de pesca en sí es independiente entre barcos, y depende únicamente de las decisiones del patrón de pesca, el cual determina el área de pesca, el lugar de calado, el número de caceas¹ o líneas caladas, el número de cachaloterías caladas por cacea, el número de anzuelos por cachaloterías, y la secuencia de virado; es decir, es el responsable de todas las maniobras de navegación y de pesca realizadas desde el momento de salida del puerto hasta el arribo a este.

En general los métodos y los aparejos de pesca utilizados por los diferentes barcos que operan en la pesquería industrial del bacalao, difieren entre sí, existiendo diferencias en la longitud de las caceas caladas y en el número de estas a calar; donde el tamaño del barco parece ser un factor determinante en estas decisiones. Los barcos de mayor eslora como los buques de Globalpesca SpA, con tamaño entre 60 a 65 m de eslora, calaron en promedio 700 cachaloterías por lance lo que generaba una longitud de caceas de 7,5 millas aprox., el Antarctic Bay (58,5 m de eslora) caló en promedio 600 cachaloterías con una longitud en las caceas de 6,8 millas aprox., y el Cisne Verde (45,2 m de eslora) caló en promedio 550 cachaloterías con una longitud en las caceas de 5,6 millas aprox.

Si bien la longitud de la línea es variable, también la distancia entre las cachaloterías lo es. La separación entre cachaloterías puede variar entre barcos y entre lances. Por ejemplo, el Globalpesca I y el Globalpesca III utilizaron barandillos móviles con una distancia media de 20 m y 13 m entre cachaloterías, respectivamente. El Cisne Verde que también usa barandillos móviles, la distancia entre cachaloterías varió entre los 14-25 m

¹Cacea: En la terminología usada por los pescadores bacaladeros una *cacea* consiste en una línea de espinel tradicional o de cachaloterías de longitud variable, que se cala en una determinada posición geográfica. Para nosotros, el calado y virado de esta cacea o línea constituye un lance de pesca, ya que se considera una unidad claramente definida que no interactúa de manera operacional con otra línea o caceas.

aprox. En cambio en el caso del BF Antarctic Bay la distancia entre cachaloterías fue de 23 sin variaciones, ya que este buque al igual que la mayoría de los buques palangreos de Pesca Chile SA, usa barandillos fijos a la retenida.

Los métodos operacionales de calado y virado que presentaron las diferentes plataformas en estudio son descritas a continuación:

Operación de pesca del BF Globalpesca I

Este barco realizó una marea de 4 meses en los cuales los métodos de pesca no variaron en el tiempo. El patrón de pesca (Andrés Montemuiño), como antes se comentó, fue el responsable exclusivo de las decisiones que se tomaron para ubicar las áreas de pesca y los números de caceas caladas. El buque al momento de su zarpe se dirigió a los caladeros de Isla Diego Ramírez, caladeros con historia de buenas capturas. Al llegar a la zona de pesca, en una primera instancia, procedió a calar 3 caceas al sur de las Islas Diego Ramírez. Estas 3 caceas se dejaron en reposo por aproximadamente 7 horas para comenzar a virar la primera cacea calada correspondiente al lance 1, luego de terminar de virar se navegó hacia la cacea 2 y se comenzó a virar, al finalizar esta maniobra se inició una nueva maniobra de calado en donde se largaban 2 caceas al agua las cuales se dejaban en reposo mientras se realizaba la maniobra de virado de la cacea 3 calada inicialmente, para posterior a este virado, calar 2 caceas nuevamente (Figura 4.1). Si las capturas eran buenas se calaba estas dos caceas en la misma posición donde se encontraban las anteriores, de lo contrario, se navegaba un par de millas y calaban en otra área cercana. Este método se repitió durante los 4 meses de navegación, lo que presentó a lo largo del tiempo una estrategia de trabajo que consistió en virar una cacea durante la mañana, otra durante la tarde y luego en la madrugada (2-3 am) calar 2 a 3 caceas.

La estrategia anteriormente descrita se vio interrumpida durante la marea debido principalmente a: 1) la presencia de mamíferos en el área, especialmente orcas que predaban sobre las capturas. Para evitar o disminuir su impacto el buque no usó espantaorcas (Orca-saver), si no que se balizaban las caceas y se realizaban navegaciones de evasión para “despistar” a las orcas y luego volver a virar la misma cacea o en su defecto la siguiente. Esta estrategia no siempre resultó ya que las capturas en muchos casos fueron malas, con evidentes signos de depredación (restos). Cuando la presencia de orcas era muy abundante en el área se tomaba la decisión de virar todas las caceas y navegar hacia otras áreas de pesca en donde no hubieran mamíferos. 2) El otro factor de importancia, fue la captura encontrada en el área. Si las capturas eran bajas, se trabajaba como máximo una semana en el área y luego se navegaba en busca de otras zonas de pesca donde se operaba de la misma forma anteriormente descrita.



Figura 4.1: Método operativo de calado y virado de lances (caceas, líneas) adoptada por el BF Globalpesca I y BF Antarctic Bay.

Operación de pesca del BF Antarctic Bay

Este buque comenzó su faena de pesca al sur de Isla Nueva, cambiando la estrategia de los dos buques anteriores que comenzaron sus faenas en los alrededores de las islas Diego Ramírez. Para esto el patrón utilizó un método de pesca similar a lo realizado por el Globalpesca I, que consistía en calar 3 caceas y luego, después de un reposo de unas 8 horas, virar 2 caceas comenzando por la que se caló primero. Al final de esta maniobra de virado, calar 2 caceas nuevamente y volver a virar la cacea pendiente (lan-ce 3) (Figura 4.1). Esta rutina, al igual que en los otros dos barcos, estuvo determinada por la ausencia y presencia de orcas. Este barco usó espantaorcas (Orca-saver), pero este dispositivo sólo cumplió su objetivo durante la primera semana, luego de ello las orcas depredaban de igual manera, por lo que el barco optó en los lances siguientes interrumpir el virado, balizando y realizar navegaciones de evasión. También fue determinante en cambiar las operaciones de pesca la abundancia de pescado en las capturas de los diferentes caladeros visitados.

Operación de pesca del BF Cisne Verde

Este barco realizó una marea de 61 días y al igual que en el Globalpesca I, el patrón de pesca decidió comenzar las operaciones de pesca en los alrededores de las Islas Diego Ramírez. Los métodos de pesca variaron en el tiempo ya sea por decisión del patrón o por factores externos como presencia de mamíferos, condiciones climáticas o abundancia en las capturas. Como primera observación este barco trabajó, en gran parte de la marea, con dos caceas caladas, adoptando a través del tiempo dos operaciones de pesca. La primera, comenzó calando 2 caceas de las cuales se viró la que se caló primero, posterior a esta maniobra se cala una nueva cacea, finalizando esta maniobra navegó hacia la cacea 2 y se viró, para luego calar nuevamente y continuar con el ciclo manteniendo siempre una cacea en el agua (Figura 4.2). El otro método utilizado por este barco, es el denominado Tipo 3 (Figura 4.3), que consistió en calar 2 a 3 caceas darles un reposo de unas 5 horas aproximadamente y virar todas las caceas que se encontraban en el agua comenzando por la primera que había sido calada, para luego calar nuevamente 2 a 3 caceas, de esta forma se presentaron periodos en los cuales no se encontraban aparejos calados en el agua.

Al igual que lo descrito para el Globalpesca I y el Antarctic Bay, la presencia de mamíferos fue determinante en las decisiones del patrón de pesca del Cisne Verde, ya que para evitar la depredación este barco balizaba o realizaba navegaciones de evasión. Cuando la abundancia de orcas en torno al buque era alta simplemente optó por buscar otras áreas de pesca donde no hubiese mamíferos. El éxito en las capturas igual fue determinante en la permanencia en los distintos caladeros. Si la pesca era baja se viraban todas las caceas y se navegaba en busca de otra área de pesca en donde las capturas fueran más abundantes. Al igual que el Globalpesca I, este buque no usó espantaorcas.

En resumen, los patrones de pesca que operan los distintos barcos, de la flota industrial bacaladera presentan métodos de pesca similares, encontrándose más bien diferencias en los materiales utilizados para realizar las actividades de pesca, como la cantidad de anzuelos por barandillo, el tamaño de estos, el grosor de la línea de cala y retenida, el número de cachaloterías caladas y quizás también importante, la pericia de la tripulación que pueda permitir una mayor rapidez en los virados y por ende un mayor esfuerzo pesquero reflejado en la mayor cantidad de caceas caladas por marea y por consiguiente una mayor producción final.

Estas estrategias operacionales, determinan en definitiva que distintos lances (caceas o líneas) tengan a su vez distintos tiempos de reposo, los cuales pueden verse incrementados si el patrón de pesca decide balizar la línea que estaba virando ante la presencia de orcas y desplazarse a recoger otra de las caceas caladas.



Figura 4.2: Método operacional Tipo 1 de calado y virado de lances (caceas, líneas) adoptada por el BF Cisne Verde.

4.1.2. Estrategia de pesca con interacción de mamíferos del BF Globalpesca I

Las acciones que usan los pescadores para evitar la depredación de la captura por mamíferos son: las navegaciones de despiste, el balizado de material, el cambio de zona de pesca y más recientemente el uso de un dispositivo sonoro para espantar orcas denominado “Orcasaver”. En presencia de mamíferos los pescadores usan estas acciones de maneras únicas o bien combinadas.

En la primera marea realizada por el BF Globalpesca I durante el año 2012, que se desarrolló entre enero y junio del 2012, ejemplificamos el uso de estas acciones y las estrategias usadas por los pescadores para evitar la depredación.

Este es un trabajo realizado por el biólogo marino, señor Fernando Goyeneche, quien fue el observador científico de esta marea en el buque antes mencionado. Para una mayor comprensión y ordenamiento Goyeneche divide en etapas temporales las acciones y estrategias adoptadas por el patrón de pesca y las cuales se describen a continuación.

Etapas 1. Desde el comienzo de la marea hasta el 21 de febrero.

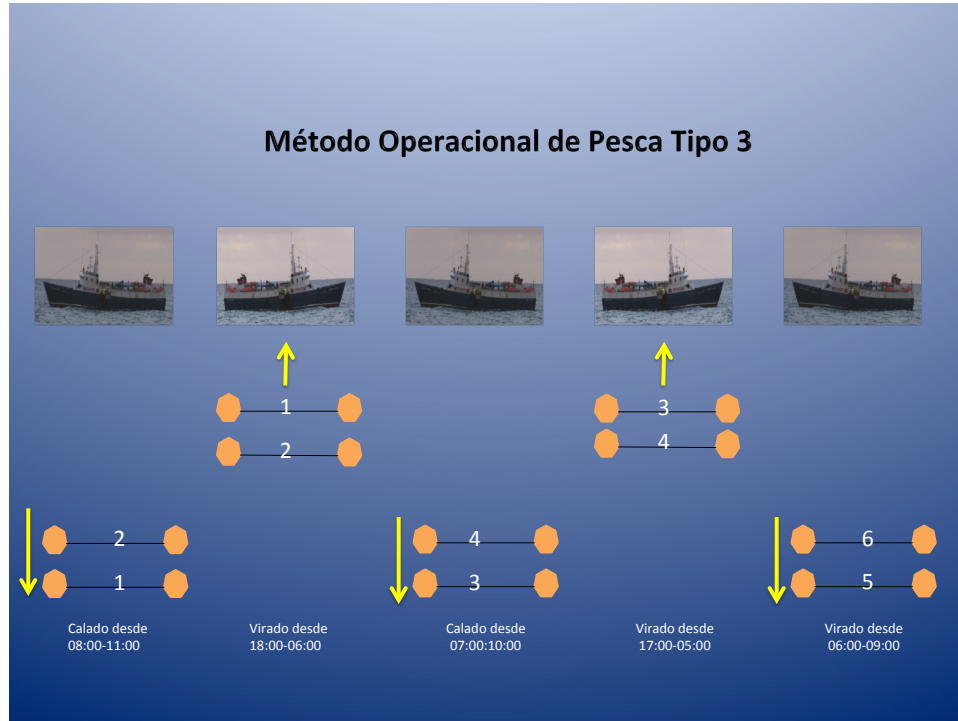


Figura 4.3: Método operacional Tipo 2 de calado y virado de lances (caceas, líneas) adoptada por el BF Cisne Verde, durante la segunda parte de la marea.

La estrategia de pesca adoptada consistió en el cambio de caladero o de zona de pesca ante la interacción de orcas, virando todo el material calado en presencia de los mamíferos antes del cambio.

Los primeros 5 días de la marea se trabajó en los alrededores de Islas Diego Ramírez, ocurriendo interacción con orcas y cachalotes, desde el primer lance virado. Esto hizo que después de unos días de trabajo en el lugar se fuera a calar un poco más al norte evitando la interacción hasta comienzos del mes de febrero. Luego el buque retorna al sur y comienza a trabajar cercano a la frontera con Argentina donde vuelve a tener interacción con orcas. Luego de esto el buque se mueve al caladero de Isla Nueva donde no ocurre interacción hasta el 13 de febrero. De allí en adelante ocurre un periodo de constante interacción en la zona de Islas Diego Ramírez hasta que el día 21 de febrero se cambia de zona de pesca navegando al norte, a la latitud 54°S, cercano a Isla Noir.

Etapas 2. Desde 21 de febrero hasta el 14 de abril.

Esta estrategia consistió en trabajar con varias caceas, balizando ciertas líneas cuando

ocurría interacción con orcas, realizando posteriormente navegaciones de evasión, para volver a virar la cacea un tiempo después o para comenzar a virar otra línea en otro sector.

Al cabo de unos cuantos días de trabajo sin presencia de orcas en el caladero de Isla Noir, estas a esta zona, optando el barco por utilizar como método el balizado de los lances y las navegaciones de despiste. Una vez recogido este material el 27 de febrero el barco vuelve a la zona sur de Islas Diego Ramírez y se mantiene en el sector hasta el 6 de marzo. A los dos días de trabajo en esta zona se presentan las orcas esta vez en grupos más numerosos de 6 a 12 individuos, manteniéndose la interacción durante todos estos días. Luego de esto se cambia de zona navegando al norte, hasta latitud 52°S, al norte de la salida oeste del Estrecho de Magallanes. Transcurridos dos días de trabajo en esta zona ocurre interacción con orcas, durante 3 lances, los cuales son balizados y virados en períodos distintos. El barco se mantuvo en esta zona de pesca hasta el 16 de marzo no registrándose nuevamente presencia de orcas. Luego navega al sur a la zona de Islas Diego Ramírez donde no se registra presencia de orcas durante 10 días consecutivos a la llegada, estos tradujeron para el barco en buenos días de trabajo con incremento de la captura, debido probablemente no sólo a la ausencia de orcas, sino también a la agregación espacial y temporal de los peces en este lugar. El barco se mantuvo trabajando en esta zona hasta el 8 de abril, cuando navega hacia el norte hasta la latitud 50°49'S, apróximadamente a la altura del Estrecho Nelson, manteniéndose en esta zona hasta el 14 de abril, sin interacción con mamíferos marinos.

Etapa 3. Desde el 14 de abril hasta el final de la marea.

Esta consistió en el trabajo simultáneo entre caladeros distintos utilizando como base el Archipiélago Diego Ramírez. Cuando ocurría interacción con orcas se dejaban en el agua una o dos líneas y navegaba para ir a trabajar a otro caladero, dejándose también líneas en el agua, para volver al caladero base, a veces ocurriendo interacción y otras veces sin haber ocurrido interacción. El objetivo de esta estrategia fue pescar en el caladero base de Diego Ramírez, siempre y cuando, se diera la condición de no presencia de orcas o de buenas capturas.

El 14 de abril se navega al sur a la zona de Islas Diego Ramírez, ocurriendo inmediatamente interacción. Se deja calada una línea en este lugar y se va a calar a Isla Nueva, donde no ocurre interacción con orcas. El día 22 de abril, se vuelve a la zona de Diego Ramírez para virar el lance calado anteriormente, y se produce interacción con orcas, por lo que se navega el noroeste a calar a la zona de Bahía Cook, donde no hay interacción con orcas. Se vuelve a Islas Diego Ramírez el 28 de abril a calar 2 lances de prueba, para ver si hay presencia de orcas y/o si hay buenas capturas. Al virar el primer lance ocurre la interacción, con lo que se regresa a la zona de Bahía Cook a calar, al cabo de dos lances y temporalmente de dos días, las orcas llegan a depredar

sobre la captura en Bahía Cook, con lo que el patrón decide volver a buscar el lance dejado en el agua en Diego Ramírez, esta vez no ocurriendo interacción. Sin embargo, vuelve a virar las líneas o caceas caladas en Bahía Cook, para luego navegar un poco hacia el norte y calar en la zona de Isla Noir, donde también ocurriendo interacción con orcas, volviendo el 8 de mayo nuevamente a Bahía Cook y luego a Diego Ramírez, virando 9 lances donde sólo ocurre interacción en uno de ellos. Luego de esto cala en Isla Nueva, el día 16 de mayo, manteniéndose allí hasta el 21 de mayo sin presencia de orcas. Posteriormente, vuelve a Diego Ramírez a buscar 3 lances que llevaban por lo menos una semana en el mar, de los cuales en uno ocurre interacción. Ante lo cual el patrón decide ir a trabajar a Bahía Cook, desde el 23 hasta el 25 de mayo, sin presencia de orcas, regresando a Diego Ramírez el día 27 de mayo, donde ocurre interacción de inmediato. No obstante, las capturas y los rendimientos fueron bastante buenos, aún bajo interacción, por lo que se mantuvo trabajando hasta el final de la marea.

Resumiendo

Sin duda que los aspectos antes indicados en esta sección tienen mucha importancia para el análisis de la CPUE, especialmente en la componente de esfuerzo pesquero. Las estrategias de pesca han evolucionado en el tiempo principalmente por la presencia de orcas y cachalotes que predan sobre la captura. A inicios de la pesquería se usaban largos espineles del tipo español de fondo o bien mustad, en la captura del bacalao, que demoran sobre las 10 horas en ser virados, con lo cual era habitual realizar no más de una operación por día. A medida que pasa el tiempo, los rendimientos fueron disminuyendo y la acción depredadora de los mamíferos fue tomando importancia. Esto trajo como consecuencia cambios en las operaciones de pesca, como son el acortamiento de las líneas o caceas caladas y la realización de más de un lance por día.

La acción depredadora de orcas y cachalotes se incrementó con el tiempo, lo cual generó la necesidad de buscar un mecanismo para proteger los peces cogidos en el espinel. Es así como el año 2006, o quizás antes, se introduce la cachalotera, la cual en definitiva se impuso sobre el espinel tradicional, debido a que los pescadores percibían una mejora en sus rendimientos de pesca atribuida a la capacidad de este nuevo arte para mitigar la depredación. Para los científicos, la introducción de la cachalotera significó un aporte importante, pues se comprobó que no producía mortalidad de aves marinas, especialmente albatros, debido a su mayor velocidad de hundimiento (Moreno et al., 2008[50]).

No obstante, la cachalotera, si bien es cierto que ha tenido un efecto importante para mitigar la depredación, especialmente en presencia de cachalotes, no ha ocurrido lo mismo con las orcas, las cuales debido a sus características físicas, morfológicas y de inteligencia, han sabido lidiar mejor con las dificultades de acceso a la captura que le impuso este aparejo. Esta situación finalmente llevó a los pescadores a adoptar

estrategias de pesca adicionales que han cambiado considerablemente la operación de pesca. Hoy se usa un aparejo distinto, se calan caceas más cortas, el virado es más variable, lo que ha traído como consecuencia también una alta variabilidad en los tiempos de pesca o de reposo, de manera que esta componente del esfuerzo de pesca ha tomado importancia y no puede ser pasada por alto.

4.2. Velocidad de virado

La velocidad de virado es una variable que puede tener efecto sobre los rendimientos de pesca y la tasa de predación, especialmente cuando las operaciones de pesca se ven interferidas por orcas y cachalotes. En esta pesca de investigación se implementó un diseño de muestreo para analizar la velocidad de virado de los lances, considerando como variables explicativas a priori el número de cachaloterías caladas y el tipo de barandillo .

El diseño de muestreo consistió en realizar durante el virado tres mediciones del tiempo empleado para virar 20 cachaloterías. Las mediciones fueron repartidas a lo largo del virado tratando de cubrir el inicio, el final y la medianía de este proceso. Este diseño fue aplicado a lances elegidos de manera aleatoria en 5 mareas realizadas por los 4 buques de pesca, de los cuales sólo el BF Antarctic Bay presentó un aparejo de pesca con barandillos fijos. El número total de lances muestreados fueron 326, cuya repartición por barco y mes se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Resumen datos de velocidad de virado recolectados en los embarques realizados en la Pesca de Investigación Bacalao 2011.

Barco	Embarque				
	1	2	3	4	5
Observador	JC. González	C. Barrales	F. Goyeneche	C. Arias	F. Goyeneche
Inicio lances	09 jun	01sep	14 sep	25 nov	15 ene
Fin lances	24 ago	23 dic	5 dic	23 ene	02 jun
Antarctic Bay	-	-	44	-	-
Cisne Verde	-	-	-	59	-
Globalpesca I	-	91	-	-	56
Globalpesca III	76	-	-	-	-

Los datos originados fueron clasificados a *posteriori*, en 5 estratos de igual tamaño (Post-estratificación). Para ello el tiempo total de virado de cada lance fue dividido en 5 períodos de tiempo, dentro de los cuales fueron clasificadas cada una de las mediciones de acuerdo con la hora en que fue realizada. Una representación de este procedimiento se muestra en la Figura 4.4.

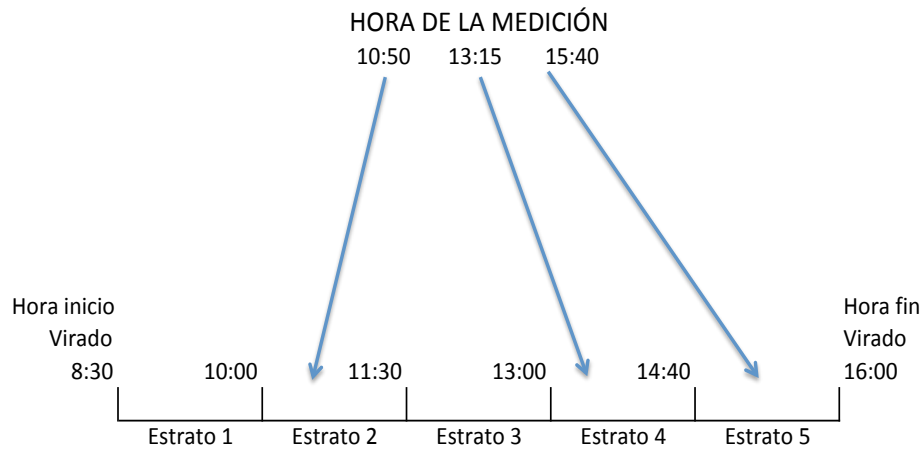


Figura 4.4: Esquema de post- estratificación de las mediciones para el análisis de la velocidad de virado en el lance.

4.2.1. Velocidad de virado en el lance

La velocidad de virado del lance medida como número de cachaloterías viradas por unidad de tiempo, indica que esta no es constante durante este proceso (Figura 4.5). La velocidad es menor en los tramos iniciales, principalmente porque la línea es muy pesada ya que todo el material está en el agua. Lo contrario se observa hacia el final de la línea, donde la velocidad de virado es mayor. En cada uno de los tramos del lance observamos una alta variabilidad entre caceas, lo cual podría ser causada por el número de peces capturados, los enredos, las condiciones del mar, entre otras. Otro aspecto que muestran los resultados es que las caceas con barandillo fijo presentan hacia el final del lance una mayor velocidad que un arte con barandillos móviles. Este patrón parece tener su explicación en que, independiente del número de cachaloterías de la cacea y la potencia del virador, el proceso es más lento en lances con barandillos móviles, porque además de desatar la cachalotería se debe desatar el barandillo.

Aparentemente los aparejos con baradillos fijos, dada esta mayor velocidad de virado, tendrían la cualidad de disminuir la depredación debido a una menor exposición de las capturas a la acción depredadora de los mamíferos. Esta afirmación tiene un sentido lógico, pero necesita ser corroborada.

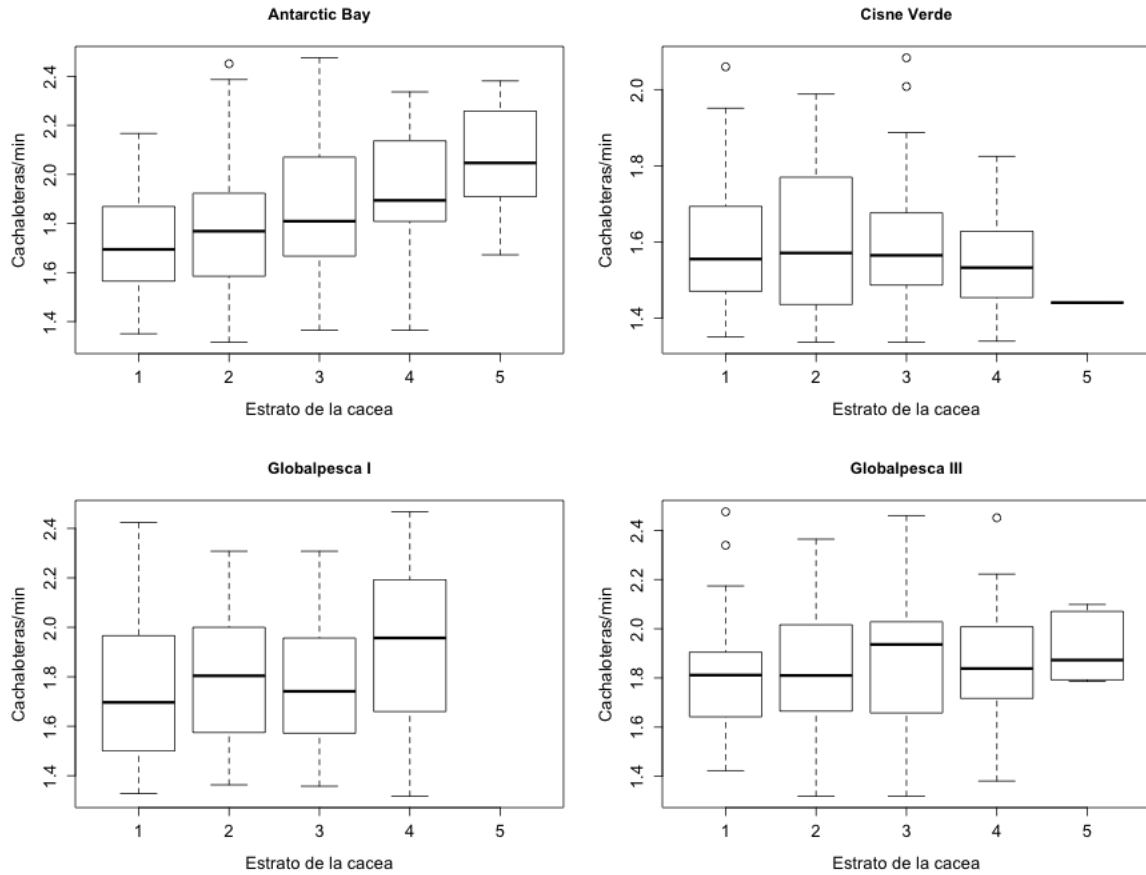


Figura 4.5: Tiempo de virado al interior del lance.

4.2.2. Velocidad de virado en relación con el número de cachaloterías caladas

El tiempo de virado tiene una relación directa con el número de cachaloterías caladas de manera que caceas con un mayor número de cachaloterías tiene un tiempo de virado mayor, lo cual implica a su vez una velocidad de virado menor y una mayor exposición de los peces capturados a la acción de los mamíferos (Figura 4.6). El buque con barandillos fijos muestra un aumento menor del tiempo de virado cuando crece el número de cachaloterías por cacea comparado con los buques con barandillos móviles, en el rango de 400 a 700 cachaloterías por cacea. Es decir el virado de los barandillos móviles versus fijos en el mismo rango es más lento.

Otro aspecto tan importante como el anterior es la gran variabilidad que se observa en los tiempo de virado en caceas de igual tamaño (Figura 4.6). Aquí la explicación está dada principalmente por las tácticas evasivas usadas por los pescadores con el fin

de evitar la depredación. Entre estas tácticas está balizar la cacea y volverla a virar posteriormente, sin antes haber realizado acciones evasivas de mamíferos, entre las cuales se identifican: 1) navegar un par de horas y luego volver a virar la línea balizada y 2) navegar a virar otra línea calada de manera que las orcas, principalmente, infrinjan el menor daño posible (Una de las razones para tener en el agua más de una cacea).

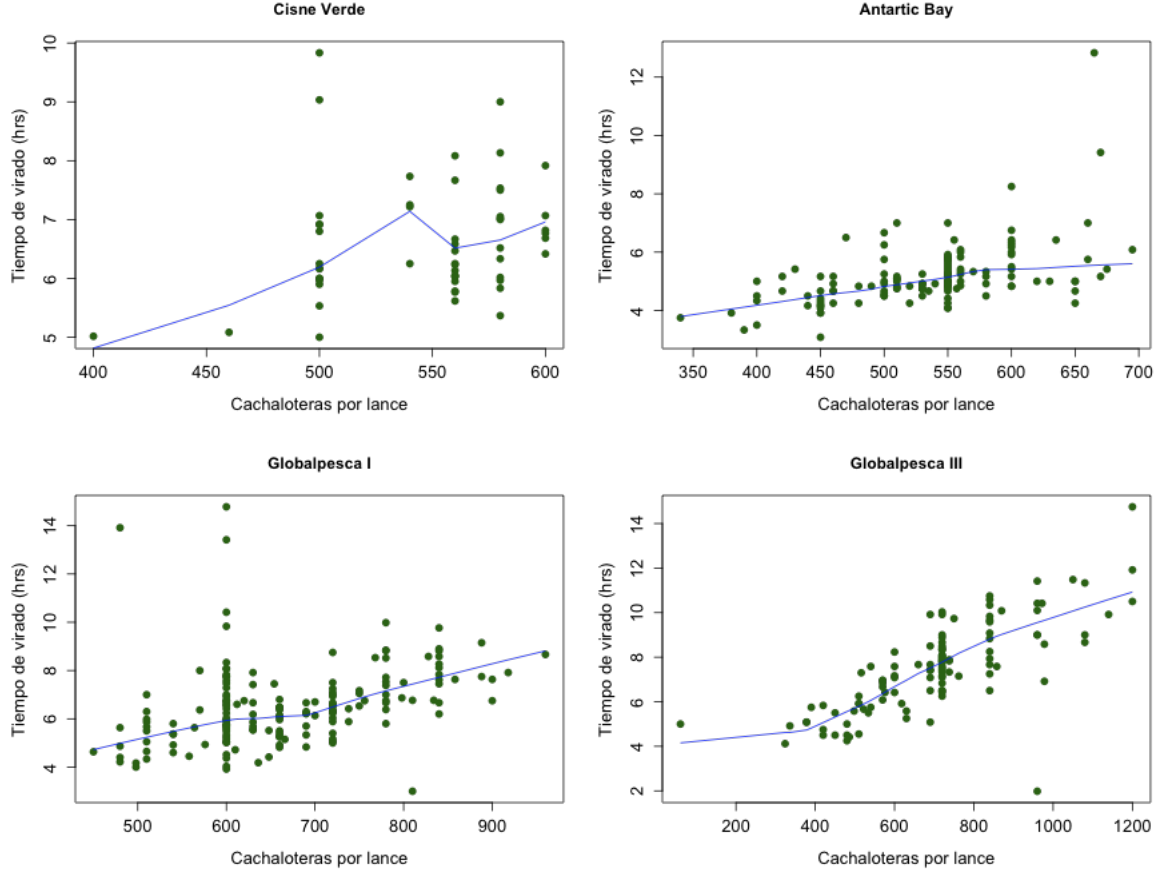


Figura 4.6: Tiempo de virado versus número de cachaloterías caladas por cacea.

4.3. Tasa de predación a partir de los restos (Gold standard)

4.3.1. Medición de la captura del lance

Si C_i : es la captura del lance i , en número de individuos o en peso, C_i^b : es la captura bruta, definida como la captura llegada a bordo sin daño aparente, y que es considerada en una primera instancia como adecuada para ser procesada, C_i^p : es la captura del lance

depredada por los mamíferos (orcas, cachalotes u otros), C_i^a : es la captura perdida por desprendimiento de los peces desde el espinel y por acción de los mamíferos, entonces la captura total del lance puede ser descrita como:

$$C_i = C_i^b + C_i^p + C_i^a \quad (4.1)$$

La captura bruta (C_i^b), es definida como la suma de la captura nominal C_i^n más la captura desechada C_i^d , es decir:

$$C_i^b = C_i^n + C_i^d \quad (4.2)$$

La captura nominal (C_i^n) o materia prima, es la componente de la captura que habitualmente se registra e informa en todas las bitácoras de pesca de los programas de seguimiento y control que hoy operan y corresponde a la fracción de la captura del lance que es procesada y que origina la producción. Su medición en número fue obtenida mediante el conteo del número de piezas procesadas o producidas en factoría, y su medición en peso, fue obtenida directamente desde el puente y cuyo proceso de estimación implica transformar la producción (P_i) a peces enteros mediante un factor de conversión (F_c). En el caso del Globalpesca I, Globalpesca III y Cisne Verde el factor de conversión usado fue 1,42 correspondiente al producto HGT y en el caso del Antarctic Bay fue de 1,05 solo para peces eviscerados. Estos factores de conversión se encuentran establecidos en la resolución Exenta Nr. 831 del 20 de agosto de 2002 del Servicio Nacional de Pesca.

La medición de la captura depredada (C_i^p) fue abordada de la misma manera que se hizo en las pescas de investigación anteriores, es decir mediante un proceso que consideró la retención, conteo, obtención de medidas morfométricas y reconstrucción del tamaño del pez a partir de los restos que se originaron en el lance. Para ello el observador aplicó el protocolo de conteo y medición de los restos depredados con ayuda de la tripulación.

El tamaño de los peces depredados fue abordada a través de las relaciones entre las distintas medidas morfométricas del pez con la longitud total obtenidas durante la pesca de investigación 2010 (Rubilar y Zuleta, 2011[68]). Dichas relaciones se entregan en la Tabla 4.2. La biomasa del pez fue calculada a través de la relación talla-peso.

Tabla 4.2: Ranking de las relaciones morfométricas entre la longitud total (LT) y diversas medidas del cuerpo de acuerdo con el criterio de Soutward y Hardman (1973), quienes señalan que la capacidad óptima de predicción esta dada por aquella relación cuya regresión entre la longitud predicha y longitud observada presenta un intercepto 0 y pendiente 1 (Fuente: Rubilar y Zuleta, 2011[68])

Relación	Intercepto	Pendiente	Ranking
$LT = -8.9189 + 3.7372 \cdot X_2$	3.4952	0.9685	1
$LT = 1.7444 + 4.4525 \cdot X_9$	4.0034	0.9639	2
$LT = 0.4485 + 6.3873 \cdot X_5$	4.1365	0.9627	3
$LT = 16.0294 + 12.1331 \cdot X_1$	4.2574	0.9616	4
$LT = -5.1084 + 4.2268 \cdot X_8$	4.3353	0.9609	5
$LT = -6.7600 + 13.0774 \cdot X_3$	5.7002	0.9487	6
$LT = -6.9651 + 8.9524 \cdot X_6$	9.0904	0.9181	7
$LT = -6.9906 + 9.9029 \cdot X_7$	9.3398	0.9159	8
$LT = -41.3394 + 30.0241 \cdot X_4$	16.673	0.8499	9

El mejor estimador, en número o peso, de la captura del lance (C_i), se obtiene sumando a la captura bruta del lance C_i^b estimada bajo este método con la captura depredada (C_i^p), es decir

$$C_i = C_i^b + C_i^p \quad (4.3)$$

$$(4.4)$$

donde,

$$C_i^b = P_i \cdot F_c + C_i^d \quad (4.5)$$

Incerteza en la medición

Observaciones realizadas en las pescas de investigación 2009, 2010 y la actual nos permiten afirmar que existe sesgo en la medición de la captura del lance. El problema no es reciente sino que ha sido una falencia histórica, que no compete sólo a esta pesquería en particular, sino que también a otras pesquerías. La medición precisa y exacta de la captura del lance no es un tema que preocupe mucho a los actuales programas de seguimiento de la pesquería, tampoco a quienes realizan los análisis pesqueros ni a quienes están encargados de administración y manejo de la pesquería.

Tal es la situación que históricamente la captura del lance ha sido igualada la materia prima, derivada de la transformación de la producción del lance mediante un factor de

conversión. A nivel de la serie de captura anual, en especial los primeros 10 años de la pesquería, ni siquiera los niveles de desembarque están claros. De modo que existen diversas series de capturas con las cuales se realizan evaluaciones.

Producto de lo anterior tenemos en definitiva una subestimación sistemática de las remociones ejercidas por la flota bacaladera, lo cual es más evidente en los años más recientes, y una sobre estimación de las capturas entre 1992 y 1995, producto del pobre seguimiento efectuado en la época y; la escasa y poco transparente forma de reconstruir las remociones en aguas chilenas para ese período. Este es un problema que CEPES puso de manifiesto en el seno del Comité Científico del Bacalao, de manera que hoy existe al menos una preocupación por abordar este problema.

Las pesca de investigación 2009, 2010 y 2011 analizan la medición de la captura del lance y entregan datos concretos sobre la forma en que esta se mide a bordo y de las fuentes de incerteza que en ella se incurre. Las incertezas a que nos referimos son:

1. Considerar que la captura del lance (C_i) es igual sólo a la materia prima (C_i^{mp}).
2. La falta de exactitud en su medición en número y peso. Su medición no es exacta ya que por lo general sólo se contabilizan cajas o sacos completos, de manera que la producción de un lance puede verse subestimada. Los peces sobrantes que no alcanzan a completar una caja o saco se juntan con los peces capturados en el lance siguiente, de manera que este último lance puede ver aumentada su captura.
3. Al uso de un factor de conversión construido para el control de los desembarques.
4. No considerar de manera sistemática la medición e incorporación de la captura depredada (C_i^p) y la captura desechada (C_i^d).

4.3.2. Número de mamíferos e interacción con la pesca

Durante esta pesca de investigación, al igual que en la pesca de investigación 2010, se realizó un conteo de mamíferos en torno a los buques de pesca, mediante un muestreo aleatorio de los lances ejecutados (i). Durante el virado del lance elegido se hicieron $j = 3$ conteos a distintas horas, tratando de cubrir el inicio, el final y la medianía de virado. En las 5 mareas realizadas se muestrearon un total de 322 lances de pesca distribuidos entre junio de 2011 y mayo del 2012, cuya repartición por barco y mes se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Cantidad de lances mensuales en que se realizó conteo de mamíferos alrededor de los buques durante la Pesca de Investigación 2011.

Año	Mes	Barcos			
		Globalpesca III	Globalpesca I	Antarctic Bay	Cisne Verde
2011	Jun	21	-	-	-
2011	Jul	35	-	-	-
2011	Ago	30	-	-	-
2011	Sep	-	23	6	-
2011	Oct	-	23	13	-
2011	Nov	-	26	21	3
2011	Dic	-	21	2	21
2012	Ene	-	8	-	21
2012	Feb	-	18	-	-
2012	Mar	-	12	-	-
2012	Abr	-	10	-	-
2012	May	-	8	-	-

Para cada lance muestreado se eligió el máximo observado de los $j = 3$ conteos para el análisis, con la finalidad de representar en los datos la abundancia máxima observada en el lance. Las observaciones por lance y barco fueron consideradas independientes, de modo que para una zona o mes dado, el número de orcas (K) y de cachalotes (S) observados fueron aditivos, es decir,

$$M_i = \max_{j=1,2,3} (K_{i,j}) + \max_{j=1,2,3} (S_{i,j}) \quad i = 1, \dots, n \quad (4.6)$$

donde,

$$M_m = \sum_{i=1}^n M_{m,i} \quad m = \text{meses} \quad (4.7)$$

Los resultados obtenidos indican que en el área de pesca habitual de la flota bacaladera industrial, al igual que lo observado en las pescas de investigación 2009 y 2010, las mayores frecuencia de avistamiento y abundancia de orcas y cachalotes en torno a los buques de pesca ocurrieron en el área al sur de los 55°S (Figura 4.7). Al norte de esta latitud las abundancias disminuyen y tienden a predominar los cachalotes. Esta información parece indicar que las orcas tienden a asociarse más fuertemente que los cachalotes con las operaciones de pesca, ya que su éxito para alimentarse del bacalao depende directamente de las operaciones de pesca, no así el cachalote, el cual tiene como presa natural al bacalo de profundidad y puede acceder a él sin la facilitación que produce la pesca.

Otro aspecto importante que se desprende de este análisis es la dominancia del número de orcas en el área de Diego Ramírez, especialmente en invierno-primavera. Esta área ha sido calificada como la principal zona de pesca industrial, lo cual es corroborado tanto por las capturas como por los rendimientos de pesca a través de los años que tiene esta zona.

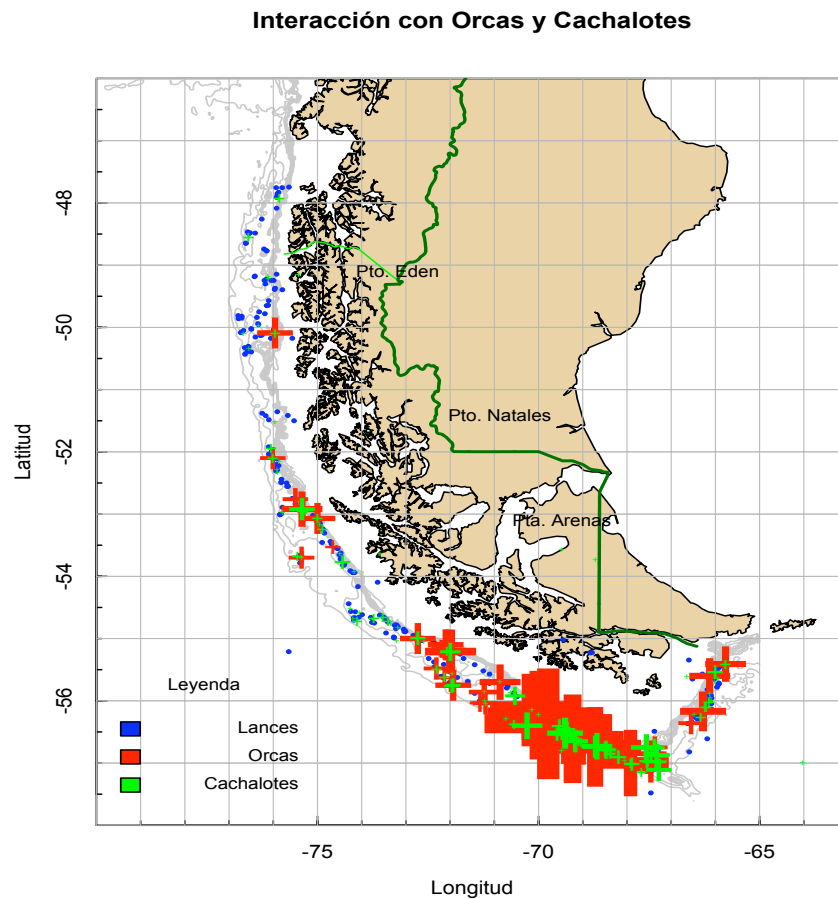


Figura 4.7: Avistamiento de orcas y cachalotes en torno a los buques de pesca entre junio del 2011 y mayo de 2012, durante el desarrollo de la pesca de investigación 2011. El tamaño de los símbolos indica la magnitud del avistamiento de orcas y cachalotes por separado en el lance.

Los datos colectados en las pesca de investigación 2010 y 2011, cubren un período de 24 meses consecutivos. El análisis de estos datos revela un marcada variación mensual en el número de animales en las áreas de pesca. El patrón encontrado indica que las orcas aumentan su presencia e interacción con la pesca en los meses de invierno y primavera, principalmente entre julio y septiembre. Igual situación ocurre con los

cachalotes; no obstante, se observa que los mayores avistamientos ocurren desplazados del máximo avistamiento de orcas, es decir, entre septiembre y noviembre (Figura 4.8). Este patrón observado parece advertir que los cachalotes tienden evitar sobreponerse temporalmente con la mayor abundancia de orcas, evitando así encuentros que podrían resultar nocivos para ellos.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Huckle et al., (2004[35]) se desprenden dos cambios interesantes:

1. Un aumento en el número de orcas y una disminución del número de cachalotes en torno a los buques de pesca.
2. Un cambio en la dominancia. Huckle et al., (2004[35]) , encontraron una dominancia de los cachalotes por sobre las orcas, en cambio hoy existe una dominancia de la orcas por sobre los cachalotes en el área de pesca de Tierra del Fuego.

Lo anterior parece tener explicación en lo siguiente:

1. El aumento y el establecimiento de las operaciones de pesca, tanto de la flota chilena en el pacífico como de la flota argentina en la frontera con Chile y en el área de la Isla de los Estados a través de los años. Esta persistencia ha creado el hábito tanto en orcas como en cachalotes de concurrir a alimentarse de las capturas en el área de Tierra del Fuego.
2. La introducción de la cachalotera parece haber afectado más a los cachalotes que a las orcas. A los cachalotes se le hizo muy difícil, por no decir imposible, coger los peces desde el interior de la cachalotera debido a su tamaño y ubicación de la boca. En cambio las orcas más pequeñas y con la boca en su extremo anterior han eludido mejor esta dificultad, siendo capaces de introducir su cabeza en la cachalotera y tomar los peces.

Los pescadores artesanales a diferencia de los flota industrial se quejan de la depredación de los cachalotes, los cuales son más habituales en su sector. Los pescadores artesanales no usan cachaloteras, sino un espinel denominado *Vertical*, que se caracteriza por usar una línea vertical similar a un barandillo que lleva entre 2 a 3 anzuelos sin protección. Este aparejo de pesca no tiene capacidad alguna para mitigar el efecto de los cachalotes ni menos de las orcas. De ahí, que el efecto depredador de los cachalotes tiende a ser más importante para la flota artesanal.

“En definitiva la cachalotera mitiga mayormente el efecto depredador de los cachalotes no así el de las orcas”.

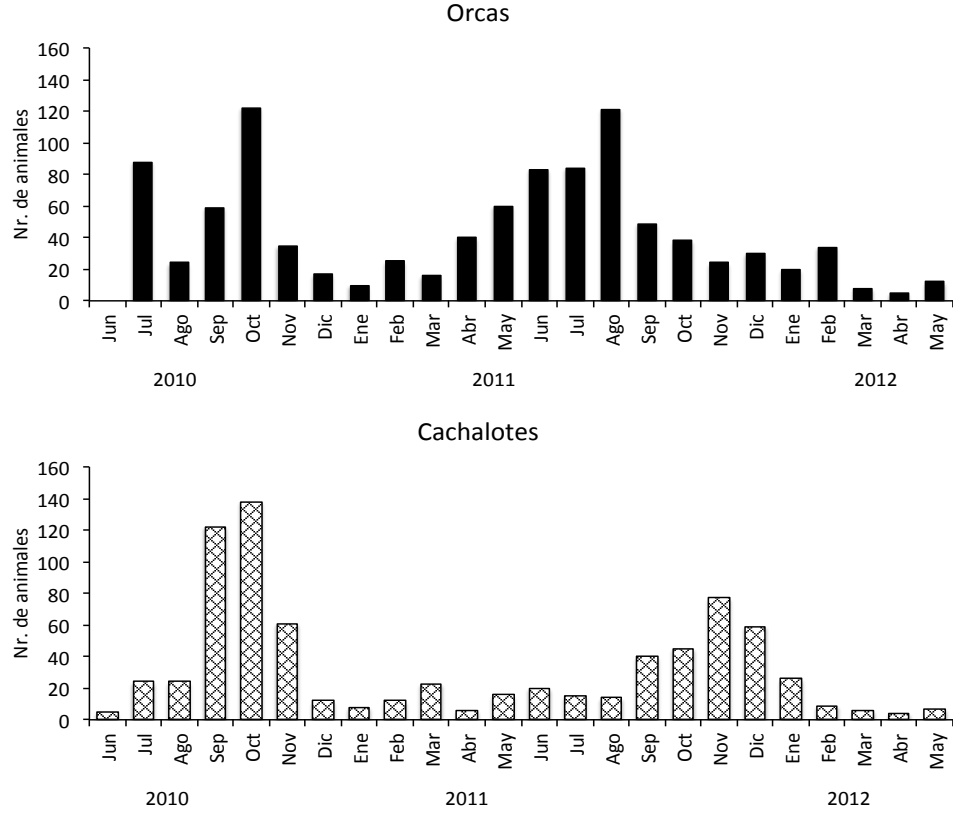


Figura 4.8: Variación mensual del número de orcas y cachalotes en torno a los buques de pesca entre junio del 2010 y mayo de 2012. Datos recolectados en las Pescas de Investigación 2010 y 2011.

4.3.3. Tasa de depredación (ϕ) a partir de los restos.

La tasa de predación Φ_m del mes m fue estimada mediante la siguiente ecuación:

$$\Phi_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_{m,i}^p}{\sum_{i=1}^n C_{m,i}^- + \sum_{i=1}^n C_{m,i}^p} \quad (4.8)$$

donde, $C_{m,i}^p$ es la captura depredada del lance i en el mes m y reconstruida a partir de los restos, y $C_{m,i}^-$ es la captura nominal en kg del lance i en el mes m .

El análisis de la información recolectada durante la pesca de investigación 2010 y 2011, indica que la tasa de depredación calculada a partir de los restos muestra una clara variación entre los meses del año, ya sea deducida desde el número de individuos o

desde la biomasa depredada. En general se observa que la tasa de depredación es más alta a fines del invierno y comienzo de primavera, especialmente en el área de Tierra del Fuego en torno a las islas Diego Ramírez. Hacia el verano este fenómeno se atenúa o disminuye (Figura 4.9). La existencia de esta fluctuación estacional en la tasa de predación, está asociada a las variaciones estacionales en la cantidad y composición específica de los mamíferos que interactúan con la pesca, tal como se muestra en la Figura 4.8 y Figura 4.10. El aumento del número de animales en las zonas de pesca estaría asociada a migraciones estacionales, que en el caso de las orcas estaría acompañado de un aumento en el número de pots.

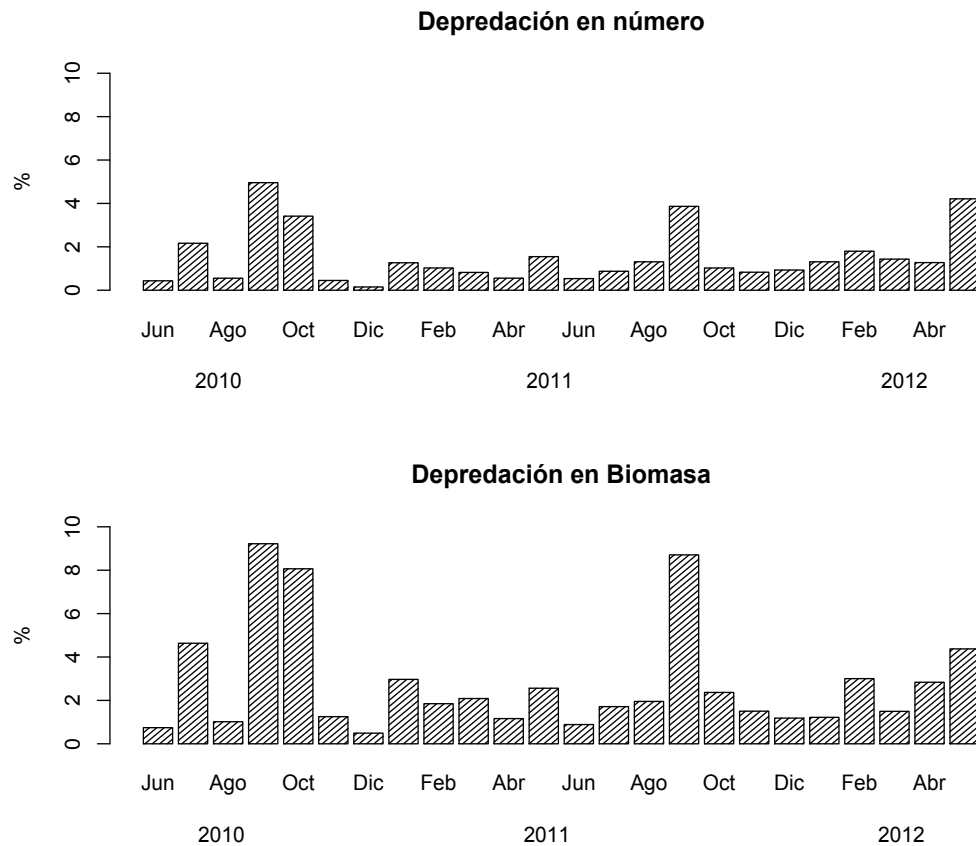


Figura 4.9: Tasa de predación mensual estimada a partir restos con datos recolectados en las pesca de investigación 2010 y 2011.

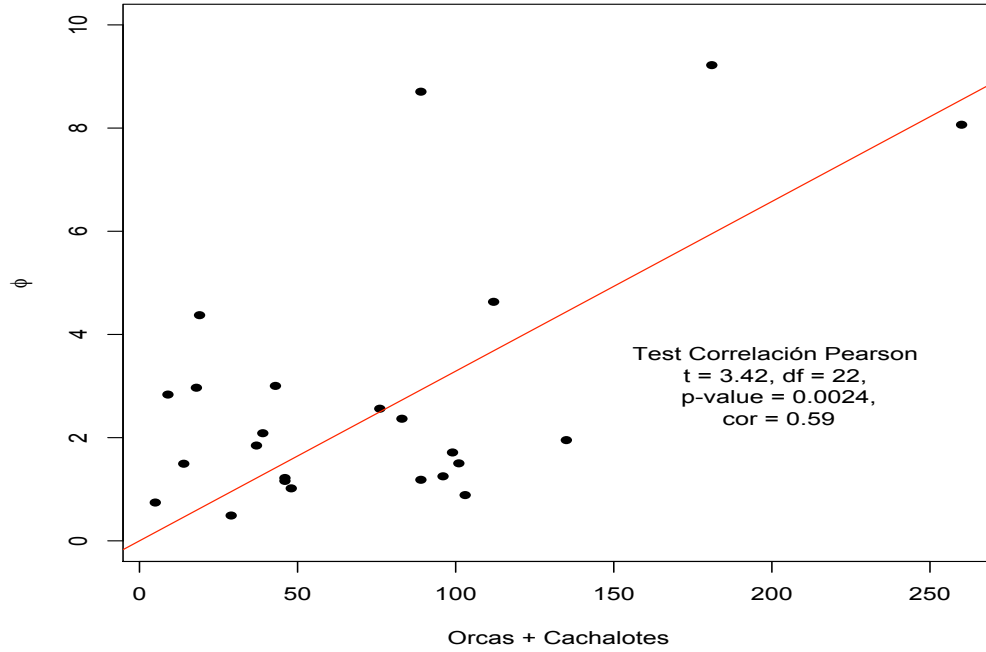


Figura 4.10: Correlación y relación lineal entre el número de mamíferos (orcas + cachalotes) y la tasa de depredación (ϕ), para el período junio de 2010 a mayo de 2012. Se observa una correlación positiva de carácter lineal entre ambas variables. Tanto la correlación como la tendencia lineal son estadísticamente significativas. El modelo lineal, indicado con la línea roja, presenta un $R^2=0.69$, $F_{statistic}= 51.8$ on 1, $DF=23$, $p_{value} = 0.000000249$.

4.3.4. Estructura de tallas de los peces depredados

La estructura de talla de los peces depredados en la pesca de investigación 2010 se muestra en la Figura 4.11 (abajo a la izquierda). Al comparar esta estructura de tamaños con la distribución de tallas de la captura retenida para ser procesada, apreciamos que los mamíferos ejercieron una acción depredatoria fuerte sobre los peces mayores a 90 cm, lo cual parece ser inducido por la cachalotera, al tener este aparejo de pesca un efecto protector mayor sobre la fracción juvenil de la captura (Figura 4.11, arriba a la izquierda).

Para los datos colectados ente junio de 2011 y mayo de 2012, es decir durante la presente pesca de instigación, observamos que esto no se cumple, ya que apareció una importante fracción de peces menores a 90 cm de LT depredados (Figura 4.11, abajo a la derecha). La estructura de tallas de la captura comercial, también muestra un aumento de la fracción juvenil, por lo que en esta ocasión la cachalotera no parece

haber protegido adecuadamente a la fracción juvenil como ocurrió en la pesca pasada. Dos aspectos parecen estar determinando este cambio: 1) el aumento del número de orcas y la dominancia detectada este último año, y 2) el aprendizaje de la orcas para depredar la captura aún con cachaloterías, que hemos indicado en el punto 4.3.2 de este capítulo.

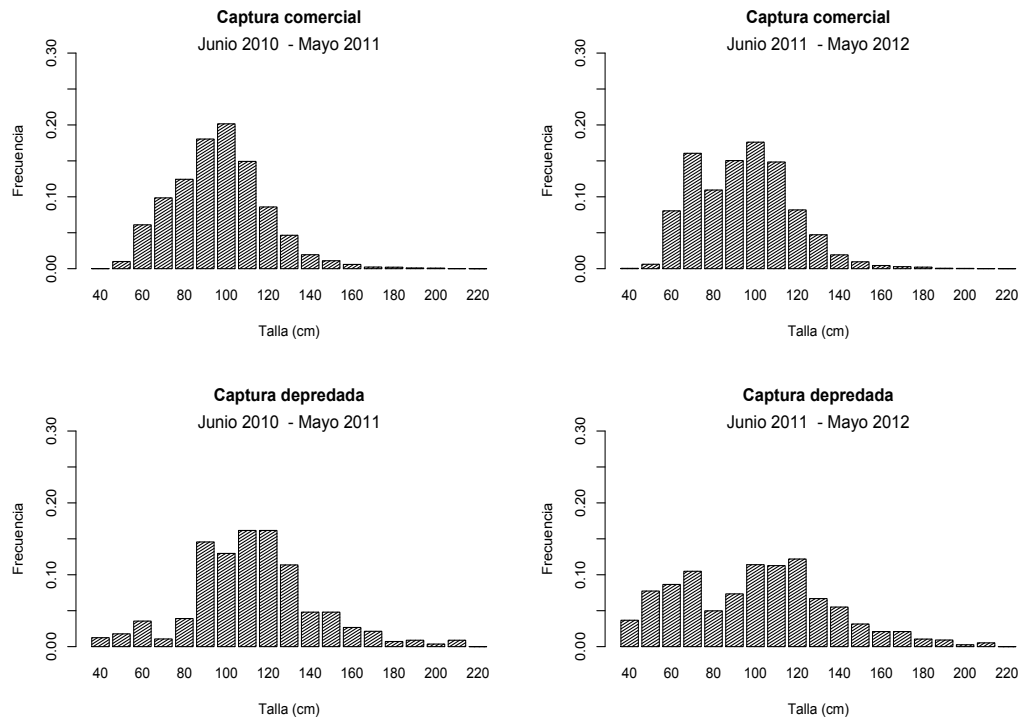


Figura 4.11: Distribuciones de talla de la captura comercial y de la captura depredada para datos colectados entre junio del 2010 a Mayo del 2011 y desde Junio del 2011 a mayo del 2012, en las pesca de investigación 2010 y 2011, respectivamente.

Hucke et al., (2004)[35], señalan que orcas y cachalotes no tienen preferencias por determinados tamaños de peces, sino que por el contrario ellos depredan de manera proporcional al patrón de explotación del espinel tradicional (Figura 4.12). Nosotros también creemos que dicha apreciación es correcta para este aparejo de pesca. Actualmente la dominancia de las orcas en las zonas de pesca y su capacidad para tomar los peces desde el interior de la cachalotería hacen que la acción depredadora se asemeje a la reportada por Hucke et al., (2004)[35]; es decir, una depredación acorde con el patrón de explotación de la cachalotería.

Esto nos lleva a sostener que dada esta situación donde la estructura de tamaños de la captura depredada no difiere de la estructura de la captura comercial, para calcular la

biomasa o captura depredada basta multiplicar el número de restos por el peso medio de la captura comercial.

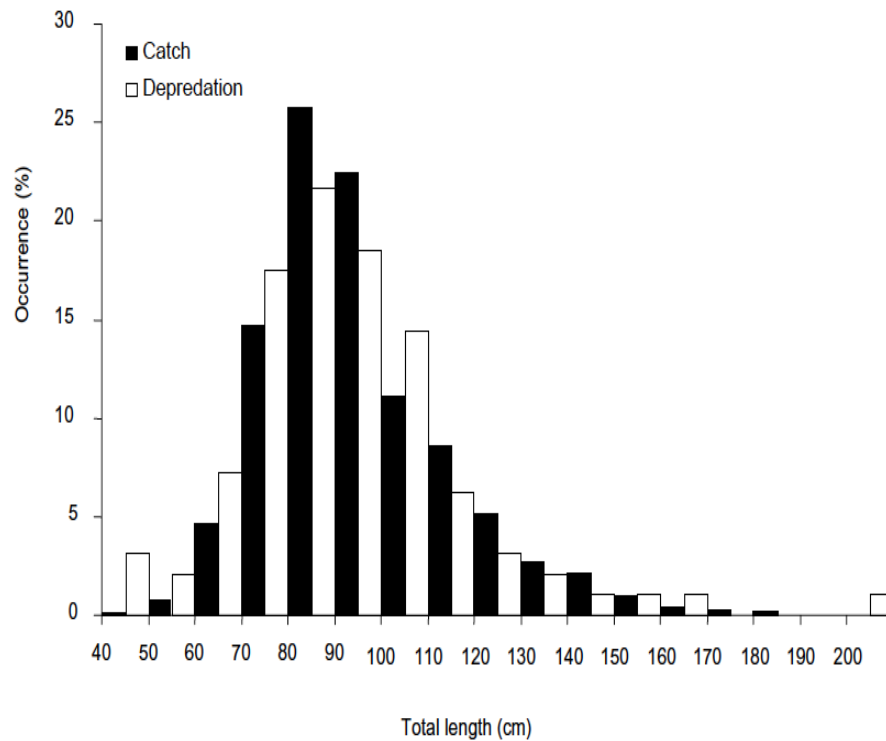


Figura 4.12: Distribuciones de talla de la captura comercial (barras negras) y de la captura depredada (barras blancas) por orcas y cachalotes. Tomada desde Hucke et al., (2004)[35].

4.3.5. Tasa de depredación periodo 2006 - 2011

Se han identificado al menos 4 métodos para analizar y abordar el tema de la tasa de depredación por mamíferos en una escala temporal, ya que una de las interrogantes importantes de responder es si ha ocurrido un aumento de la tasa de depredación en la escala interanual. Según apreciación de los pescadores esta situación ha ocurrido y hoy la cantidad de captura depredada por los mamíferos sería mayor. Esto también es posible si se tiene en cuenta los cambios en número y dominancia del las orcas en el sector de Diego Ramírez (Punto 4.3.2). Los métodos que mencionamos son:

1. Metodo directo o de los vestigios.
2. Método de la diferencias de CPUE (Roche et al., (2007[67])) .
3. GLM con factor mamíferos.
4. Modelo del proceso virado con depredación.

Metodo directo

El método directo, es el desarrollado en la sección 4.3.3 de este capítulo, y es denominado así porque la estimación de la tasa de depredación se deriva de la medición de los restos que llegan a bordo.

Como la medición y conteos de restos sólo se ha realizado en los embarques de las pescas de investigación 2010 y 2011, para el período 2006-2011 no existen los datos suficientes que permitan estimar la tasas de depredación para el lapso indicado por este método.

La experiencia adquirida en las pesca de investigación indican que se debe llevar a cabo un seguimiento de los restos y de las capturas bajo un diseño muestral adecuado para que las mediciones realizadas se contituyan en una muestra representativa del fenómeno, que permitan calcular los estimadores de interés a nivel anual. Junto al diseño orientado a la cobertura muestral de las operaciones de pesca es necesario realizar una medición exhaustiva de los restos, de la captura procesada (materia prima) y de la captura desechada. La medición de las cantidades antes mencionadas son posibles de realizar de manera adecuada, tal como se ha demostrado en la presente pesca de Investigación y en la pesca de investigación 2010; para lo cual son imprescindibles la participación de observadores científicos y la incorporación de tecnología.

Método de la diferencia de CPUE (Roche et al., (2007[67]))

Para estimar la tasa de depredación desde los datos observacionales recolectados a través de las bitácoras de pesca, en la propuesta técnica planteamos, usar el método desarrollado por Roche et al., (2007[67]), quienes proponen usar los rendimientos de pesca en ausencia y presencia de mamíferos para estimar la tasa de depredación, indicando que la captura o biomasa predada por los mamíferos es:

$$\hat{C}_{pred} = f_p * (\widehat{CPUE}_a - \widehat{CPUE}_p) \quad (4.9)$$

donde $\hat{C}_{pred}$: captura predada por los mamíferos, f_p : esfuerzo total en presencia de mamíferos, $\widehat{CPUE}_a$: rendimientos promedios en ausencia de mamíferos, $\widehat{CPUE}_p$: rendimientos promedios en presencia de mamíferos.

Luego, la tasa de depredación (T_{pred}) se define como la fracción de biomasa perdida por acción de los mamíferos (C_{pred}) sobre biomasa pescada o captura observada (C_{obs}), es decir:

$$\hat{T}_{pred} = \frac{\hat{C}_{pred}}{C_{obs}} \quad (4.10)$$

Este método en su concepción es simple, fácil de entender y de aplicar; pero presenta una serie de deficiencias que no permiten estimar adecuadamente la tasa de depredación (Figura 4.13). Esto quedó demostrado al estimar la tasa de depredación anual, entre el año 2006 y 2011, donde se obtienen tasas de depredación negativas, lo cual es consecuencia de que el método no recoge la influencia de otros factores como la variación espacial y temporal de la abundancia, tampoco el efecto de las acciones que adoptan los pescadores para evadir la depredación, lo cual podrían ser representadas por el buque.

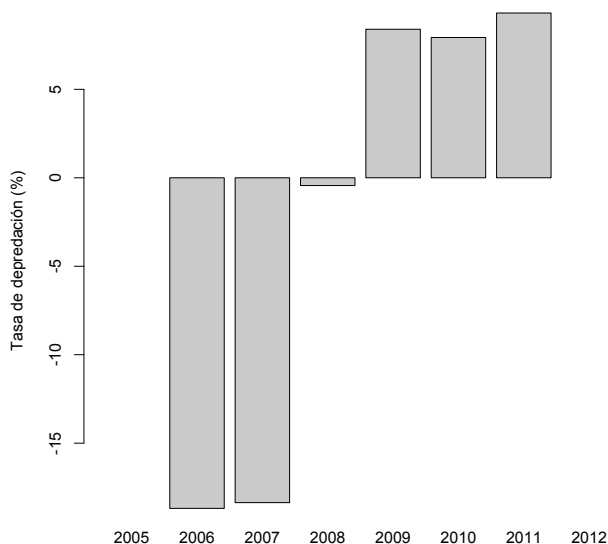


Figura 4.13: Tasas de depredación estimadas mediante método de Roche et al., (2007[67], para el periodo 2006-2011.

Modelo GLM con factor mamíferos y Modelo de la operación de pesca con depredación

Estos métodos fueron vislumbrados como soluciones a las deficiencias que presentan los métodos antes señalados (medición directa y de la diferencias de CPUE). Actualmente se encuentran en desarrollo, por lo cual no fueron aplicados. La importancia de trabajar en ellos radica que permitirían incorporar otros factores fuera los mamíferos en un análisis simultáneo de los datos.

Capítulo 5

Objetivo 2. Profundización del análisis de la CPUE en la escala de la temporada de pesca y en la escala interanual.

5.1. Aspectos relevantes del esfuerzo de pesca

5.1.1. Antecedentes

La construcción del índice de CPUE anual requiere de los datos de captura y esfuerzo de la pesquería desde el año 1988 a 2011. CEPES, no cuenta con una serie que cubra el período deseado y completamente validada. Hoy existe un proceso de verificación de la cobertura, completitud y calidad de los datos para esta pesquería que se está realizando bajo el amparo del Comité Científico del bacalao. Es necesario que este proceso se lleve a cabo para contar con datos válidos para el análisis antes señalado. Este ha sido una de las mayores dificultades surgidas, la cual esperamos sortear pronto para completar el análisis.

En virtud a lo anteriormente expuesto en esta parte del informe, abordamos dos temas relevantes para el análisis de la CPUE, los cuales en conjunto con la calidad de los datos deben ser considerados cuando se analizan los rendimientos de pesca y en especial cuando estos se usan para construir un índice estandarizado de la CPUE, a saber:

1. Los cambios tecnológicos en los aparejos de pesca .
2. Poder de pesca relativo
3. Independencia de los anzuelos

4. Las medidas del esfuerzo de pesca.

5.1.2. Cambios tecnológicos en los aparejos de pesca

En la pesquería del Bacalao de profundidad a lo largo de su historia se han usado varios aparejos de pesca entre los cuales destacan el Palangre de fondo español o simplemente Palangre español, el Espinel de fondo tipo japones, el sistema Mustad, las Trampas y más recientemente la Cachalotera¹ (Figura 6.1). La captura del recurso bacalao en Chile se inició con el uso del Espinel tradicional español el cual fue usado hasta el año 2007. Este aparejo comenzó a ser sustituido por la Cachalotera a partir del año 2006 según los registros de pesca disponibles (existen relatos que esto podría haber comenzado ante con operaciones experimentales). La Cachalotera o sistema chileno reemplaza totalmente al Espinel español a partir del 2008, cuando la totalidad de las operaciones de pesca realizadas por la flota bacaladera chilena fueron realizadas con este nuevo aparejo, situación que se mantiene hasta el presente. El sistema de pesca japonés fue usado por un único barco, el FRIOSUR V también llamado FRIOAYSEN XVIII en los años 1994 y 1995. El uso de trampas corresponden a una pesca experimental realizada por la Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con Pesca Chile SA (Guerrero y Arana 2009[27]) y el sistema Mustad de encarnado automático fue usado por el buque FRIOSUR III entre los años 1991 y 1993 (Com.pers. A. Franco).

El Palangre de fondo español o simplemente Palangre Español fue el aparejo dominante de las operaciones de pesca desde el inicio de la pesquería hasta el año 2006 y sus principales características se muestran gráficamente en la Figura 5.2. El origen, diseño y principales características de la cachalotera y las bondades de su uso se encuentran descritas en el trabajo de Moreno et al., 2008 [50]. Sin embargo, la cachalotera presenta variantes que difieren con la descripción de Moreno et al., 2008[50]. Una de las principales variaciones ha sido la disposición de los anzuelos y el uso de barandillos fijos y móviles. Hoy predomina la disposición de los anzuelos en un único racimo con 5 a 10 unidades.

El espinel de fondo japonés presenta características que lo hacen distinguible del Palangre Español, porque carece de retenida y barandillos que lo hacen más susceptible a los cortes de la línea madre que se producen por el peso del material y trabas en el fondo (Figura 5.3).

Lo señalado anteriormente en relación con los aparejos de pesca pone de manifiesto aspectos que han pasado desapercibidos para los analistas de la pesquería. Los antiguos analistas no advirtieron diferencias entre los poderes de pesca de cada uno de estos

¹Nosotros hemos adoptado en este informe la denominación de los pescadores a este aparejo de pesca. En la literatura se le ha denominado "Sistema Chileno", Moreno et al., 2008[50]

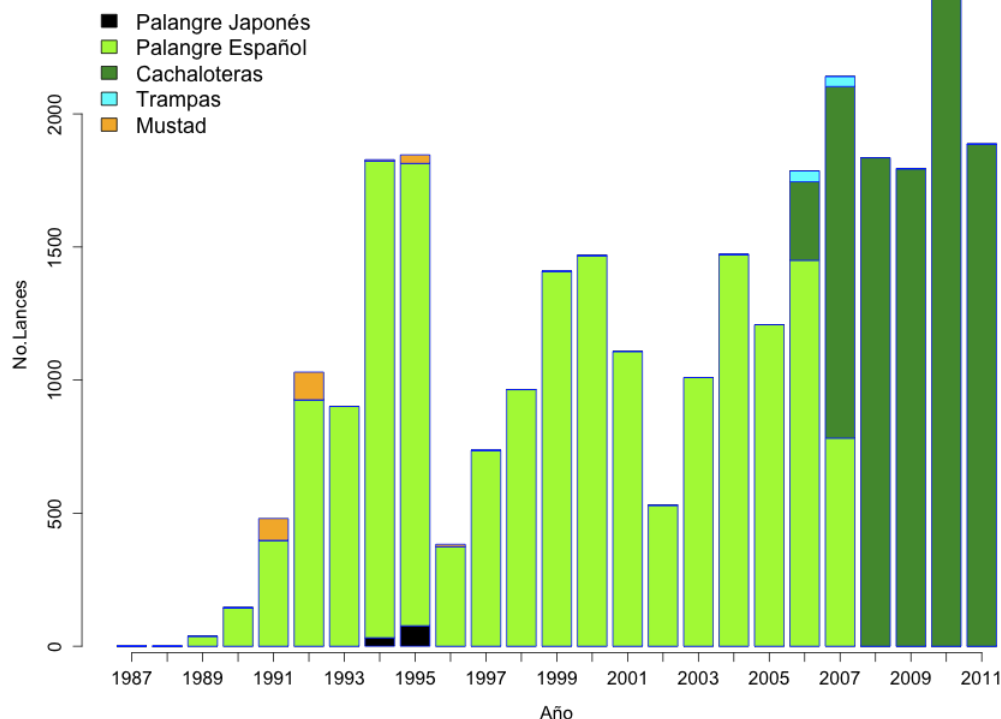


Figura 5.1: Aparejos de pesca en la pesquería del bacalao.. Fuente: Base de datos de CEPES.

aparejos. Se consideró que un anzuelo del palangre español, del espinel japonés y del sistema Mustad eran equivalentes. Sin embargo, el mayor problema se produce con la introducción de la cachalotera o sistema chileno donde consideran nuevamente que un anzuelo de la cachalotera es equivalente a un anzuelo de los espineles o aparejos anteriormente aludidos. Por otro lado, también advierte sobre el cuidado que se debe tener para seleccionar los datos pertinentes cuando se quiere construir el índice de CPUE, especialmente sobre que aparejo y periodo usar.

5.1.3. Poder de pesca relativos

La evolución y cambios temporales en el esfuerzo de pesca en esta pesquería, ha sido desde sus inicios monitoreados a través del número de anzuelos calados. Otros aspectos como el número de barcos, el número de mareas realizadas o el número de lances por unidades de tiempo no han suscitado de interés de los analistas quienes de manera muy simplificada han pretendido recoger todos los cambios que afectan al esfuerzo de pesca en la variación del número de anzuelos calados.

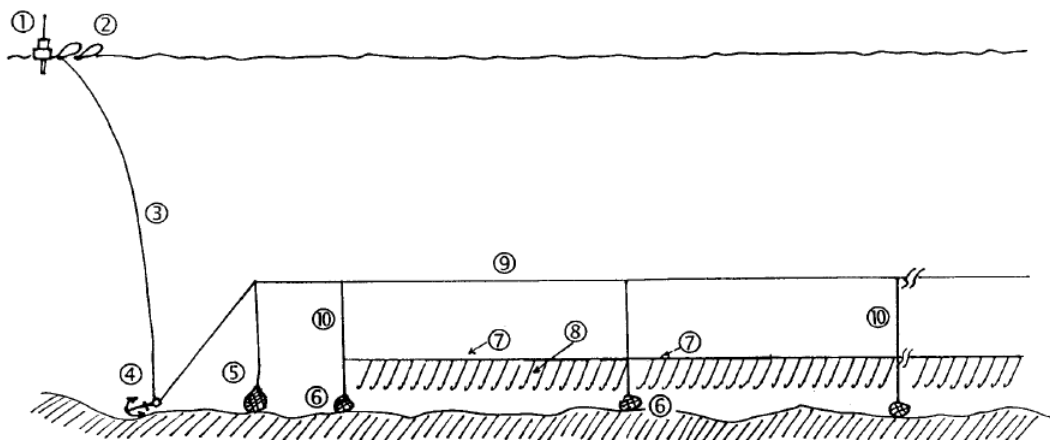


Figura 5.2: Configuración del palangre de fondo “tipo español”. 1 - Boya; 2 - Flotadores; 3- Línea de boya; 4 - Ancla; 5 y 6 - Anclas de piedra (potalas) ; 7 - Línea de pesca o línea madre; 8- Ramales (brazoladas) con anzuelos; 9- Retenida, y 10 - Barandillo.. Fuente: Manual del Observador CCAMLR.

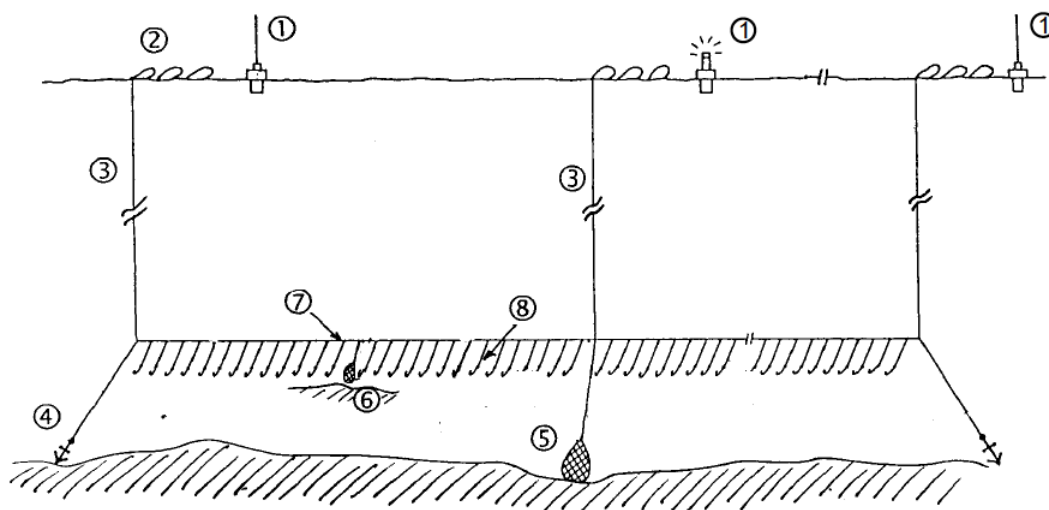


Figura 5.3: Configuración del palangre de fondo "japones". 1 - Boyas , 2 - Flotadores ; 3- Línea de boya; 4 - Ancla; 5 y 6 - Anclas de piedra; 7- Línea principal (línea madre), y 8- ramales (brazoladas) con anzuelos.. Fuente: Manual del Observador CCAMLR.

El número de anzuelos calados es una medida fácil de obtener, no obstante, el diseño del aparejo, la disposición de los anzuelos, el tamaño de los anzuelos entre otros factores también determinan el poder de pesca de un aparejo en particular. Por lo cual, se hace necesario analizar los cambios que han sufrido al menos los factores antes indicados a la luz de evidencia concreta que ello a sucedido.

En el caso de la cachalotera y el palangre español, las diferencias entre sus poderes de pesca fue detectada con datos de la pesca comercial y demostrada con datos experimentales obtenidos en la Pesca de investigación 2009, desarrollada por CEPES. Ambos análisis muestran que el poder de pesca de la cachalotera es mayor que el poder de pesca del palangre español, en presencia y ausencia de mamíferos (Leal y Rubilar 2008[39] ; CEPES 2010 [19]). Este aspecto también fue reportado por Brown et al. 2010 [14] , con mediciones experimentales realizadas en el área de pesca de Malvinas. Estos autores indican que la cachalotera tiene tasas de capturas mayores que el sistema español a bajas densidades.

Las diferencias en el poder de pesca entre ambos aparejos son atribuidas principalmente al mayor poder de atracción que ejerce el racimo de anzuelos cebados de la cachalotera sobre los peces, es decir la cachalotera posee una pluma de olor con mayor duración y difusión para atraer peces. Asimismo, la cachalotera mitiga la depredación por mamíferos y también poseería una mayor capacidad para retener de los peces enganchados debido al racimo de anzuelos . En el caso del palangre español versus el espinel de fondo japones no existen datos, fuera de los datos observacionales, que permitan analizar los poderes de pesca relativos.

5.1.4. Independencia de los anzuelos

En el caso del palangre español, del espinel de fondo japones y del sistema Mustad la independencia de los anzuelos no parece estar en duda, ya que aparentemente la captura de un pez en un anzuelo dado no influye de manera significativa en la captura de otro pez en un anzuelo contiguo. En el caso de la cachalotera esta situación no ocurre pues si un pez se engancha en uno de los anzuelos que componen el racimo, la probabilidad que se enganche un segundo pez, en especial otro bacalao de profundidad es muy baja. Datos colectados en esta pesca de investigación sobre un total de 6706 cachaloterías observadas en 108 lances elegidos aleatoriamente, indican que la probabilidad de capturar dos bacalaos en una cachalotera alcanza sólo el 0.0019, que expresada en porcentaje equivale a un 0.19 % (Tabla 5.1). Una probabilidad baja también ocurre para la combinación de un bacalao con uno de los otros peces que conforman la fauna acompañante.

En definitiva, más de dos peces por cachaloterías es un evento con muy baja probabilidad, tal como se muestra en la Tabla 5.1. Si un pez se engancha en uno de los anzuelos de la cachalotera, los demás pierden su efectividad, lo cual indica una fuerte interacción y una falta de independencia entre ellos. Dicho de otra manera, el racimo de anzuelos de la cachalotera es una unidad compleja, donde los anzuelos actúan en conjunto (no son independientes), por lo cual el poder de pesca de la cachalotera no puede ser medido por el número total de anzuelos que se deriva de multiplicar el número de barandillos

Tabla 5.1: Probabilidad de captura distinto número de ejemplares de bacalao y de fauna acompañante por cachalotera, expresada como porcentaje para un $n = 6706$ cachaloterías observadas en 108 lances. Fauna acompañante = Granaderos + Antimora+Rayas+Tiburones+Otros. Fuente: PIBAC 2011.

	Fauna acompañante (%)						
	0	1	2	3	4	5	8
0 Bacalao	62.36	16.23	5.33	1.08	0.06	0.01	0.01
1 Bacalao	11.11	2.88	0.58	0.08	0.05	0	0
2 Bacalao	0.19	0.03	0	0	0	0	0

por la cantidad de anzuelos del racimo.

5.1.5. Medición del esfuerzo de pesca

El esfuerzo de pesca del espinel comunmente se mide como el número de anzuelos calados. Esta medida usada en muchas pesquerías nacionales e internacionales, sólo incorpora a una de las componentes del esfuerzo, nos referimos al poder de pesca , dejando fuera al tiempo que el aparejo permanece activo, es decir al denominado tiempo de pesca.

Resulta curioso que en el caso del bacalao y otras pesquerías nacionales de palangre o espinel, se haya obviado esta segunda componente, mientras que en otras pesquerías como el arrastre este componente si es considerada. De acuerdo con la teoría y recomendaciones de la FAO, la medición del esfuerzo de pesca con cualquier arte o aparejo de pesca debe considerar la componente de tiempo. Así la definición correcta del esfuerzo de pesca para el Espinel tradicional español, dado que los anzuelos operan independientemente es:

$$f_i = \epsilon_i * \tau_i * p_i \quad (5.1)$$

Donde, f_i : es el esfuerzo de pesca del lance, ϵ_i i : es el número de anzuelos calados en el lance i , τ_i : es tiempo de reposo del lance i un proxí al tiempo efectivo de pesca, p_i es la proporción de anzuelos cebados.

En el caso de la cachalotera el esfuerzo de pesca, es el número de cachaloterías por el tiempo de reposo un proxí al tiempo efectivo de pesca, debido a que los anzuelos del racimo no son independientes, es decir:

$$f_i = \xi_i * \tau_i * p_i \quad (5.2)$$

Donde f_i : es el esfuerzo de pesca del lance i , ξ_i : es el número de cachaloterías caladas en el lance i y τ_i : es tiempo de reposo del lance i , p_i es la proporción de anzuelos cebados

de la cachalotera.

Tal como se señala en el Capítulo 4, específicamente en la sección estrategias de pesca, la disminución de los rendimientos de pesca y la acción depredadora de los mamíferos han tenido consecuencias importantes en las operaciones de pesca, como son el acortamiento de las líneas o caceas caladas, la realización de más de un lance por día, el balizado de líneas que se viran cuando aparecen las orcas y acciones evasivas para evitar los mamíferos. Esto ha provocado una alta variabilidad en los tiempos de pesca o de reposo de los lances comerciales, de manera que esta componente del esfuerzo de pesca no puede ser pasada por alto en un análisis de los rendimientos.

Varias publicaciones han mostrado el efecto del tiempo de reposo sobre los rendimientos de pesca (Skud, 1975[78]; Lokkeborg and Pina, 1997[43]). La relación entre los rendimientos de pesca y el tiempo de reposo es no lineal y asintótica. Skud (1975[78]) en el Halibut mostró que esta relación existe y que a tiempos excesivos de pesca la proporcionalidad entre la captura y la abundancia en torno al rango de efectividad del espinel se pierde porque operan factores como la saturación del arte, la pérdida de eficiencia de las carnadas y la depredación por carroñeros. Lokkeborg and Pina, 1997[43] señalan que el efecto del tiempo de reposo sobre las tasa de captura, existe pero que este no fue significativo, porque se vió enmascarado por otros factores que afectan la tasa de captura como por ejemplo, los sitios de pesca y la hora de calado en relación con los periodo de alimentación de la especie objetivo.

Datos de la pesquería y también aquellos recabados en las pesca de investigación 2010 (Rubilar y Zuleta, 2011[68]) y la actual muestran una variabilidad en los tiempos de reposo del lance, cuyo rango de duración observado puede ir de un par de horas hasta días (Figura 5.4). La distribución de frecuencias es asimétrica, tanto para el espinel tradicional como para la cachalotera, indica que existen una cantidad de lances con tiempos de reposo mayores a un día que podrían distorcionar los análisis de rendimientos. Los survey diseñados para medir abundancia, tienen mucho cuidado en elegir tiempos de reposo en un rango donde la captura sea proporcionalidad a la abundancia.

Los rendimientos de pesca de los buques Globalpesca I, Globalpesca II y Globalpesca III tienden a decrecer cuando los tiempos de reposo son mayores a 24 horas, en el caladero de Diego Ramirez desde el año 2006 al 2011 (Figura 5.5). Lances con tiempo de reposo mayores a un día por lo general son causados a situaciones de alteración de la operación habitual causadas en su mayoría por la presencia de orcas en el virado y la decisión de balizar o moverse hacia otro lugar dejando líneas en el agua. En lances con tiempos de reposo menores a 24 horas se observa una tendencia a crecer con el tiempo de reposo, no obstante tambien existe una alta dispersión de los rendimientos en relación con un tiempo de reposo. Esta situación puede ser causada por varios factores, entre ellos por una alta variabilidad temporal y espacial de la abundancia. Sin embargo,

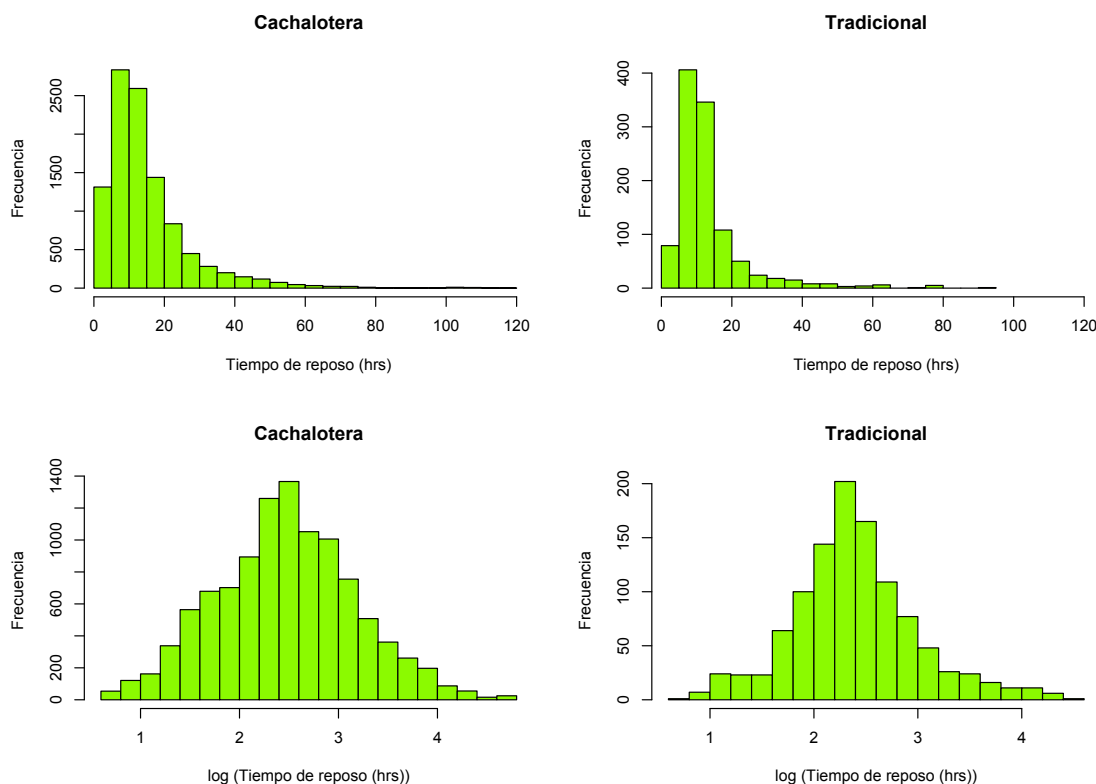


Figura 5.4: Tiempos de reposo en lances de pesca con Palangre español (indicado en la figura como *Tradicional*) y Cachalotera. Fuente: Base de Datos de CEPES. Años 2006-2011

esto no invalida la propuesta teórica que la tasa de captura disminuye de manera no lineal con el tiempo de reposo, la cual podría ser visualizada mejor en condiciones que permitan controlar otros aspectos que enmascaran dicha relación.

Cuando el análisis se realiza a nivel de barcos, en este caso tomando como ejemplo al BF Globalpesca I, se observa una clara tendencia a crecer y estabilizarse a partir de las 18 horas de reposo (Figura 5.6). Los rendimientos a tiempos de reposo mayores a 24 horas son menos concluyentes ya que la cantidad de datos para ellos es baja.

5.2. CPUE estandard

Tanto IFOP como CEPES en los años anteriores han optado por construir una única serie de CPUE, usando como unidad de esfuerzo el número de anzuelos. Sin embargo, CEPES puso en duda que el número de anzuelos sería una medida adecuada del esfuerzo y también puso en duda la equivalencia entre el efecto de un anzuelo del palangre español con un anzuelo del racimo de la cachalotera. En las pescas de investigación del

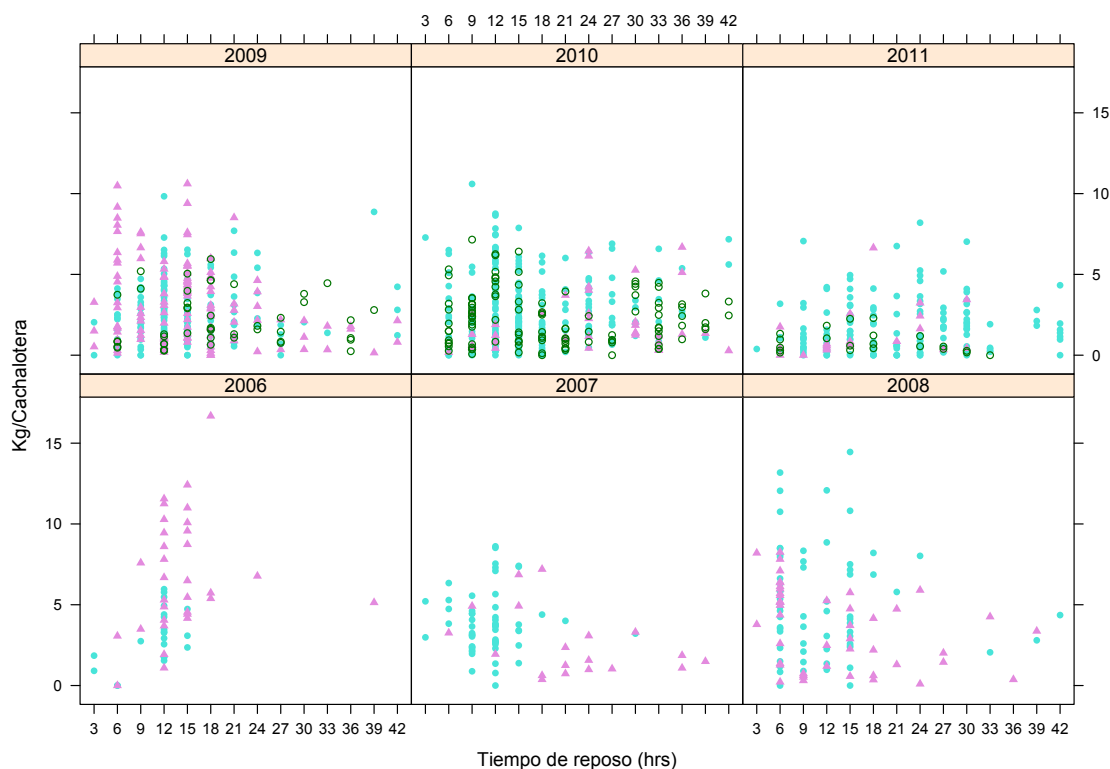


Figura 5.5: Rendimientos de pesca del lance con cachalotera en relación con el tiempo de reposo para los BF Globalpesca I, Globalpesca II y Globalpesca III en el caladero de Isla Diego Ramírez entre los años 2006 y 2011. Fuente: Base de Datos de CEPES. Años 2006-2011

año 2009, 2010 y 2011 se han reunido los antecedentes suficientes para corroborar lo indicado por CEPES.

La construcción de una única serie de CPUE estandar para todo el período de la pesquería usando como medida del esfuerzo al número de anzuelos sin distinguir el cambio de arte de pesca como ha procedido IFOP o bien usando una transformación para convertir el poder de pesca de la cachalotera en poder de pesca del palangre español mediante el número de anzuelos como lo hizo CEPES, no es correcto. Esta aproximación tiene los siguientes problemas; 1) un anzuelo del palangre español no es equivalente a un anzuelo del racimo de la cachalotera, dado que en el palangre español los anzuelos operaran independientemente no así en la cachalotera donde un anzuelo no es independiente de otro anzuelo en el racimo. En la cachalotera si se puede asumir que cada racimo del barandillo es independiente y que este racimo actúa como una unidad.

Hasta el momento se ha trabajado como si el tiempo de reposo no tiene ningun efecto

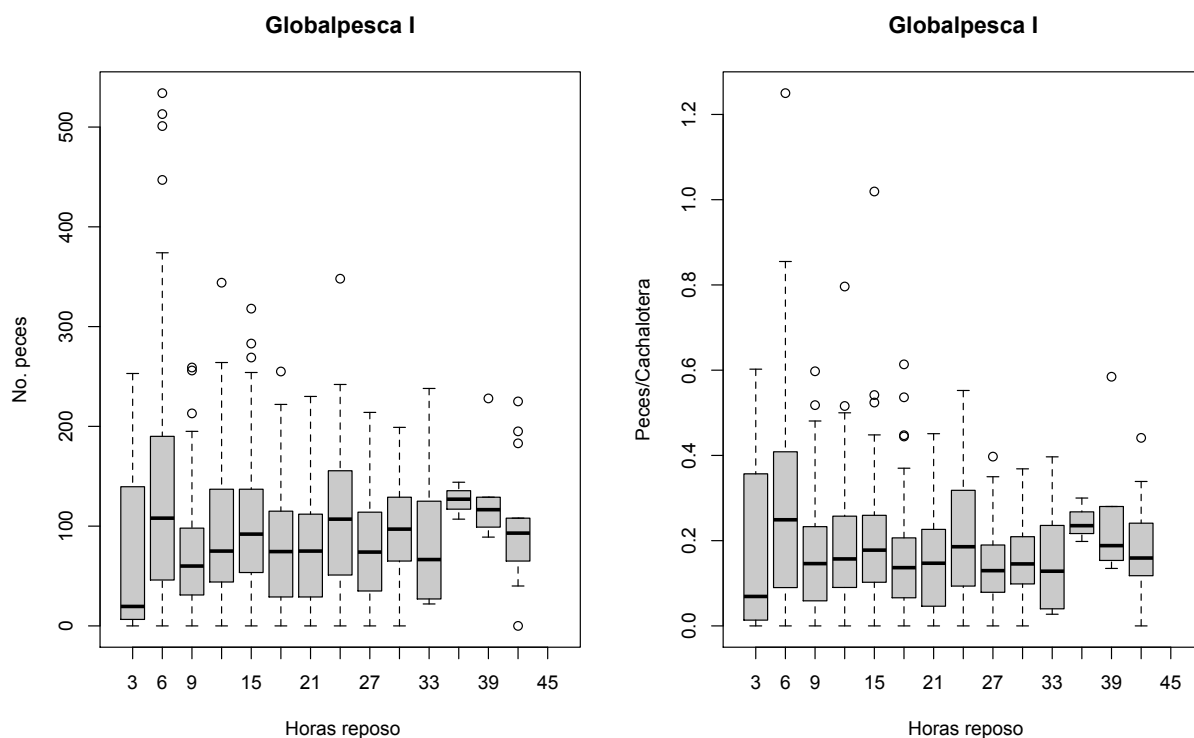


Figura 5.6: Rendimientos de pesca del lance con cachalotera en relación con el tiempo de reposo para el BF Globalpesca I, en el caladero de Isla Diego Ramírez entre los años 2006 y 2011. Fuente: Base de Datos de CEPES. Años 2006-2011

sobre la tasa de captura. En esta pesca de investigación se ha mostrado que tiempos de reposo mayores a 24 horas la tasa de captura disminuye, por lo cual parece adecuado seleccionar datos con tiempos de reposo entre 5 y 24 horas para la construcción del índice de CPUE estandar.

Lo anterior se refiere a la medida del esfuerzo de pesca que se ha usado y cual sería adecuado usar en los próximos análisis. Sin embargo, hoy se estaría en condiciones de construir dos series de CPUE. Una para el espinel tradicional que comprenda desde inicios de la pesquería hasta el año 2007 y otra para la cachalotera con una cobertura entre el año 2006 y 2011.

Desde el punto de vista de los datos disponibles para construir las series de CPUE propuestas, el problema que enfrentamos hoy, más que poder identificar los lances ejecutados con espinel tradicional y con cachalotera, es el cálculo de las horas de reposo antes del 2006 y que afecta completamente a la serie de palangre español. Lamentablemente CEPES no cuenta con esta información, lo cual le impide construir el índice

de estandarizado de CPUE del palangre español. Sin embargo, el Comité Científico del bacalao esta promoviendo que las instituciones recolectoras de datos (IFOP y CEPES) puedan poner a disposición de esta instancia los datos necesarios para su realización. Ante este escenario, la estandarización queda pospuesta y sus resultados serán informados mediante una adenda a este informe si las gestiones del Comité Científico llegan a buen término.

Capítulo 6

Objetivo 3. Diseño de un programa de mercado

6.1. Introducción

Reconociendo la necesidad prioritaria de datos independientes a los generados por la actividad comercial en esta pesquería, manifestada en reiteradas ocasiones por los evaluadores y el Grupo de Trabajo del Bacalao/GT-BAC del Comité Científico de la PDA, surge la idea, en el contexto del programa de investigación colaborativa entre los Operadores del Bacalao (OBAC) y la Subsecretaría de Pesca de Chile (SUBPESCA), de realizar un experimento de marcaje en este recurso, dado que ofrece una mayor factibilidad operativa y metodológica que otros métodos, tales como área barrida, survey acústicos, etc., para recabar información adicional útil para la conservación del recurso y sustentabilidad de su pesquería.

El Programa de investigación colaborativo nació el año 2007 mediante un acuerdo entre SUBPESCA y los OBAC para recoger los aportes de estos últimos a la investigación (Zuleta y Rubilar, 2011[87]), lo cual ha sido considerado recientemente por SUBPESCA como un medio válido y propicio para realizar investigación al manifestar, en el Doc. Téc. UPAP Nr. 1-2010 titulado “Lineamiento de la investigación 2011-2012”¹, lo siguiente: “ *En consideración a los altos costos que involucra la realización de acciones de investigación en pesquerías de aguas profundas, en general, y atendiendo a las restricciones presupuestarias del sector público, se identifica una estrategia de financiamiento de carácter colaborativa (público-privada) como mecanismo adicional al financiamiento del Estado, para sustentar las investigaciones requeridas (que se detallan a continuación) y, de esa forma, posibilitar la realización de investigaciones que esta Subsecretaría de Pesca considera necesarias emprender en el corto y mediano pla-*

¹Documento de discusión que recoge las principales líneas de investigación consideradas prioritarias por el GT-BAC.

zo.”.

Así el presente documento aborda el diseño, la implementación y la evaluación del programa de marcaje y recaptura en la pesquería del bacalao de profundidad Chilena, uno de los objetivos del proyecto de pesca de investigación bacalao 2011 denominado “*Monitoreo pesquero- dependiente de la abundancia del bacalao e interacción de mamíferos con la pesca en el área lícitada*”, que ejecuta el Centro de Estudios Pesqueros S.A., por encargo de los OBAC para SUBPESCA.

Un experimento de marcaje, basado en un programa de trabajo con objetivos claros, brinda la oportunidad de generar datos que pueden ayudar a contrastar la validez de una serie de hipótesis de trabajo, muchas de las cuales han sido usadas como supuestos en los modelos de evaluación y análisis pesqueros, así como también a generar nuevos datos para apoyar directamente la evaluación de stock y medidas de manejo de la pesquería.

6.1.1. El problema del status en la pesquería chilena de bacalao

En esta pesquería existen dos aspectos claves que año tras año han venido introduciendo incertidumbre e incluso han invalidado las cuantificaciones realizadas en el marco decisional; nos referimos de manera particular a los problemas: 1) de identidad del stock/población bajo gestión y 2) la falta de información independiente de la pesca para la determinación del *status*² de dicho stock.

Estructura e identidad del stock

Tradicionalmente en Chile, se ha considerado la existencia de un único stock a lo largo de la costa, de carácter cerrado con una zona de reproducción en el talud continental frente a Tierra del Fuego en el extremo sur de Chile, en base a los antecedentes aportados principalmente por Young et al. (1992)[86], Ferrada et al. (2008)[23]. Sin embargo, el año 2010, la evaluación de stock realizada bajo este supuesto fue puesta en duda, mediante la información surgida en estudios e hipótesis formuladas por Ashford et al. (2005)[4], Ashford et al. (2006)[5], Ashford & Jones (2007)[6] y Ashford et al. (2008)[7], llegando en su momento a considerarse que no se contaba con una evaluación de stock confiable ni otros antecedentes independiente que permitiera establecer adecuadamente el *status* (Subpesca, 2010)[81] .

²Estatus, o *status* en su forma latina pura, es el estado o posición de algo dentro de un marco de referencia dado.

La mejor información disponible indica que el contingente presente en aguas chilenas (stock chileno), recibiría aportes desde otros lugares (reclutas a distintas edades vía difusión de los peces a través de las corrientes) y también aportaría a otras pesquerías en el cono sur de América. Esta nueva concepción de interdependencia con otras pesquerías derivada de los estudios genéticos y oceanográficos han planteado que la sustentabilidad de la pesquerías de Argentina y Malvinas, incluida obviamente la pesquería chilena en su componente industrial y artesanal, dependen directamente del área de reproducción ubicada en aguas territoriales chilenas de Tierra del Fuego (Ashford et al. 2007[6] y Ashford et al. 2012[8]). Es así como la fracción de la población presente en aguas chilenas de Tierra del Fuego, constituye la población fuente y que la fracciones explotadas por Argentina (específicamente aquella que ocurre en talud continental Argentino), la de Malvinas por el Reino Unido y la ubicada al norte del paralelo 47° en Chile donde opera la flota artesanal, constituirían poblaciones sumideros, en términos de la hipótesis de poblaciones fuentes y sumideros de Pulliam (1988)[59]. La filopatría ocurriría en una parte de los peces los cuales una vez alcanzada la edad o talla de madurez seran capaces de retornar a las áreas de desove y se ajustarian a la “*parent stream theory*” (Harden Jones, 1968)[30]. En cambio aquellos que han difundido a través de las corrientes y especialmente aquellos ejemplares que han alcanzado la boyantes neutra se transforman en vagabundos, ajustándose ambos casos, de manera general, a la hipótesis de miembros/vagabundos plantada por Sinclair (1987)[76].

Falta de información independiente

Las evaluaciones de stock realizadas anualmente, apoyadas por más de 20 años sólo con la CPUE estandarizada como índice de abundancia, no han proporcionado estimaciones confiables del *status*. La CPUE estándar, además de no ser independiente de la pesquería tiene una serie de deficiencias que no han sido bien abordadas, como:

1. El sesgo que puede surgir debido a la naturaleza desigual y cambiante de la distribución espacial del esfuerzo (Campbell, 2004[17])
2. Su falta de sensibilidad con los fenómenos de hiperagotamiento e hiperestabilidad.
3. En la construcción de este índice no se ha reconocido:
 - Los cambios tecnológicos introducidos en el arte de pesca. En la pesquería chilena se ha transitado desde el uso del espinel tradicional en el período 1989-2007 al uso de las cachaloterías desde 2006 a la fecha, permuta que en definitiva ha implicado un cambio en el poder de pesca (Brown et al. 2010[14], CEPES 2010[19]).
 - Las interacciones producidas por los mamíferos marinos, las cuales afectan directamente los niveles de captura (Purves et al. 2004[62]; Hucke et al. 2004[35]; Roche et al. 2007[67]; Tixier et al. 2010[82]).

- Innovaciones tecnológicas introducidas en el arte de pesca “Cachalotera”, que ha significado en un corto período el uso de muchas variantes de este arte (Moreno et al. 2008[50]), y
 - La introducción al menos experimental y de uso esporádico de espantaorcas (ORCASAVER), cuyo efecto no ha sido recogido por los sistemas de observación y seguimiento de manera adecuada.
4. La poca atención y prolijidad que se ha puesto en la medición de la captura y del esfuerzo de pesca, un tema histórico :
- En el caso de la captura hay una clara subestimación al no considerar en su medición las pérdidas ocasionadas por la depredación y los peces desechados (Rubilar y Zuleta, 2011[68]).
 - El número de anzuelos calados, usado históricamente, no es una medida correcta para el esfuerzo pesquero porque no incluye al tiempo de pesca y otros factores que determinan la eficiencia de los artes de espinel y sus variantes (Skud 1972[77]; Skud 1975[78]; Skud et al. 1978[79]; Rubilar y Zuleta, 2011[68]).

El marcaje y recaptura, es una herramienta que ha sido usada para examinar los movimientos geográficos y batimétricos, parámetros biológicos, tasa de mortalidad, comportamiento y para estimar tamaños poblacionales en las poblaciones de bacalao de profundidad (Collins et al. 2010[21]). Específicamente se han usado en la evaluación de stock de la Isla Macquaire (Tuck et al. 2003[84]), en la división 54.5.2 de CCAMLR (Candy & Constable, 2005[18]) y del stock de Georgia del Sur (Hillary et al. 2006[33]). Sin duda que este último aspecto es el más atrayente para la implementación de un programa de marcaje y recaptura en la pesquería chilena, donde existe una imperante necesidad de contar con estimaciones confiables de los tamaño poblacional existente. En dicho sentido un experimento de marcaje bien concebido, aportaría información:

- Al modelo conceptual que adolece de antecedentes sobre las tasas de inmigración, emigración o difusión, con el Atlántico y, en aguas nacionales con el área al norte de los 47°S; permitiendo poner a prueba la hipótesis de miembro/vagabundo de Sinclair (1987)[76] y la de población fuente y simidero (Pulliam 1988[59]) planteadas por Ashford et al. (2012)[8].
- La generación de datos independientes de la pesca que pueda ser usada directamente en la evaluación de stock a través de modelos integrados (tradicionales y/o nuevos integrados) como los propuestos e indicados por Maunder (2003)[48] y Polacheck et al. (2010)[56].

La generación de datos independientes y la aplicabilidad de las hipótesis relacionadas con la estructura del stock, podrían tener repercusiones muy importantes para sustentar adecuadamente la evaluación de stock, el establecimiento del status y el manejo de esta pesquería.

6.2. Diseño

6.2.1. Racionalidad del programa

El presente documento contiene la propuesta inicial del programa de marcado y recaptura para el bacalao de profundidad, a implementar durante el año 2012 en aguas jurisdiccionales chilenas, con participación activa de la flota bacaladera industrial que opera en la Unidad de Pesquería Licitada (UPL).

El programa que se propone está orientado no sólo a conocer aspectos relacionados con la biología y ecología de este recurso, sino que en su parte medular a generar datos independientes de la pesca que ayuden a sustentar mejor la evaluación de stock, uno de los requerimientos fundamentales para el sistema de manejo de esta pesquería. Bajo esta perspectiva los temas abordados constituyen propuestas metodológicas y operativas para su diseño, implementación y evaluación, que deben ser discutidas con los actores de la pesquería. Este documento tiene como única finalidad facilitar o encaminar la discusión del diseño del programa en todos sus aspectos y alcances.

Como se indicó anteriormente una de las herramientas emergentes y desafiantes para la evaluación de stock es el uso de datos de marcaje y recaptura, puesto que ellos constituyen una alternativa real y directa para recopilar datos e información independiente de la pesquería.

La ejecución de un programa de marcado y recaptura que apunte en su parte medular a la generación de datos y a mejorar el conocimiento de la estructura del stock de este recurso en Chile; constituye una alternativa importante que debe ser considerada por el sistema de manejo de la pesquería.

De acuerdo con la experiencia adquirida en otros recursos y en el bacalao mismo, hoy existe un estado del arte que permite incorporar información de marcaje hacia modelos de evaluación integrados de acuerdo con los nuevos enfoques de evaluación a nivel internacional (Ver Anexo 1). Los beneficiados con la ejecución de un programa de esta naturaleza son sin duda la pesquería industrial, la pesquería artesanal y la administración pesquera.

6.2.2. Objetivos del programa

Un programa de marcado para ser exitoso y alcanzar las metas propuestas debe contar con objetivos claros y bien definidos (Polacheck et al. 2002[53], Thorsteinsson 2002[83], Anon 2007[2]). Muchos de los datos de marcaje existentes han sido obtenidos desde experimentos con diseños pobres o desde experimentos sin diseño de ahí su poco aporte o valor como input a la evaluación de stock y a la asesoría para el manejo. Existe poca

literatura sobre el tema, lo cual puede tener su causa en que papers sobre diseños son considerados menos interesantes o importantes que papers que presentan los resultados de los estudios (Anon 2007[2]). La primera parte de un diseño de un estudio de marcaje es determinar el objetivo del estudio, es decir cual es el principal output y como los datos generados deben ser usados o como ellos deben ser incorporados hacia la evaluación de stock y en definitiva hacia el proceso de manejo.

Una vez establecido los objetivos, se necesita determinar los detalles del programa. Por ejemplo, ¿cuántos peces deben ser marcados para obtener la precisión deseada?. Esto depende de varios factores, tales como la tasa de reporte y la tasa de explotación. ¿Cómo se deben usar los recursos siempre limitados?. Se debería establecer por ejemplo si marcar más peces o muestrear la captura de forma más acuciosamente?. Ambas acciones tienen costos diferentes. Por ejemplo, más esfuerzo (=mayor costo) se requiere para muestrear las capturas y recobrar las marcas, si los investigadores no confían en los pescadores o del proceso de reporte.

El principal objetivo del programa propuesto es *generar datos independientes* de la actividad comercial que permitan para fortalecer los indicadores de abundancia de la evaluación de stock y también dilucidar algunos aspectos claves de la estructura e identidad del stock chileno que se derivan de la propuesta de Ashford et al. (2012[8]); mediante un experimento de marcado y recaptura en la Unidad de Pesquería Licitada.

Los temas recogidos en el objetivo del programa son claves para la gestión de la pesquería, tal como se indica en los puntos 3.1.1 y 3.1.2. También permite igualar la colecta de datos, la toma de información y análisis pesqueros al estándar internacional aplicado en otras pesquerías de este recurso, en particular con los programas de Argentina, Reino unido, Australia y Nueva Zelanda.

6.2.3. Subprogramas

La revisión del estado del arte y de las experiencias de marcaje a nivel internacional indican que el éxito un programa de marcado, además de contar con objetivos claros y precisos, necesita diferenciar y fortalecer los siguientes componentes: 1) Subprograma de marcaje y liberación , 2) Subprograma de recuperación y reporte de marcas y 3) la estimación de los parametros poblacionales para los cuales se diseño el experimento (Ver Anexo A). Estos subprogramas se encuentran interrelacionadas de una manera secuencial, no obstante, necesitan ser tratados de manera independiente en el diseño pues tienen problemáticas especificas que necesitan ser atendidas adecuadamente.

Subprograma de Marcaje y liberación

Población objetivo

El programa de marcaje propuesto centra su interés en el stock patagónico localizado en el talud profundo frente a las costas chilenas en la llamada Unidad de Pesquería Licitada, con especial referencia a aquella fracción que se ubica al sur del Estrecho de Magallanes, es decir desde los 53°S hasta el límite sur con la República Argentina, que ha sido considerada como el área fuente que abastece o sostiene las pesquerías del Pacífico, de Argentina y Malvinas (Ashford et al. 2012[8]).

Al igual que en CCAMLR, es deseable que el marcaje cubra todas las edades del stock; sin embargo, existen razones que restringen el marcado a peces bajo los 100 cm de LT, cuyas edades se encuentran parcialmente reclutadas al stock adulto en el área donde opera la flota bacaladera industrial, y a los pre-reclutas disponibles a la pesca de palangre industrial de la PDA en el mar exterior. Las razones que justifican lo anterior son: 1) la mayor resistencia que presentan los peces jóvenes al brotrauma y a los daños por manipulación durante el izado (Reyes et al. 2012[65]), 2) la mayor facilidad de manipulación que ofrecen los peces jóvenes para el marcaje a bordo, 3) la menor tasa de mortalidad observada en peces jóvenes durante su aclimatación en cautiverio, lo cual es un aspecto muy importante de tener en cuenta para su sobrevivencia post-liberación, y 4) el alto valor económico que alcanzan los peces de tallas mayores que dificulta disponer de un número adecuado para los objetivos del programa.

En definitiva la población objetivo del programa son los bacalaos juveniles y adultos jóvenes que captura la flota palangrera industrial como especie objetivo y aquellos peces juveniles que se capturan incidentalmente en las pesquerías de palangre industrial de merluza del sur y congrio dorado de la PDA. El marcaje en estas dos últimas pesquerías se debe evaluar con los operadores que destinan esfuerzo de pesca a la pesquería objetivo e incidental.

Áreas de marcado y liberación

La UPL fue dividida en 5 subáreas que corresponden con las áreas en que históricamente se han concentrado las actividades de pesca (Figura 4.1). El número de animales marcados será proporcional a las capturas históricas en ellas se han registrado. La idea de cubrir toda la UPL radica en la necesidad de determinar los desplazamientos de los peces y la conexión entre la UPL y el área artesanal. En general, los datos provenientes de la pesca señalan que en el área contigua de la UPL con el área artesanal, se concentran mayoritariamente peces jóvenes. En cambio al sur del Estrecho de Magallanes y en especial al sur de los 55°S se concentra el stock reproductor.

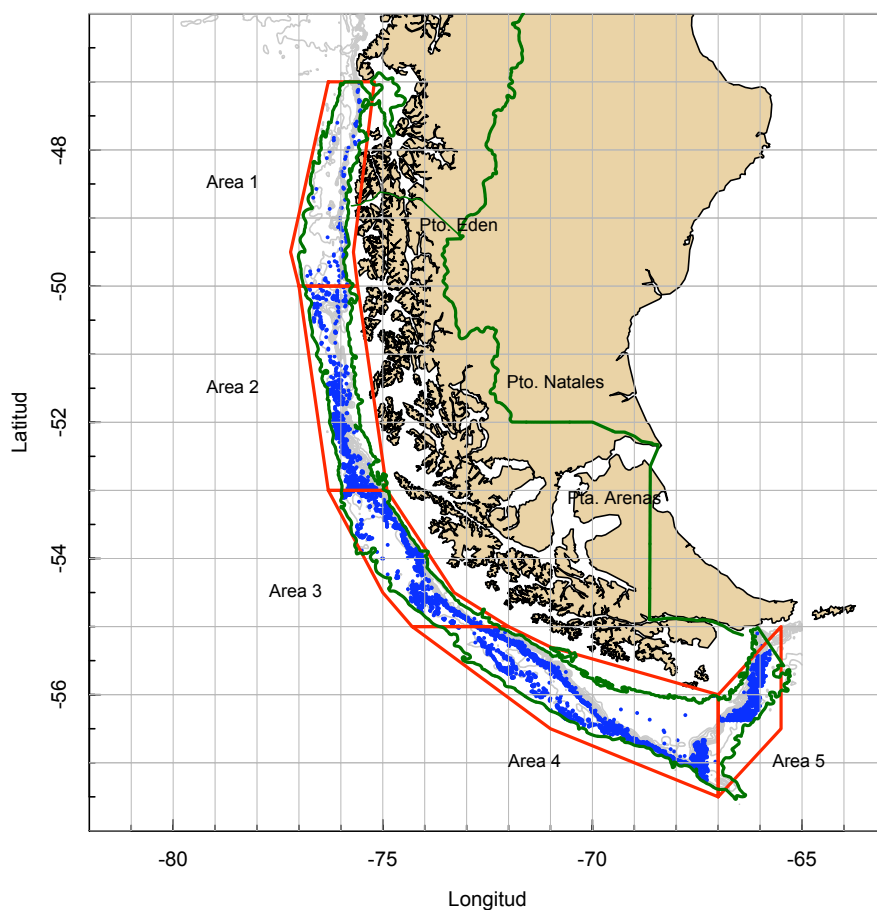


Figura 6.1: Áreas propuestas para realizar marcado en el recurso Bacalao de profundidad.

Intensidad y duración del marcaje

La interrogante sobre el número adecuado de peces a marcar para obtener estimaciones confiables de los parámetros de interés y en cuanto tiempo esto sería posible, no es fácil de responder. En los diversos programas de marcado que se han realizado o se están realizando sobre esta especie, se ha optado por marcar entre 1 a 2 peces por tonelada de peces capturados. De acuerdo con los datos proporcionados por la CCAMLR, el número de peces marcados en las distintas subáreas ha sido variable en el tiempo (tabla 13 y 14 del SC-CAMLR-XXIX-2010, Anexo 8³). Desde el año 2000 a la fecha,

³Informe del Grupo de Trabajo para la Evaluación de Poblaciones de Peces (Hobart, Australia, 11

se han logrado en las divisiones 88.1 y 88.2, correspondientes al Mar de Ross, tasas de recaptura de un 4,9 % y 7,9 %, respectivamente; las cuales se han obtenido con una exigencia de marcar 1 pez por cada tonelada de captura viva. Metas no inferiores a ellas sería recomendable implementar en Chile. Bajo esta perspectiva, se debiera también marcar como mínimo 1 pez por cada tonelada capturada, lo cual en base a los niveles de cuotas y capturas actuales en la pesquería chilena industrial, arrojaría en torno a los 3.000 peces marcados y liberados por año.

El programa Argentino, desde el 2004 al 2010 lleva marcado 3827 peces y se han recapturado 35 ejemplares, lo cual indica una tasa de recaptura menor al 1 %. Su protocolo de marcado indica que los buques que realicen actividades de pesca sobre la Merluza Negra tienen como obligación marcar 2 peces por tonelada capturada, colocando una marca por pez y dos cada 10 peces⁴). INIDEP⁵ atribuye el bajo número de animales recuperados al bajo número de animales marcados que en promedio ha sido de 550 animales por año, también a la falta de interés por reportar las recapturas, a la baja sobrevivencia y la pérdida de marcas.

Tamaño de la muestra

Iniciar el programa, considerando una muestra a marcar y liberar de 12000 peces en un período de 4 años, para una tasa de retorno de marcas de un 5 % (valor mínimo derivado desde el programa del Mar de Ross) y así obtener en torno a 600 peces recapturados. Este tamaño de muestra inicial podría ser corregido cuando exista información sobre las tasa de retorno de nuestro programa. Adicionalmente, el tamaño de la muestra puede ser afinada simulando la población total, la población marcada, el proceso de captura y reporte de las marcas.

Marcar y liberar 12000 peces implica una tasa de marcado entre un 5 % a un 15 % de la fracción juvenil, si se tiene en cuenta las estimaciones de biomasa realizadas por IFOP (Quiroz 2011[64]) y CEPES⁶, con un peso promedio de los peces en la captura de 9,9 kg⁷ y una fracción de peces bajo los 75 cm en la captura del 8,7 % (valor promedio en el período 2006 al 2008).

La generación de datos de marcaje y recaptura para la evaluación de stock requiere, además del registro de las tasas de recaptura, de un registro preciso de la “captura

al 22 de octubre de 2010)

⁴Protocolo de Marcado de la Especie Merluza Negra (*Dissosstichus eleginoides*) a bordo de la flota comercial Argentina, Año 2008. Documento técnico No.1 INIDEP, del 06-Feb.2008, 16 págs. Copia Electrónica.

⁵Situación de la pesquería de Merluza Negra (*Dissosstichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Año 2010. Documento Técnico Oficial No. 13, del 27 abril 2011, 10 págs. Copia Electrónica.

⁶Status y CTP 2010, Principales recursos de la PDA y Aguas Profundas. Documento CEPES

⁷Idem 4

lance por lance”, ya que esta constituye la muestra examinada para detectar los peces marcados. La mejor aproximación a la captura del lance es la captura nominal, la que se obtiene sumando de la captura procesada, la captura depredada y la captura de desechada en cada lance. Asimismo, considerar las pérdidas de marcas que podrían ocurrir por la acción de mamíferos marinos, un efecto importante a nivel lance en esta pesquería. Hay que tener presente y analizar el efecto estacional de ocurrencia de este fenómeno sobre las tasas de retorno, el cual se ha visto que se acrecienta durante fines de invierno y comienzos de primavera, es decir durante el período reproductivo (ver Informe PIBAC 2010, Rubilar y Zuleta, 2011[68]).

Duración del marcado

El período de marcado tendrá una duración suficiente hasta alcanzar el número mínimo deseado de 12.000 peces. A razón 3.000 peces por año, es decir una tasa de marcado de 1 pez por cada tonelada capturada, se necesita un mínimo de 4 años de marcado y liberación. Si se marca un número mayor de peces por tonelada capturada entonces se podría reducir el período de tiempo para alcanzar la meta.

Método de marcado

Se usará “*Técnica de marcado en agua y liberación por mano*”, ya que permite asegurar una mayor y mejor condición del pez al momento de su liberación, disminuyendo su probabilidad de morir una vez que entra al mar. Esta técnica, probada durante la Pesca de Investigación 2010, mostró los mejores resultados en relación con las otras técnicas de marcaje y liberación ensayadas (Rubilar y Zuleta, 2011[68]). En general es muy parecida a la técnica de marcado usada por Argentina e Inglaterra, en los programas de marcado sobre este mismo recurso en sus aguas jurisdiccionales. Como antecedente, en el programa de marcado Argentino, el pez se mantiene por 15 minutos en el agua para que se recupere, luego se marca y libera.

Se usarán las marcas externas tradicionales, tipo T-Bar Anchor, recomendadas por la CCAMLR a sus países miembros que realizan experimentos de marcado en *Disosstichus spp.* Las marcas de anclaje (T-Bar Anchor) y las versiones modernas como Floy T-bar son probablemente las etiquetas más comunes de uso hoy. Estas marcas o etiquetas se adjuntan a los peces por un monofilamento de nylon con un anclaje en forma de T. El sitio de unión es en su mayoría en la base de la primera aleta dorsal. La etiqueta en sí es un tubo cilíndrico de plástico en varios colores con un código de identificación escrito sobre él, generalmente con las instrucciones de devolución (Figura 4.2).

Las ventajas de estas marcas radican en que son baratas, fáciles y rápidas de aplicar, útiles para un amplio rango de tamaños y número de peces, fáciles de detectar y alta retención. Su numeración permite la identificación del pez en forma individual, pro-

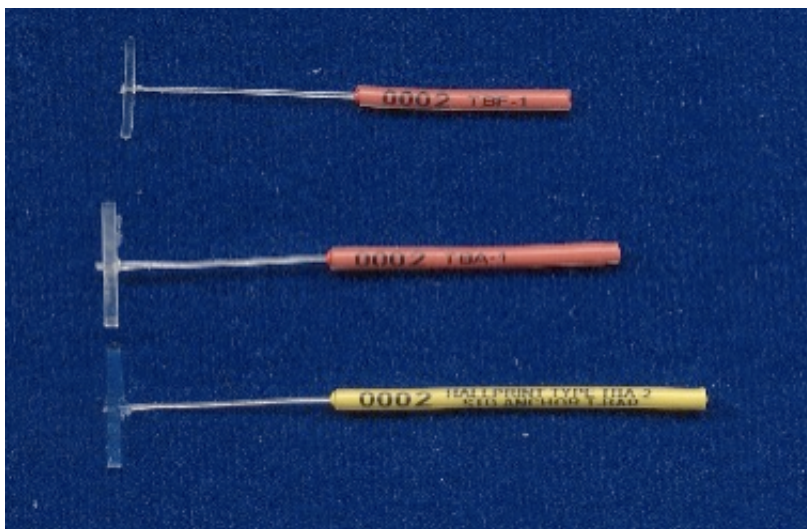


Figura 6.2: Etiquetas o marcas externas tipo T-Bar Anchor de Hallprint Ltda., para realizar marcado en el recurso Bacalao de profundidad.

porcionan espacio para imprimir información y fomenta los retornos de las marcas de todas las pesquerías. Este tipo de marcas por su bajo costo puede proporcionar un gran número de retornos y suficientes datos para análisis estadísticos y de evaluación. Las desventajas que ellas pueden presentar son el limitado espacio para la información de identificación, no proporcionan información del pez entre su marcado y recaptura, tienen una tasa de retorno variable, pueden en algunos casos afectar el crecimiento y provocar con alguna probabilidad enfermedades y bajar la sobrevivencia, debido a la penetración de la piel, proporcionando una ruta para infecciones.

Protocolo para el marcado o etiquetado

El proceso de marcaje o etiquetado a usar por las personas que llevarán a cabo este proceso se muestra en el Anexo B. En el se describen el proceso de selección de los peces, su manipulación durante su elección, traslado, marcaje y liberación. Este documento indica los pasos prácticos que se deben llevar a cabo para la aplicación de la técnica de marcado elegida, el equipamiento, su uso y mantención.

Subprograma de recuperación de etiquetas

La fase de recuperación de marcas es tan importante como la fase de marcado. Muchos de los fracasos de experimentos de marcado han sido causado por la poca atención y mala planificación con que se aborda esta etapa. Generalmente existen dos formas básicas de llevar adelante la recuperación de etiquetas: 1) cuando un equipo de investigadores realizan todo el proceso de marcado como de recuperación de las marcas; y

2) la segunda es cuando todo el proceso de recuperación y reporte de marcas queda en manos de terceros. Sin duda que la primera es la ideal, pero es altamente costosa, ya que implica desplegar una gran cantidad de observadores a bordo de cada uno de los barcos que conforman las flotas involucradas.

A nivel de la flota industrial bacaladera chilena habrá una línea de trabajo mixta, con observadores y personas de la tripulación encargados y designados para la realización del proceso completo (Marcado y recuperación). Esto implica una participación activa de la industria en el proceso de marcado y de recuperación, lo cual es un diseño innovador en Chile y que está en el espíritu del Programa de Investigación colaborativa entre los OBAC y SUBPESCA.

Esto pone de manifiesto la importancia de la participación de la industria en la investigación y viene a convertirse en la prueba de fuego para la denominada investigación colaborativa entre los pescadores, la administración y los científicos, que muchas veces se pregonaba como posible. CEPES es optimista en este sentido, ya que ha tenido buenas experiencias de cooperación de los pescadores en los trabajos de investigación realizados en las PIBAC 2009, 2010 y 2011. Esto no quiere decir que todo este solucionado sino que puede llegar a ser muy buena y convertirse en un ejemplo nacional.

En el Anexo B, se indica de manera estructurada como se debe proceder cuando se detecta una marca recapturada. Se indica los datos que se deben registrar en el “Formulario de recaptura” para cada ejemplar de bacalao de profundidad recapturado (longitud total, peso, sexo, estado de madurez, y los demás datos relacionados la posición, fecha de la recaptura, el arte usado, etc.). Asimismo se indica como el observador o encargado, debiera proceder para enviar los datos anteriormente aludidos y las muestras recolectadas.

6.2.4. Difusión del programa de marcaje

A nivel nacional

A nivel nacional se difundirá el programa de marcado, además de la flota bacaladera industrial, en la flota espinilera industrial de la PDA y en la flota bacaladera artesanal.

En cada una de ellas se difundirán los objetivos del programa mediante posters de difusión y videos informativos; también los investigadores y observadores del programa realizarán charlas para difundir el programa en forma directa. Todo este trabajo estará orientado a animar a las tripulaciones de dichas flotas a involucrarse activamente en el programa, para lo cual se contempla entre otras cosas el otorgamiento de recompensas a las personas o tripulaciones, según ellos se organicen para el marcado

de peces, detección y reporte de marcas.

En cada buque de la flota bacaladera industrial habrá un encargado (observador o tripulante) que durante la marea se encargará del marcado y de la recuperación de las marcas, tomando y enviando todos los datos de las recapturas, de acuerdo con los protocolos de trabajo de cada etapa. Este encargado recibirá un incentivo de acuerdo con la calidad y eficiencia del trabajo.

A nivel internacional

Se dará a conocer el programa en Argentina y Malvinas. En el primer caso a través del INIDEP con quienes se tratará de establecer un convenio de reporte, dado que en Chile se han capturado varios peces marcado del programa Argentino, actualmente en ejecución. También, se hará una difusión a nivel del Departamento de Pesquerías de Malvinas y en la CCAMLR dada la probabilidad que en aguas del Atlántico bajo su gestión también se pueda capturar algún pez marcado en Chile.

Finalmente, se hará extensivo dar a conocer el programa hasta el Perú, específicamente a través del IMARPE, dado sus programas de observación científica en buques que pescan bacalao en sus áreas jurisdiccionales.

6.3. Implementación

La implementación del programa de marcado se estructura en tres etapas: 1) Preparación previa, 2) Implementación del marcado y recuperación de marcas y 3) Evaluación de la implementación del marcado y recuperación, tal como se muestra en la Figura 5.1.

6.3.1. Preparación previa

La etapa de preparación debiera realizarse durante el primer semestre del año 2012, una vez aprobado la ejecución y alcanzado los acuerdos entre los OBAC, SUBPESCA y la unidad ejecutora. Para ser más precisos esta no debería pasar más allá del 31 de mayo del 2012, ya que el inicio del marcado es conveniente iniciarlo a partir del 01 junio.

Equipo de trabajo

Como se indica en la Figura 5.1 una de las primeras tareas asumidas durante la implementación es la conformación del equipo de trabajo encargado de llevar adelante la ejecución del programa en su totalidad, cuya conformación mínima se indica en la

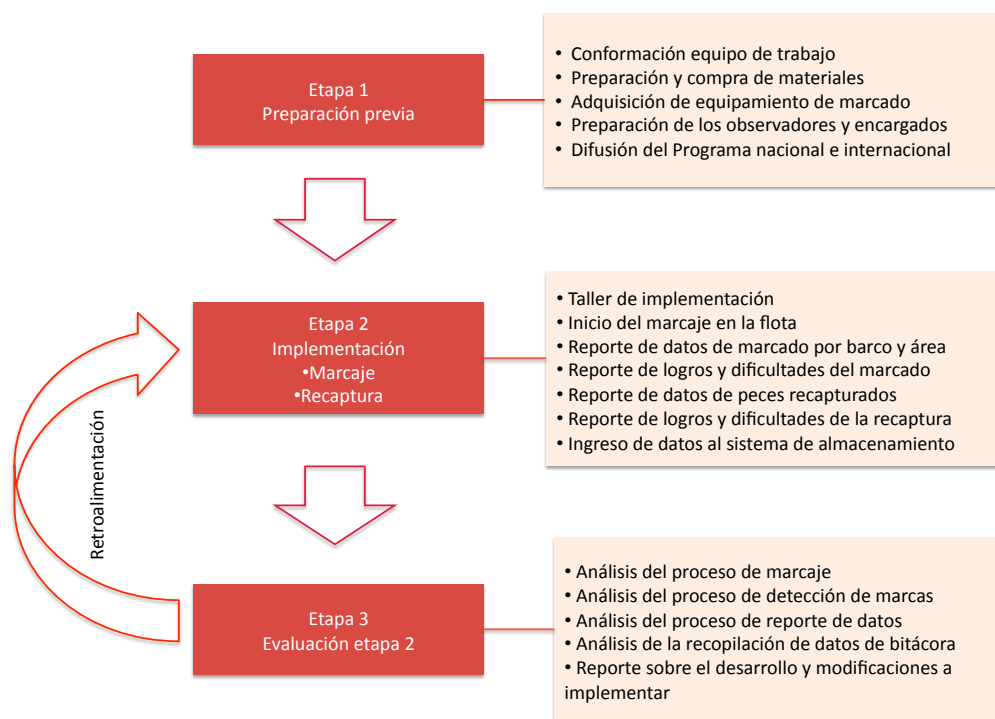


Figura 6.3: Etapas del subprograma de implementación del marcado y recaptura.

Figura 5.2. Esto implica definir el equipo de observadores que ejecutarán el marcado y recaptura, las personas nominados por la industria que también puedan realizar ambas tareas a bordo, el encargado del almacenamiento y generación de la Base de Datos, la digitadora y, las personas que estarán a cargo de dirigir la ejecución.

Desde el inicio de la gestación del programa, se ha pensado en una situación mixta para llevar adelante los procesos de marcaje y recuperación de marcas es la más conveniente. Así una parte de la flota debiera contar con observadores y la otra fracción con alguna persona de la tripulación entrenada para realizar ambas tareas. Estos observadores y personal designado deberían tener dedicación exclusiva para esta tarea, dada la atención que requieren tanto el marcado como la detección de marcas y su reporte. Se sabe que el éxito del programa radica en gran parte de la cooperación efectiva que pueda otorgar la industria al proceso de marcado y recuperación. Si la industria no lo dispone, será necesario entonces llevar a cabo el proceso exclusivamente con observadores elevando considerablemente los costos, lo cual podría hacer inviable económicamente su ejecución.

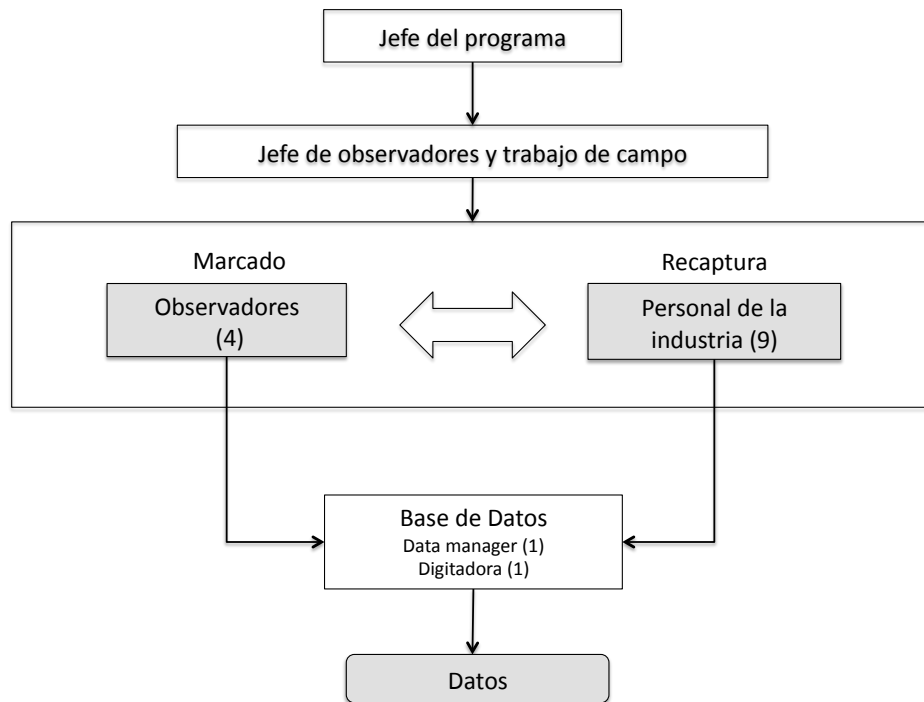


Figura 6.4: Personal mínimo estimado para la implementación.

Preparación y compra de materiales

La preparación de los materiales de trabajo que utilizarán los marcadores y recuperadores de marcas a bordo como formularios, protocolos, bins, camilla de marcado, etc. se realizará en esta etapa. Esto también implica la adquisición de las marcas *ad hoc* para el programa chileno y los equipos para marcar indicados en el punto B.3 del Anexo B, considerando cada uno de los barcos de flota que realice durante el 2012 capturas de bacalao en la UPL.

Preparación de los observadores y encargados

Los observadores y el personal designado por la industria serán entrenados con la Técnica de marcado en agua y con las técnicas de liberación y, con el uso de los equi-

pos que se usarán en el programa. Se hará especial incapié en la importancia, para efectos de uso de la evaluación de stock, no sólo del registro de las tasas de recaptura, sino también, el preciso registro del tamaño de la muestra en la cual aparecieron los animales marcados recapturados; es decir, las capturas ocurridas en cada lance. Se determinó en la PIBAC 2010 que la mejor aproximación a la captura del lance es la captura nominal, la cual se obtiene sumando la materia prima, que origina la producción, con la captura depredada y la captura desechada (Rubilar y Zuleta, 2011[68]).

Difusión del programa nacional e internacional

Es conveniente y necesario comenzar en esta etapa con la difusión del programa a nivel nacional e internacional, considerando todas las flotas que capturan bacalao en el cono sur de América (Perú, Chile, Argentina y Malvinas). Se confeccionarán los poster de difusión en castellano e Inglés para ser enviados o entregados antes del inicio del marcaje. A nivel nacional, los ejecutores se reunirán con el apoyo de Subsecretaría de Pesca con los representantes de la flotas artesanales e industriales, con los investigadores de IFOP y Sernapesca para difundir el programa. Asimismo, se informará al Comité científico de la PDA y al Grupo de trabajo los pormenores del programa y en la Región de Magallanes vía la televisión local se difundirán los aspectos y alcances del programa, para conocimiento de la comunidad de las acciones emprendidas por la industria pesquera de la región y la Subsecretaría de Pesca.

6.3.2. Implementación del mercado y recuperación

El inicio del mercado de peces con la técnica elegida comenzará a partir del 01 Junio del 2012, en cada uno de los buques industriales que realice capturas de bacalao en aguas chilenas. No obstante, la implementación del proceso de marcaje y recaptura se iniciará con una reunión en el cual se analizará con la industria y Subpesca las zonas en que se comenzará a marcar y como se hará el seguimiento del proceso de mercado y recuperación, acompañado del reporte de datos desde las embarcaciones de pesca.

Paralelamente al proceso de mercado y recuperación, se iniciará el diseño de la base de datos y su poblamiento, con los datos de los peces marcados y recuperados. Asimismo se llevará una estadística del número de peces marcados por barco y su captura, de manera de ir ajustando el requerimiento de un pez por cada tonelada. Para efectos del programa mismo, será necesario seguir las recapturas no sólo de los animales marcados en Chile, sino que también, las recapturas de marcados en otras pesquerías, para ello se hará un esfuerzo por recopilar en la base de datos dichas recapturas.

6.3.3. Evaluación de la implementación del marcado y recuperación

Una vez implementado el proceso de marcado y recaptura, es necesario realizar una evaluación de su funcionamiento y de cumplimiento de metas, con la finalidad de juzgar su continuidad. Se debiera analizar cada etapa de la implementación, en especial el proceso de marcaje, la detección de marcas, el reporte de datos, la recopilación de datos de bitácoras (Datos de captura del lance). Al final de un periodo a convenir, se emitirá un reporte, que permita decidir si continuar su ejecución tal como se esta llevando a cabo, si se deben introducir ajustes y modificaciones o simplemente determinar su discontinuidad, en el caso falencias que lo hagan inviable. Los aspectos técnicos de la evaluación, debieran ser analizados por GT-BAC o en su efecto una comisión *ad hoc* que se designe exclusivamente para ello. La parte administrativa y de financiamiento debiera ser abordada por los OBAC y SUBPESCA.

6.4. Estimación de parámetros

La naturaleza del programa de marcado hace recomendable abordarlo por etapas. Es así como la etapa correspondiente a la estimación de los parámetros poblacionales, la finalidad última del programa de marcaje, debería ser abordado una vez afianzado y logrado los objetivos de la etapa previa de generación de datos a partir de los proceso de marcado y recaptura, dada su dependencia directa.

En esta etapa particular de estimación de parámetros queda por identificar y conformar el equipo de trabajo, implementar los enfoques de análisis identificados en la revisión del uso de los datos de marcado para la evaluación stock (ver Anexo A). En este sentido, aunque se pueden usar métodos tradicionales para obtener estimaciones absolutas de la abundancia de bacalao en el área de estudio, son los métodos integrados de evaluación de stock, los cuales hacen uso de los datos crudos de marcado y recaptura en su estructura (Maunder 1998[45], Maunder 2003[48], Polacheck et al. 2006[54], Polacheck et al. 2010[56]), los que se debieran implementar.

Por las razones anteriormente indicadas, en el diseño del programa aqui presentado, no se aborda la etapa de estimación de parámetros, siendo suficiente emprender y superar con éxito , durante el año 2012, la etapa de generación de datos.

ANEXO A

El uso de experimentos de marcaje y recaptura en pesquerías (Revisión metodológica)

A.1. Introducción

El marcaje y recaptura es una de las herramientas primarias para estudiar las poblaciones animales silvestres ya que proporciona estimaciones directas de los principales parámetros que subyacen en sus dinámicas; como son por ejemplo, la abundancia y las tasas de mortalidad (Seber 1982[72], Williams et al. 2002[85]). Con propósitos científicos esta herramienta se ha usado por más de una centuria (Lincoln 1930 [41], Jackson 1939[36], Bailey 1951[9], Manly & Parr 1968[42]).

Extensivos estudios han sido realizados en invertebrados y peces comerciales cuya principal atención ha estado enfocada en la estimación de las tasas de mortalidad, patrones de movimientos y definición espacial de los stocks. En general el marcaje y recaptura no ha sido visto como un componente básica de los modelos de evaluación en las pesquería de gran escala, salvo algunas notables excepciones (e.g. Kleiber et al. 1987[38], Fournier et al. 1998[26], Polacheck et al. 1999[52], Hampton & Fournier 2001[29], Butterworth et al. 2003[16], Candy & Constable 2005[18], Hillary et al. 2006[33], Bradley et al. 2009[10]). Parte de este desencanto para el uso de esta metodología en la evaluación de stock han sido: 1) el potencial sesgo que se puede producir por el no reporte de las marcas, 2) por la incompleta mezcla de los peces y 3) por movimientos complejos del stock. Hilborn & Walter (1992)[32] indican que es una técnica apropiada para establecer o estudiar la localización y movimientos, datos que pueden ser usados para la identificación de stock y también para medir el intercambio entre pesquerías. Ellos no recomiendan esta técnica para estimar la abundancia en peces a menos que se marque una proporción alta de la población total (25 % o más).

No obstante, en los últimos años el importante desarrollo de los métodos cuantitativos y las mejoras de los diseños de experimentos de marcaje y recaptura que han permitido soslayar algunos de los problemas antes mencionados, han tenido un efecto positivo y prometedor con lo cual se ha reevindicado su uso en los análisis pesqueros (Polacheck et al. 2010[56]). Se han desarrollado modelos de advección-difusión para modelar el movimiento de los individuos (Sibert et al. 1999[75]); modelos de dinámica de población para estimar tasa de explotación y movimientos. Modelos basados en la distribución multinomial han sido derivados para estimar sobrevivencia (Brownie et al. 1985[15], Lebreton et al. 1992[40]), y para el estudio del crecimiento han sido usados modelos de incremento (Francis 1988[24]).

Recientemente estos métodos han convergido desde su uso clásico en ecología y pesquerías hacia un análisis integrado, que intenta extraer toda la información alrededor de los procesos biológicos y del proceso de pesca desde los datos de marcaje-recaptura (Siddeck 1989[73], Maunder 1998[45], 2001[46], 2002[47], 2004[49]; Hampton & Fournier 2001[29], Bentley et al 2001[11], Besbeas et al. 2002[13], Polacheck et al. 2006[54], Anon 2007[2]). Estos análisis son complejos, computacionalmente intensivos y a menudo difíciles para el diagnóstico; pero proporcionan un gran potencial para mejorar la evaluación del status y, consecuentemente la asesoría para el manejo, en recursos donde otro tipo de datos auxiliares son difíciles de obtener.

En este documento se entrega una revisión del *estado del arte* del uso de los experimentos de marcaje en cuanto a la generación de datos y alcances metodológicos en pesquerías, tomando como guía o ruta el trabajo de Polacheck et al. (2010[56]).

A.2. Estado del arte de los experimentos de marcaje en pesquerías

Una revisión completa de los métodos para estimar abundancia en poblaciones de animales es la entregada por Schwarz & Seber (1999)[69], quienes resaltan, para este cometido, los métodos asociados a los experimentos de marcaje y recaptura. La literatura relacionada con la estimación de los parámetros de las poblacionales tales como el tamaño poblacional o las tasas de supervivencia ha crecido rápidamente. Los métodos de análisis para este tipo de datos puede ser dividido hacia dos clases, aquellos para poblaciones cerradas y aquellos para poblaciones abiertas (ver Pollock et al. 1990[57]). Los avances metodológicos y tecnológicos han sido sustanciales en los últimos tiempos, principalmente aquellas ocurridas en el campo computacional, permitiendo implementar avanzadas técnicas de estimación estadísticas que han robustecido la aplicación de estos métodos, lo cual también ha ocurrido en pesquerías con un aumento de estas aplicaciones (Schwarz & Seber, 1999[69]).

A.2.1. Clasificación de los experimentos de marcaje y recaptura

Si bien, la clasificación anterior es importante, Polacheck et al. (2010)[56] proponen una clasificación alternativa de los experimentos de marcaje -recaptura cuando estos se usan en pesquerías e, indican que una distinción fundamental es, si los datos recopilados y disponibles es sólo en el número de animales marcados que son capturados o si, además, se dispone de datos sobre el número de animales examinados para la obtención de las marcas recapturadas. Esta distinción, según ellos, divide a los datos de marcaje-recaptura en aquellos en que el principal objetivo es estimar las tasas de mortalidad (natural, por pesca o ambos) y aquellos que permiten estimar la abundancia absoluta. Polacheck et al. (2010)[56] proponen que esta es una distinción fundamental y permite que la mayoría de los experimentos de marcaje - recaptura en pesquerías puedan ser clasificados hacia uno de los siguientes tipos básicos: *Enfoque tipo Petersen*, *Enfoque tag-attrition* (Agotamiento de marcas) o *Enfoque de Brownie*.

Enfoques tipo Petersen como estimadores de la abundancia

Aquí comentaremos sólo dos métodos, el de Petersen -el más sencillo puesto que consta de una sola sesión de recaptura- y el de Jolly-Seber algo más complejo, diseñado para el análisis de varias sesiones de marcaje y recaptura en una población abierta. La denominación “tipo Petersen” se refiere a enfoques o métodos orientados a estimar la abundancia en una población.

a. Estimador de Petersen

Está diseñado para proporcionar una estimación de la abundancia absoluta al momento del marcado en una población cerrada, en base a la razón del número de marcas retormadas dentro de la muestra obtenida desde la población, conocido el número de marcas liberadas.

Si el número de animales marcados es una muestra representativa de la población y ocurre una mezcla adecuada, entonces la proporción esperada de marcas en un muestra aleatoria desde la población debiera ser igual a la proporción de una población que fue marcada. Así, usando la notación de Seber(1982)[72] el estimador de Petersen es,

$$\hat{N} = \frac{n_1 n_2}{m_2} \quad (\text{A.1})$$

Donde $\hat{N}$: tamaño poblacional estimado al tiempo del marcado, n_1 : número de animales o marcas liberadas y m_2 : número de animales o marcas recuperadas en el tiempo 2, n_2 es el número de animales examinados para obtener m_2 al tiempo 2 (la captura en

una situación de pesquería comercial).

La ecuación A.1 es el mejor estimador normal asintótico para N , pero tiene sesgo cuando el tamaño de la muestra es pequeño (Seber 1982[72]). En tal caso el sesgo puede ser corregido aplicando las propuestas de Chapman (1951)[20] y Bailey (1951)[9]. En muestras grandes como aquellas que se pueden dar en experimentos de marcaje desde la pesquería comercial el sesgo debería ser muy pequeño. El enfoque de Petersen ha sido aplicado en situaciones controladas donde el experimentador conduce tanto el marcaje y liberación como el subsecuente muestreo, de manera que la incertidumbre acerca de los animales retornados en la muestra es insignificante o nula.

En el contexto pesquero, los datos de captura pueden ser considerados para constituir el subconjunto de la población examinada para el retorno de las marcas. Sin embargo, en este caso el tamaño de la muestra presenta generalmente incertidumbre. El estimador de Petersen bajo estas condiciones es la razón de dos variables aleatorias, de manera que sus propiedades estadísticas podrían depender de las propiedades distribucionales y de la varianza de la captura estimada. Lo anterior se puede evitar con experimentos controlados donde la tasa de retorno se puede asumir igual a 1. Si la tasa de retorno no es igual a 1 entonces es necesario reemplazar en la ecuación A.1. m_2 por m_2/λ , siendo λ , la tasa de retorno reportada. Si λ es no conocida pero estimada, entonces se debe considerar en la estimación de la varianza de $\hat{N}$.

Polacheck et al. (2010)[56] resalta que para el estimador de Petersen, las marcas recuperadas pueden ser agrupadas desde las recapturas y muestras tomadas sobre un periodo extenso de tiempo sin tener que hacer supuestos sobre la mortalidad por pesca o natural (Seber 1982)[72]. Sin embargo, probar que la tasa de n_2/m_2 es constante en el tiempo o en submuestras espaciales puede proporcionar una manera útil para chequear la violación de supuestos de población cerrada o mezcla total (Ricker 1975[66]; Seber 1982[72]).

b. Estimador de Jolly-Seber

En el caso de poblaciones abiertas, comunmente se usa el modelo de Jolly-Seber (Jolly 1965[37], Seber 1965[71]) para obtener estimaciones de la abundancia y tasas de mortalidad. Cuando el énfasis está puesto en las tasas de supervivencia y no abundancia, modelos tipo Cormack-Jolly-Seber, con múltiples recapturas son posibles. El modelo de Jolly-Seber es más general que el modelo de Cormack-Jolly-Seber, ya que además de la sobrevivencia también es de interés la estimación de la abundancia, por lo cual requiere al igual que el método de Petersen se registre además de los animales marcados recuperados, el número de animales no marcados en cada muestreo. El fundamento de la estimación es básicamente el mismo que el del método de Petersen, pero a diferencia de él, dado que la población es abierta, no se conoce el número de animales marcados en cada momento (M_i), por lo que es necesario utilizar la información de posterior-

res capturas para estimarlo. Así pues, con la información procedente del historial de capturas, para cada momento deben calcularse diferentes parámetros. En este sentido también es similar al censo de Schnabel (Schnabel 1938[70] citado por Seber 1982[72]), al realizarse varios eventos de captura y liberación de marcados.

Sea la siguiente notación:

i : tiempo al cual la i -ésima muestra es tomada,

N_i : Número total de la población justo antes del tiempo i ,

M_i : Número total de animales marcados en la población justo antes del tiempo i ,

n_i : Número capturado en la i -ésima muestra,

m_i : Número de animales marcados capturados en la i -ésima muestra,

R_i : Número de animales marcados liberados después de la i -ésima muestra,

r_i : Número de animales marcados desde los R_i liberados que son subsecuentemente recapturados,

z_i : Número de animales diferentes capturados antes de la i -ésima muestra que no son capturados en la i -ésima muestra pero son capturados subsecuentemente,

El número de animales marcados M_i puede ser considerado como compuesto por el número capturado m_i , más el número $M_i - m_i$ no capturados en la i -ésima muestra. Inmediatamente después de la i -ésima muestra son dos los grupos de animales marcados, la $M_i - m_i$, de los cuales z_i son subsecuentemente capturados y los R_i sólo liberados, de los cuales r_i son subsecuentemente capturados. Ya que las posibilidades de recaptura son asumidas la misma para ambos grupos, entonces debemos esperar que

$$\frac{z_i}{M_i - m_i} = \frac{r_i}{R_i} \quad (\text{A.2})$$

de manera que el número de animales maracados en el momento (i) es:

$$\hat{M}_i = \frac{R_i z_i}{r_i} + m_i, \quad i = 2, 3, \dots, s - 1 \quad (\text{A.3})$$

También la proporción de marcado en la muestra representa la proporción de marcados en la población,

$$\frac{m_i}{n_i} = \frac{\hat{M}_i}{\hat{N}_i} \quad (\text{A.4})$$

Luego sustituyendo M_i en la ecuación A.4, puede obtenerse el número total de la población justo antes del tiempo i ,

$$\hat{N}_i = \frac{\hat{M}_i n_i}{m_i} = n_i + \frac{R_i z_i n_i}{r_i m_i}, \quad i = 2, 3, \dots, s-1 \quad (\text{A.5})$$

Mayores detalles sobre este método clásico se encuentran en Seber (1982)[72] y Schwarz y Seber (1999)[69], donde se discuten una serie de extensiones y avances en el proceso de estimación asociado a él. El estándar actual de referencia para experimentos Jolly-Seber es Pollock et al. (1990)[57].

Enfoques para estimar tasas de mortalidad

Para estimar tasas de mortalidad (natural o por pesca) desde experimentos de marcaje y recaptura tradicionalmente se han usado los *Enfoques Tag-attrition* y *de Brownie*. La estimación de las tasas de mortalidad requiere de un modelo dinámico de como éstas ocurren en el tiempo, particularmente considerando la partición de la mortalidad total en mortalidad natural y mortalidad por pesca. Siendo común asumir que ellas son constantes sobre el período de tiempo usado en el modelo de la población. Sean, las siguientes ecuaciones que representan la dinámica de una población,

$$P_{i+1,t+1} = P_{i,t} \exp(-F_{i,t} - M_{i,t}) \quad (\text{A.6})$$

$$C_{i,t} = \frac{F_{i,t}}{F_{i,t} + M_{i,t}} P_{i,t} (1 - \exp(-F_{i,t} - M_{i,t})) \quad (\text{A.7})$$

Donde, $P_{i,t}$ es el número de individuos a la edad i en el tiempo t ; $C_{i,t}$ es la captura de individuos de edad i en el tiempo t ; $F_{i,t}$ es la tasa instantánea de mortalidad por pesca de la edad i en el tiempo t y $M_{i,t}$ es la es la tasa instantánea de mortalidad natural de la edad i en el tiempo t .

De acuerdo con Polacheck et al. (2010[56]), si $P_{i,t}$ es reemplazado por $N_{i,t}$ (el número de animales marcados de la edad i en la población al tiempo t) y $C_{i,t}$ es reemplazado por $R_{i,t}$ (el número de animales marcados recapturados a la edad i en el tiempo t), las predicción del número esperado de recapturas en el tiempo desde un experimento de marcaje se pueden lograr con:

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} \exp(-F_{i,t} - M_{i,t}) \quad (\text{A.8})$$

$$R_{i,t} = \frac{F_{i,t}}{F_{i,t} + M_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp(-F_{i,t} - M_{i,t})) \quad (\text{A.9})$$

Donde los N_s , exepcto N_0 son función de M y F , parámetros condicionales al número de peces marcados liberados.

Las ecuaciones anteriorres (A.8 y A.9) pueden ser usadas para predecir el número de recapturas y es la base de los estimadores usados tanto en el *Enfoque tag-attribution* como en el *Enfoque de Brownie*. Otras ecuaciones de la dinámica de poblaciones pueden y han sido usadas con estos métodos. En particular cuando se representan dinámicas con eventos de pesca altamente estacionales o la pesca ocurre en un simple pulso durante el año. Hay que hacer presente que el *Enfoque de Brownie* puede proporcionar estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad total para el tiempo que ocurre entre eventos de marcaje, independiente de cualquier modelo de dinámica de población.

a. Enfoque tag-attribution

Las ecuaciones (A.8) y (A.9) pueden ser usadas para predecir el número de marcas o animales marcados recapturados a través del tiempo producto de un único evento de liberación de marcas. Esta es la base del *Enfoque tag-attribution*. Sin embargo, para cada etapa edad/tiempo, dos parámetros son requeridos (uno por cada tasa de mortalidad), existiendo un sólo dato puntual (el número de marcas retornadas a la edad y tiempo). Aún si M es asumida constante a través de las edades y tiempo, lo cual es común en pesquerías, todavía existe un parámetro más a estimar que el número de datos. En orden a evitar la sobre-parametrización sin incluir datos adicionales se necesita asumir conocida M o bien M y F necesitan ser asumidas constantes.

Si M es asumida conocida entonces se pueden estimar F específicas para cada combinación edad y tiempo, resolviendo iterativamente las ecuaciones (A.4 y A.5), que predicen el número de marcas recuperadas y el número de marcas que aún permanecen en libres. A pesar que un valor de M sea asumido las estimaciones de F pueden ser muy informativas. Un rango de valores de F puede ser obtenido desde una distribución a priori razonable de M , y estos comparados con algún nivel de referencia fijado o elegido.

Si F y M son asumidas constantes a través del tiempo y edades, las ecuaciones A.8 y A.9 pueden ser usadas para estimar ambas cantidades. Esto puede ser visto como un modelo determinístico con tasas de mortalidades constante, de manera que la tasa de retorno entre dos años sucesivos es igual a la tasa de sobrevivencia neta. Desde la ecuación A.8, el logaritmo de la tasa de retorno es $\log(R_{t+1}/R_t) = -Z = -(F + M)$. Dada la tasa de sobrevivencia neta y el número de animales liberados, la ecuación A.9 puede ser resuelta para F y, M que puede ser obtenida desde $Z - F$.

Tal como en el *Enfoque de Petersen*, los experimentos de *tag-attrition* requieren que la tasa de retorno sea conocida o estimable. Si la tasa de retorno no es igual a 1, el número esperado de retornos debería necesariamente ser multiplicada por la tasa de reporte (λ).

b. Enfoque de Brownie

Este enfoque usa las ecuaciones A.8 y A.9 de una manera análoga al *Enfoque tag-attrition* para predecir el número esperado de marcas retornadas desde cada evento de liberación (liberación múltiple). Sin embargo, con los múltiples eventos de liberación a través del tiempo la mayoría de los problemas de sobre-parametrización inherentes en el enfoque *tag-attrition* se resuelven. Por ejemplo, para tres eventos de liberación y tres períodos de recaptura, implican seis parámetros de tasa de mortalidad y seis observaciones (datos); pero, no todos los datos proporcionan información independiente de manera que sólo cinco parámetros son estimables. En términos generales, en un experimento con n años de liberaciones y m años de recaptura tiene $2m$ parámetros pero sólo $m + (n - 1)$ de estos son estimables.

Para evitar este aspecto, generalmente se imponen restricciones sobre M para reducir el número de parámetros a estimar. Por ejemplo, a menudo se asume que M es constante sobre $n - 1$ años de recaptura. También se puede asumir una forma paramétrica para M , tal como un decrecimiento lineal con la edad.

La capacidad del *Enfoque de Brownie* para separar las tasas de mortalidad natural y por pesca es un resultado directo de los múltiples eventos de liberación. Una característica potencialmente útil de este enfoque es que puede proporcionar estimaciones de la tasa de mortalidad total para cada año de recaptura aún cuando no haya información sobre las tasa de reporte. Además, si las tasas de reporte son asumidas constantes en el tiempo, entonces el enfoque, en teoría, puede proporcionar estimaciones de F , M y tasa de reporte sin datos adicionales. No obstante, la precisión de la estimación es generalmente insatisfactoria (Hoenig et al. 1988[34]). Sin embargo, es posible en algunos casos modificar el diseño básico de Brownie para mejorar los estimaciones de la tasa de reporte aún bajo la premisa que éstas son constantes a través del tiempo. Por ejemplo, teniendo multiples liberaciones durante el año (Hearn et al. 1998[31])

En la Tabla A.1 se resumen los rasgos claves de los tres enfoques básicos, tales como el requerimiento de datos y los parámetros que pueden ser estimados. Respecto de la estimación de parámetros esta tabulación no es exhaustiva y supuestos y/o parametrizaciones alternativas pueden ser elegidas. Por ejemplo, para el enfoque *tag-attrition*, se indica que mortalidades por pesca edad-específica pueden ser estimadas si M se asume conocida; no obstante, igual se puede establecer que mortalidades naturales edad-específicas pueden ser estimadas si F es asumida conocida. En definitiva, numerosas variaciones son posibles (Polacheck et al. (2010[56])).

Tabla A.1: Resumen de los tres enfoques básicos para experimentos de marcaje con una única recaptura posible¹, dado que los peces mueren. Fuente: Polacheck et al. (2010)[56].

Enfoque	Petersen	Tasa de retorno	
		Tagg-attribution	Brownie
Parámetros estimados	P_0	F y M si ambos cte., o F_i si M conocida	$Z_{i,t}$ $F_{i,t}$ M_t^2
Datos requeridos	N_0 R_t y C_t	N_0 R_t	N_t R_t
Eventos de liberación requeridos	Single	Single	Multiple al menos 3 periodos de tiempo consecutivos
Eventos de recaptura requeridos	Single	Multiple al menos 3	Multiple (al menos 3)
Parámetros externos requeridos	No	No si F y M constantes; M si F varia en el tiempo	No
Requerimiento para el monitoreo de las tasas de reporte de marcas	Conocida o datos para su estimación	Conocida o datos para su estimación	No es necesario para Z , pero se requieren datos externos ³ para separar M y F .

¹Definiciones: P_0 : Tamaño de la población al momento del marcaje (Primer evento de marcaje para múltiples eventos de liberación), Z_i : mortalidad total en el período i , M_i : mortalidad natural durante el período i , F_i : mortalidad por pesca en el período i , N_0 : número de marcas liberadas para la aproximación con un único evento de liberación, N_i : número de marcas liberadas al comienzo del período i para el *Enfoque de Brownie*, R_i : número de marcas recuperadas durante el período i , C_i : número de animales examinados para detectar marcas (e.g. captura) durante el periodo de tiempo i .

² M_i : sólo puede ser estimado por un período de tiempo inferior a los eventos de liberación (e.g si si existen 3 eventos de liberación entonces 2 parámetros M pueden ser estimados).

³ Si las tasas de reportes son asumidas constante entonces no son necesarios datos externos, pero su desempeño es pobre.

Enfoques combinados

Una extensión obvia a los enfoques básicos es combinar información de la tasa de retorno de las marcas con la proporción de animales marcados recapturados dentro de un único diseño experimental y marco de estimación. Se ha trabajado en esta línea en el contexto de los modelos *tag-attribution* (Parker 1955[51], Ricker 1975[66]), aunque este trabajo en general no ha sido discutido o considerado como una integración de dos enfoques. Hasta hace poco, no existía un marco general para integrar los enfoques de *Petersen* y *Brownie*. La razón de ellos parece estar en los muy diferentes situaciones experimentales para la cual el enfoque de Petersen y de las tasas de retorno fueron concebidos. El enfoque de Petersen fue originalmente diseñado para situaciones en las cuales el investigador no sólo marcaba y liberaba los animales, sino que además conducía la fase de recaptura del experimento. La aproximación de las tasas de retorno han sido diseñadas para situaciones en la cual el investigador sólo es directamente responsable de la componente marcado y liberación, y la recaptura depende de otros (e.g. pescadores en situación de la pesca comercial, público en general en el caso de anillamiento de aves).

Una expansión alternativa es combinar información de las tasas de retorno de marcas y la proporción de marcas recuperadas con datos auxiliares como medidas de la intensidad de pesca (e.g. esfuerzo de pesca). Tales extensiones comienzan con expandir el problema analítico más allá de un contexto de marcado y recaptura, en un marco de modelos más complejos que integren datos en conjunto con múltiples parámetros comunes; por ejemplo, en el problema de la integración datos de marcado en los modelos de evaluación de stock.

Si bien mucha de la literatura ha estado focalizada en los diseños experimentales en la cual la recolecta de datos es la proporción de marcas recuperadas en una muestra desde la población (aproximación de Petersen) o la tasa de retorno en el tiempo (aproximaciones *tag-attribution* o *Brownie*), en muchas situaciones ambos tipos de datos están disponibles y hay sinergias que se pueden obtener combinándolos hacia un único estimador. En particular, en muchas situaciones pesqueras, los datos de retorno de marcas podrían ser recolectados en las pesquerías comerciales sobre un extenso período de tiempo (i.e. siempre que las etiquetas permanezcan en el pez y haya un proceso para reportar los datos), y las estimaciones de la captura por edad a menudo estará disponible para proporcionar estimaciones directas del número de animales relevantes examinados para las marcas. En muchos casos, las estimaciones de la captura por edad podrían ser críticas en la estimación de las tasas de reporte y esta necesita ser considerada en el diseño del experimento (e.g. cuando las tasas de reporte están basadas en observadores, o en pesquerías multiflotas con diferentes tasas de reporte y selectividades; ver Hearn et al. 1999 *op.cit.* y Polacheck et al. 2006b[55]).

a. Combinando Petersen y tag-attribution

Esta combinación puede proporcionar estimaciones simultáneas del tamaño de la población y tasa de mortalidad, sujeta a similares supuestos sobre la M y F como las discutida anteriormente para modelos tag-attribution. Parker (1955), cit. por Polacheck et al. (2010)[56], desarrolló un método integrado para una población abierta con respecto del reclutamiento dentro del contexto tag-attribution en el cual asumió que las tasa de mortalidades son constantes. El modelo proporciona estimaciones del reclutamiento y puede ser aplicable a una cohorte o población cerrada, donde la tasa de reclutamiento es cero. Extensiones al modelo de Parker se han desarrollado para acomodar tasa de reclutamiento variable y/o mortalidades por pesca variables. Sin embargo, similar al modelo tag-attribution M debe ser asumida conocida para estimar F (ver Seber, 1982[72]). En una variante alternativa, Kleiber et al. (1987)[38], combinó tag-attribution con un modelo de la captura asumiendo mortalidad total(Z) constante, pero con F variable en el tiempo. Si bien esto es una hipótesis paradójica, ella sugiere que tal vez no sea razonable si Z es mucho más grande que F (i.e si M es la fuente dominante de mortalidad).

Dentro de la aplicación combinada de *Petersen- tag attrition*, Polacheck et al. (2010)[56], indican que no tienen conocimiento de análisis que hayan considerado incertidumbre en el número de animales examinados (i.e. incertidumbre en la captura y captura a la edad). De manera similar señalan que ellos no tienen conocimiento de análisis que indiquen mejoras en las estimaciones de tasas de mortalidad con la inclusión de la captura dentro del contexto tag-attribution. Advierten que si los datos de captura son conocidos con relativa precisión, mejoras sustanciales son esperables, al menos en una población cerrada; porque bajo el supuesto de tasas de mortalidad constante, la declinación de las capturas en el tiempo proporciona un estimado de Z .

b. Combinando Petersen y Brownie

La aproximación de *Petersen y Brownie* pueden ser combinadas para proporcionar estimaciones de la población inicial junto con estimaciones de las tasas de mortalidad natural y por pesca, sin contrastes o supuestos adicionales más allá de los necesarios requeridos por el enfoque básico de Brownie. Polacheck et al.(2006a[54] y b[55]), combinaron estos dos enfoques con un único estimador y proporcionaron una evaluación de esta aproximación en diferentes situaciones. Ellos también desarrollaron un modelo estadístico para incluir factores como: el reporte de marcas, la heterogeneidad espacial, la no mezcla inicial y una más realista estructura de la varianza para datos de retorno de marcas. Sus resultados demostraron que hay sustanciales beneficios con la incorporación de datos de captura directamente hacia el enfoque de Brownie. En particular, la inclusión de los datos de captura no sólo permite estimar mejor la abundancia si no que se puede mejorar también las estimaciones de F y M , sobre todo la primera.

La Tabla A.2 resume los aspectos claves de las dos aproximaciones integradas. Pola-

check et al. (2010)[56], señalan que esta tabulación no es exhaustiva respecto de los parámetros que pueden ser estimados.

Tabla A.2: Resumen de la integración del *enfoque de Petersen* con cada uno de los dos enfoques de retorno de marcas (*tag-attribution* y *Brownie*). Fuente: Polacheck et al. (2010)[56].

Enfoque integrado	Petersen/tag-attribution	Petersen/Brownie
Parámetros estimados	P_0 y F y M si ambos cte., o F_i si M conocida	P_0 Z_i F_i M_i^1
Datos requeridos	N_0 R_i C_i	N_i R_i C_i
Eventos de liberación requeridos	Único	Múltiple al menos 3 períodos de tiempo consecutivos
Eventos de recaptura requeridos	Múltiple al menos 3	Múltiple (al menos 3)
Parámetros externos requeridos	No si F y M constantes; M si F varia en el tiempo	No
Requerimiento para el monitoreo de las tasas de reporte de marcas	Conocida o datos para su estimación	No es necesario para Z_i , pero se requieren datos externos ² para separar M_i y F_i .

Definiciones: P_0 : Tamaño de la población al momento del marcaje (Primer evento de marcaje para múltiples eventos de liberación), Z_i : mortalidad total en el período i , M_i : mortalidad natural durante el período i , F_i : mortalidad por pesca en el periodo i , N_0 : número de marcas liberadas para la aproximación con un único evento de liberación, N_i : número de marcas liberadas al comienzo del período i para el *Enfoque de Brownie*, R_i : número de marcas recuperadas durante el período i , C_i : número de animales examinados para detectar marcas (e.g. captura) durante el periodo de tiempo i .

¹ M_i : sólo puede ser estimado por un período de tiempo inferior a los eventos de liberación (e.g si si existen 3 eventos de liberación entonces 2 parámetros M pueden ser estimados).

² Si las tasas de reportes son asumidas constante entonces no son necesarios datos externos, pero su desempeño es pobre.

A.2.2. Incorporando datos auxiliares

Además de la combinación del enfoque Petersen, ya sea con un tag-attribution o Brownie, es posible incorporar los datos auxiliares que, en sí mismos pueden ser utilizados para

estimar directamente la abundancia, tasas de mortalidad o tendencias en cualquiera de ellas. Si los datos auxiliares son independientes de los datos de marcaje y se puede poner en un marco maximoverosimil, el desarrollo de un estimador integrado de parámetros compartidos es sencillo. Por ejemplo, datos de abundancia de survey¹ pueden ser combinados con un estimador de abundancia de marcaje tipo Petersen para proporcionar un único estimador conjunto; el beneficio del estimador combinado dependerá de la precisión relativa de los dos estimados cuando se calculan separadamente. Si uno de los estimados tiene una alta precisión entonces el beneficio de incorporar datos adicionales es pequeño.

Datos de esfuerzo

La incorporación del esfuerzo de pesca como una directa medida de tendencia en la mortalidad por pesca ha sido una aproximación usada para resolver el problema de sobreparametrización inherente en el enfoque de *tag-attribution* (Lucas 1975[44]; Kleiber et al. 1987[38]). En este caso, la abundancia se asume proporcional a la CPUE, o equivalentemente, se asume que la mortalidad por pesca es proporcional al esfuerzo: $F_i = qE_i$, donde E_i es el esfuerzo de pesca en el período i , y q es el coeficiente de capturabilidad. Con este supuesto, es posible desde la combinación de datos de esfuerzo con datos de *tag-attribution* estimar la variabilidad de la mortalidad por pesca con una tasa de mortalidad natural constante (Lucas, 1975[44]). La integración de datos de esfuerzo y *tag-attribution* ha sido usado para estimar tasas de mortalidad para un número de stock de atunes (e.g. Sibert 1984[74], Kleiber et al. 1987[38], Bertignac et al. 1998[12]).

Los datos de esfuerzo también se pueden poner en el análisis de los datos de marcado desde experimento de Brownie (Hoenig 1998[34]). Los datos de esfuerzo proporcionan una estimación directa de las tendencias en mortalidad por pesca, ellos pueden proporcionar la precisión de la tasa de mortalidad, medida que dependerá en gran parte de la calidad de los datos de esfuerzo y del grado de variabilidad de q .

Las ventajas teóricas de incluir datos de esfuerzo en los modelos de marcado sólo se hacen notar en la práctica si la hipótesis de proporcionalidad entre la abundancia y la CPUE es válida. Violaciones de este supuesto, tales como hiperestabilidad o hiperagotamiento, comunes en pesquerías, pueden llevar a grandes sesgos en estimados de las tasas de mortalidad. En este sentido, experimentos de marcados que dependen del uso de datos de esfuerzo no superan los problemas asociados con el uso de los índices de CPUE como medidas de abundancia relativa, sino que comparten los mismos problemas inherentes a la fiabilidad e interpretación. De hecho, Polacheck et al. (2010)[56])

¹crucero de investigación para realizar una encuesta o medición de una característica o parámetro de interés.

señalan que la inclusión de datos de esfuerzo mediante modelos de marcado ya no ofrecen un enfoque independiente de la pesca para estimar los parámetros básicos de la población; la motivación primaria para la consideración y la realización de programas de marcado en la pesca comercial.

Datos de abundancia

En teoría, las estimaciones de abundancia absolutas o relativas desde survey acústicos, líneas de transectos, área barrida, survey de CPUE; ya sea de la población entera o de la fracción sujeta a marcaje pueden ser combinados con datos generados por el enfoque de Brownie o tag-attrition, para proporcionar un completo set de estimaciones de abundancia y tasas de mortalidad.

Una estimación puntual independiente de abundancia disponible podría no contribuir directamente a la estimación de los parámetros de mortalidad que se pueden estimar desde datos de marcaje y, a su vez los datos de marcaje no deberían contribuir a la estimación de abundancia. Por el contrario, si existe una serie de abundancia relativa o absoluta, entonces habría claros beneficios de la combinación de ambos set de datos en un único análisis.

La diferencia entre dos sucesivas estimaciones de abundancia en una cohorte proporciona una estimación directa de la mortalidad total. Así, una serie de tiempo de tales estimaciones independientes podría contribuir a la estimación de tasa de mortalidad en una manera similar como la incorporación de datos de esfuerzo. Besbeas et al. (2002)[13] examinaron este uso con el enfoque de Brownie en el contexto de datos de anillado de aves. No existen trabajos en esta línea con *tag-attrition*. Por otra parte, aún cuando existen excepciones, realizar simultáneamente experimentos de marcaje y survey de abundancia a gran escala no es posible por lo oneroso que resulta. De hecho, muchas pesquerías pelágicas con distribuciones amplias, la factibilidad práctica para llevarlos a cabo no existe, siendo esta una de las razones subyacentes para la realización de experimentos de marcaje. La Tabla A.3 resume las principales características de las dos aproximaciones integradas con la inclusión de datos auxiliares de esfuerzo y abundancia.

Tabla A.3: Resumen de los dos enfoques integrados (*Petersen/tag-attrition* y *Petersen/Brownie*) cuando información auxiliar es incorporada. Fuente: Polacheck et al. (2010)[56].

Información auxiliar Enfoque integrado	Índice abundancia (A_i)		Datos de esfuerzo (E_i)	
	Petersen/tag-attrition	Petersen/Brownie	Petersen/tag-attrition	Petersen/Brownie
Parámetros estimados	P_0, Z_i, F_i con M constante	P_0, Z_i, F_i, M (para toda i en contraste con la tabla 2 y 3)	P_0, Z_i, F , con M y q constantes	P_0, Z_i, F_i, M (para toda i en contraste con la tabla 2 y 3), q
Datos requeridos	N_0, R_i, C_i, A_i	N_i, R_i, C_i, A_i	N_0, R_i, C_i, E_i	N_0, R_i, C_i, E_i
Eventos de liberación requeridos	Simple	Múltiple (al menos 3 consecutivos)	Simple	Múltiple (al menos 3 consecutivos)
Eventos de recaptura requeridos	Múltiple (al menos 3)	Múltiple (al menos 3)	Múltiple (al menos 3)	Múltiple (al menos 3)
Parámetros externos requeridos	No si M es asumido constante	No	No si M es asumido constante	No
Requerimiento para el monitoreo de las tasas de reporte de marcas	Conocida o datos para su estimación	No es necesario ¹ para P_0 y Z_i , pero se requieren datos externos para separar M_i y F_i	Conocida o datos para su estimación	No es necesario ¹ para P_0 y Z_i , pero se requieren datos externos para separar M_i y F_i .
Supuestos adicionales (asociados con datos auxiliares)	No	No	Relaciones entre F_i y E_i (e.g. Capturabilidad cte, $F_i = qE_i$)	Relaciones entre F_i y E_i (e.g. Capturabilidad cte, $F_i = qE_i$)

Definiciones: P_0 : Tamaño de la población al momento del marcaje (Primer evento de marcaje para múltiples eventos de liberación), Z_i : mortalidad total en el período i , M_i : mortalidad natural durante el período i , F_i : mortalidad por pesca en el período i , N_0 : número de marcas liberadas para la aproximación con un único evento de liberación, N_i : número de marcas liberadas al comienzo del período i para el *Enfoque de Brownie*, R_i : número de marcas recuperadas durante el período i , C_i : número de animales examinados para detectar marcas (e.g. captura) durante el período de tiempo i , E_i : Esfuerzo de pesca durante el período i , q : Coeficiente de capturabilidad asumido constante a través del tiempo.

¹ Si las tasas de reportes son asumidas constante entonces no son necesarios datos externos, pero su desempeño es pobre.

A.2.3. Incorporando datos de marcaje en la evaluación de stock.

Los estudios de marcaje están siendo usados de manera recurrente para evaluar tamaños de stock, crecimiento, mortalidad natural y mortalidad por pesca, selectividades edad-específicas y movimientos; todos lo cuales son parámetros importantes en los modelos de evaluación de stock. El análisis integrado (Fournier & Archibald, 1982[25]) es un paradigma orientado a incluir todos los datos hacia un único análisis. El uso tradicional de los análisis integrados fue realizado durante la edad de oro² en torno de los modelos de captura a la edad. Sin embargo, dado que los datos de captura a la edad no son suficientes por si mismos para entregar estimaciones confiables de todos los parámetros en un modelo edad estructurado, entonces información auxiliar o supuestos adicionales son necesarios (Deriso et al. 1985 [22]). La forma más común de incorporar información auxiliar ha sido a través de los índices de abundancia como la CPUE o datos de survey acústico, área barrida u otros. Este método ha sido extendido para incluir otros tipo de información auxiliar, como por ejemplo, estimaciones de abundancia absoluta desde datos de marcaje.

En el workshop realizado el año 2007 (Anon, 2007[2]), se entregan muchos antecedentes sobre la integración de los datos de marcaje hacia los modelos de evaluación de stock, ya sea bajo el paradigma máximo verosimil como bayesiano. Aires-Da-Silva y Maunder (En el punto 3.1 , de Anon, 2007[2] y en IOTC-2008-WPTDA-PRES15.pdf³) distinguen dos métodos para incorporar esta información auxiliar, basados en como la información de marcaje es incorporada a la evaluación de stock.

Método integrado tradicional

El análisis integrado tradicional en la evaluación de stock está basado en la incorporación de datos que han sido pre-procesados, es decir basado en dos etapas (Maunder, 2003[48]). La primera, correspondiente a la obtención de alguna información resumida producto de un primer análisis, que luego se usa en un segundo análisis (segundo paso). Por ejemplo, el uso de datos crudos de marcaje para obtener un estimador de Petersen del tamaño del stock, el cual es usado en el procedimiento de ajuste de un modelo de dinámica poblacional (segundo paso o proceso). Esta aproximación en dos etapas tiene varias desventajas (Maunder 1998[45] , 2001[46]), incluyendo 1) la pérdida de información en el proceso de resumen (paso 1), 2) la inconsistencia entre los supuestos de ambos análisis, 3) las dificultades en la determinación de la estructura del error y

²Quin 2003[63], llamó a las dos últimas décadas del siglo veinte la Edad de Oro de la evaluación de stock en pesquerías, dado los importantes avances en el modelamiento pesquero al combinarse la estadística y matemática en el ajuste de los modelos que describen la dinámica de las poblaciones y la incertidumbre.

³Aires-Da-Silva y Maunder. 2007. Integrated analysis-a brief introduction. Presentación powerpoint en pdf.

en la inclusión de la incertidumbre, 4) la dificultad de transferir la incertidumbre desde un análisis al siguiente y 5) una capacidad de diagnóstico reducida. Un ejemplo de este enfoque son las estimaciones de F desde datos de marcaje que fueron usadas como índices de calibración en el modelo de evaluación 2009 para el Red drum del Atlántico norte (Southeast Data. Assessment and Review (SEDAR, 2009[80])).

Método integrado nuevo

El desarrollo del modelamiento con un enfoque espacial, para asimilar grandes y diversos set de datos, es ahora un campo de investigación y análisis muy activo, lo cual está estrechamente ligado con los recientes desarrollos de la tecnología computacional, permitiendo análisis que no eran posible hasta hace muy poco. Dentro de este contexto, surgió el enfoque de estudio integrado, el cual consiste en combinar los datos del marcaje y la modelación de la dinámica de la población en un análisis único, en lugar del proceso tradicional de dos etapas. Datos y parámetros son así compartidos y toda la información contenida en los datos brutos está ahora disponible para la evaluación de stock, evitándose también todos los conflictos de los supuestos. La incertidumbre es propagada a través del análisis, la correlación entre parámetros es automáticamente considerada y la capacidad de diagnóstico es mucho mayor.

Recientemente los datos de marcaje han sido incorporados directamente hacia modelos integrados de evaluación estadísticos de captura a la edad o tallas (e.g. Fournier et al. 1998[26], Hampton & Fournier 2001[29], Butterworth et al. 2003[16]). Estos modelos integrados proporcionan el más riguroso y estadísticamente apropiado medio para incorporar los datos de marcaje en la evaluación de stock (Anon, 2007[2]). En ellos una componente separada de verosimilitud es incorporada en la función objetivo usada para estimar los parámetros de la evaluación de stock. Si las componentes de la verosimilitud están apropiadamente construídas, esta aproximación asegura que toda la información contenida en los datos de marcado, relativa a los parámetros que están siendo estimados, es utilizada y ponderada de manera correcta (i.e. que la incertidumbre en los parámetros estimados derivados desde el marcaje son tomados en cuenta).

Las diferencias entre el nuevo análisis integrado y el integrado tradicional son difusas. Ambos generalmente requieren de un modelo adicional estructurado para incluir los datos auxiliares hacia el modelo de evaluación. Sin embargo, el nuevo análisis integrado típicamente combina dos análisis, que son tradicionalmente llevados a cabo por separado, e incluye datos crudos hacia el modelo de evaluación, mientras que el análisis tradicional integrado incluye datos que ya han sido procesados (Maunder, 2003[48])

Los modelos integrados de evaluación de poblaciones tratan de estimar toda la estructura de edad y la historia de una población desde el inicio de la explotación, o desde cuando los datos de la pesca comercial están disponibles. Los modelos son, inevitable-

mente, sobre-parámetrizados y con supuestos diferentes, particularmente con respecto a la capturabilidad y selectividad, los que se requieren para producir un conjunto identificable de parámetros. Estos pueden involucrar a varios términos de penalización, y los resultados son frecuentemente sensibles a las hipótesis alternativas y a los pesos relativos dado a las penalizaciones y a los datos componentes de la función objetivo. La mejora de la precisión de los datos no necesariamente mejorará la fiabilidad de las estimaciones o las características estructurales (e.g funciones de penalización) de los modelos. Por otro lado, los modelos integrados de marcaje permiten estimar los parámetros, sin necesidad de términos *ad hoc* de penalización o de supuestos sobre la selectividad y capturabilidad. Como resultado, estos modelos pueden ser utilizados para poner a prueba hipótesis relacionadas con los parámetros; por ejemplo, si la mortalidad por pesca puede ser adecuadamente descrita entre las edades o años.

A.3. Conclusiones y recomendaciones

El uso creciente de datos de marcaje y recaptura en los análisis pesqueros es una tendencia que se ha manifestado en el último tiempo, dado por la necesidad de contar con índices y datos independientes en pesquerías que por su naturaleza es muy difícil de obtener información auxiliar por área barrida, acústica u otro. Los principales usos de los experimentos de marcaje, en el caso de las pesquerías, se han enfocado en la obtención de datos de crecimiento, de tasas de mortalidad, de movimientos para identificar stocks y estimaciones de abundancia. Estos análisis han permitido resumir y extraer gran parte de la información contenida en los datos de marcaje y recaptura, los cuales en conjunto con otros datos constituyen las principales fuentes de información que alimentan y determinan los análisis realizados en la cuantificación de stock y en la evaluación de estrategias de explotación.

Se recomienda poner el mayor cuidado en la fase de recaptura o reporte de marcas, considerándosele el cuello de botella en la generación de datos confiables de marcaje y recaptura. Una fase de recaptura apropiada elimina las aprehensiones y cuestionamientos que llevó a algunos autores a no considerar este tipo de datos en la evaluación de las poblaciones.

La combinación del estimador de *Petersen* con *tag-attribution* o *Brownie* constituye una de las herramientas importante para el uso de los datos de marcaje, ya sea en ausencia o presencia de un modelo de evaluación. La tendencia actual en el uso de datos de marcaje en pesquerías apunta a su incorporación hacia la evaluación de stock o hacia las estrategias de manejo bajo un enfoque integrado como los señalados por Maunder (2003[48]).

La incorporación de toda la información disponible, se ha denominado en pesquerías *Análisis integrado* (Maunder, 2003[48]). Sin embargo, la forma en que esta información es incorporada en los modelos de cuantificación de poblaciones y en especial a la evaluación de stock de los recursos pesqueros, determina dos marcadas líneas de trabajo. La primera, denominada *Modelos integrados tradicionales*, donde determinado tipo de datos son tratados de manera previa (resumidos) antes de ingresar a los modelos de evaluación (e.g. CPUE estándar, Estimador de Petersen de la abundancia); la segunda, considerada la más avanzada usa los datos crudos del experimento de marcaje en el modelo de evaluación. Esta segunda línea ha sido considerada superior al enfoque de integrado tradicional pues los datos son compartidos y toda la información contenida en ellos está así disponible para la evaluación. Por otro lado evita los conflictos surgidos de los supuestos, propaga mejor la incertidumbre, hace un mejor tratamiento de la correlación entre parámetros y mejora la capacidad de diagnóstico.

Muchos ejemplos han surgido en esta línea (Haist 1998[28], Punt & Butterworth 1995[60], Porch et al. 1995[58], Punt et al. 2000[61], Maunder 1998[45] y 2001[46], Hampton & Fournier 2001[29]); pero sin duda son aquellas pesquerías donde es difícil obtener otro tipo de datos independientes de la actividad comercial, donde los datos o información derivada de los experimentos de marcaje han sido fundamentales (e.g. Pesquería del atún de aleta azul, Polacheck et al. 2006b[55]). En el bacalao de profundidad, esta información también ha sido considerada relevante, principalmente para aquellas pesquerías en las cuales no es posible o es difícil obtener índices de abundancia derivados de survey. En específico, hoy existe una serie de programas de marcaje en este recurso que pretenden recabar información no sólo de los movimientos, crecimiento y mortalidad natural, sino que también datos para la determinación del status a través de la evaluación de stock.

En la CCAMLR, específicamente en la subárea 48.3 (Georgia del Sur) el bacalao de profundidad se evalúa cada dos años y los datos de marcaje forman parte de los datos fundamentales para la evaluación mediante un modelo integrado, específicamente CASAL⁴ (Anon, 2009[3]). En la pesquería de este mismo recurso en la Isla Macquaire, los datos de marcaje generados por un programa de marcaje implementado por Australia, fuera de contribuir a generar mayor conocimiento sobre los movimientos y estructura poblacional, se usaron para apoyar una evaluación de stock (Tuck et al. 2003[84]). Estimaciones de F desde datos de marcaje fueron usados como índices de calibración en el modelo de evaluación 2009 para el Red drum del Atlántico norte (Southeast Data. Assessment and Review (SEDAR, 2009[80]), entre otros muchos usos.

En fin los ejemplos anteriores hacen uso de datos de marcaje y recaptura mediante

⁴C++ algorithmic stock assessment laboratory, NIWA, New Zealand

modelos integrados como CASAL, MULTIFAN-CL⁵, ITCCAN⁶, y otros.

En el caso de la pesquería chilena del bacalao de profundidad el uso de datos de marcaje y recaptura debería considerar el uso de modelos integrados, para ello es necesario generar un modelo de evaluación acorde con el conocimiento del ciclo vital y de la pesquería, que indudablemente pueda incorporar toda la información existente incluida los datos de marcaje. El uso de los datos de marcaje con otros fines también son útiles en esta pesquería, tales como ayudar a esclarecer la estructura del stock chileno y, asimismo, a establecer las conexiones entre la pesquería industrial y artesanal en Chile y con las pesquería Argentina y de Malvinas.

⁵MULTIFAN-CL MULTIFAN-CL es un programa informático que implementa un modelo estadístico, basado en las tallas y estructurado en edades para su uso en la evaluación de las poblaciones pesqueras. El modelo original de MULTIFAN (Fournier et al. 1990[?]) proporciona un método de análisis de series temporales de datos de frecuencias de tallas utilizando la teoría estadística para proporcionar estimaciones de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy y las proporciones por edad en los datos de frecuencia de tallas. El modelo y el software asociado fueron desarrollados como una herramienta analítica para la pesca en gran escala que muestra la edad de las capturas era inviable o no rentable, pero en frecuencia de talla de muestreo de datos estaban disponibles. MULTIFAN proporciona una base estadística sólida para el análisis de frecuencia de tallas y fue una alternativa a varios métodos *ad hoc* que se promovieron en la década de 1980.

⁶Integrated tagging and catch-age analysis desarrollado por M. Maunder.

ANEXO B

Protocolo de Marcado y Recaptura

B.1. Introducción

Este documento contiene las instrucciones para el marcado o etiquetado, liberación y recuperación de ejemplares de Bacalao de profundidad en el marco del Programa de Marcaje y Recaptura en aguas chilenas, específicamente en la denominada Unidad de Pesquería Licitada (UPL), donde opera la flota espinilera industrial. Se incluyen las instrucciones para la detección y reporte de las marcas recuperadas, la recolecta de datos de captura, estructura de tamaños y esfuerzo de pesca por lance.

B.2. Técnica de marcaje y liberación

Para el marcado y liberación de bacalao se usará la *Técnica de marcado en Agua*, la cual consiste en mantener al pez seleccionado para ser marcado y liberado en un estanque con agua de mar con una temperatura entre 4 o 5 °C y con una concentración de oxígeno nunca inferior a 7 mg/lt o 70 % o mayor a 12 mg/lt o 105 % de saturación, hasta su liberación. Esto implica que el pez se mantiene en el estanque con agua hasta que es liberado, siendo allí marcado. Esta técnica fue considerada la más adecuada en base a la experiencia piloto de marcado realizada durante la Pesca de Investigación del Bacalao 2010 (PIBAC 2010), ver archivo: *Técnicas de marcado en bacalao.wmv*.

B.3. Materiales

B.3.1. Tipo de marcas a usar

Se usarán marcas Hallprint TBA–2 T–bar de 70 mm y de color rojo con letras negras, similares a las indicadas en la Figura B.1. Este tipo de marcas fueron las ensayadas en la experiencia piloto y además es la recomienda por la CCAMLR, porque han dado me-

jor resultados con su fijación evitándose pérdidas por mal anclaje. El largo de la marca es importante al igual que su color. El largo influye en su visibilidad de detección y también en la salud del pez. Se usarán marcas de 70 mm, cuyo tamaño ha sido usado con éxito en otros programas. El color de la marca debe permitir un adecuado contraste con el color del bacalao para su detección apropiada. La CCAMLR recomienda usar los colores amarillo, blanco, verde lima y fucsia dada su mayor visibilidad.

Cada marca lleva grabado un número de serie único y la dirección a la cual debe ser enviada la marca recuperada: *No. 1000001. Enviar A: ECOFISH - Casilla 601 Valdivia, Chile.*

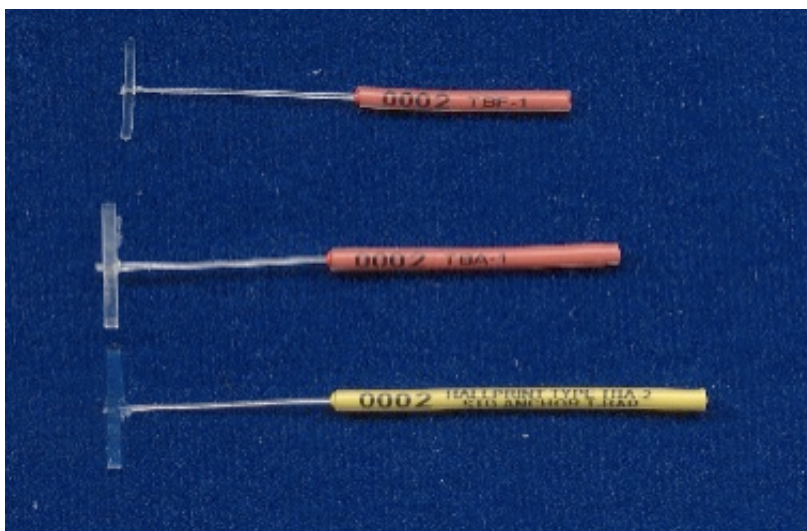


Figura B.1: Etiquetas o marcas externas tipo T-Bar Anchor de Hallprint Ltda., para realizar marcado en el recurso Bacalao de profundidad.

B.3.2. Materiales

Cada unidad de marcado (barco) debe contar con el siguiente equipamiento: Un Kit de marcaje con marcas tipo Hallprint TBA-2 T-bar, una camilla de 100 x 60 cm con huincha para medir talla y aretas para colgarla, un estanque de marcaje de 800 a 1000 litros, una balanza colgante de 50 kg con precisión de 250 gr., un ictiómetro de 150 cm., un set de formulario de marcado, 4 paños humectantes de color negro, 4 pares de guantes húmedos black point, 12 lápices grafitos y 4 gomas y una tabla acrílica con formulario de marcado.

Se adjunta a los materiales anteriormente indicados un video explicativo con las técnicas de marcado, la reanimación de los peces en el estanque, su medición de tamaño y peso,

el uso de la camilla, y las técnica de liberación (ver archivo: *Tecnicas de marcado en bacalao.wmv*)

B.4. Protocolo de marcado y liberación

El protocolo de marcado consta de 3 pasos fundamentales, los cuales deben ser realizados de acuerdo con las instrucciones que se describen a continuación.

B.4.1. Selección y manipulación del pez previa a la colocación de las marcas

Esta corresponde al primer paso o etapa dentro del proceso de marcado de los peces. Los peces seleccionados para el marcaje deben:

1. Ser seleccionados, en lo posible, desde aquellos ejemplares capturados en las primeras cachaloterías de la línea que se está virando, ya que se supone que estos peces fueron izados a una velocidad menor y por lo tanto han sido menos afectados por el barotrauma.
2. Ser subidos al barco sin el uso de bichero u otro artefacto que le provoque heridas que puedan afectar su sobrevivencia,
3. No deben presentar heridas externas, ni ojos opacos o algún tipo de malformación, que pueda incidir en su probabilidad de sobrevivencia y recaptura.
4. Ser colocados en la camilla de forma inmediata, donde se procederá a :
 - a) retirar el anzuelo con mucho cuidado, usando un napoleón para cortar el anzuelo.
 - b) medir su longitud total con la huincha graduada de la camilla y su peso entero con la pesa de 50 kg. Ambas mediciones se hacen sin retirar el pez de la camilla.
5. Una vez medido y pesado el pez debe ser llevado en la misma camilla al estanque con agua de mar (bins de 800 a 1000 lts), cuidando que siempre permanezca con los ojos tapados con un paño negro.
6. Todos los pasos anteriores deben ser realizados en el menor tiempo posible.

B.4.2. Colocación de las marcas y monitoreo

1. Revise que el equipo de marcado funcione de manera adecuada y dejelo cerca del estanque para que pueda acceder a él sin mayor esfuerzo.

2. Pasados unos minutos (5 a 10) y si el pez presenta buenos signos de salud proceda a marcarlo de la manera que se indica en los puntos siguientes:
3. Tome al pez con una mano desde el abdomen y levántelo suavemente de manera que sólo la parte cercana a la primera aleta dorsal, quede fuera del agua.
4. Realizada la maniobra anterior proceda a colocar las marcas siguiendo las instrucciones sobre de uso del equipo (ver video y Figura B.2)
5. Registre, si no lo hizo antes, el código de las marcas en el formulario para el pez elegido, asegurándose que la codificación sea la correcta y que esta sea escrita completamente legible. Esto no sólo implica anotar el código de serie correctamente; sino también, que dicho código sea asignado a los datos correctos del pez marcado.
6. Libere al pez suavemente en el estanque y monitoree su comportamiento de forma meticulosa.



Figura B.2: Colocación ideal de marcas Hallprint TBA-2 T-bar en el bacalao de profundidad (Nótese la leve desviación entre la posición de las dos marcas colocadas debajo de las espinas de la aleta dorsal, justo detrás de la primera aleta dorsal). La fotografía fue tomada desde el protocolo de marcado de la CCAMLR en el cual se indica que fue proporcionada por Sanford Ltd.

B.4.3. Liberación de los peces marcados

Para la liberación de los peces marcados es necesario:

1. Buscar el lugar y el momento que permita evitar la acción depredadora de aves y mamíferos,
2. Usar una de las dos técnica de liberación que se indican a continuación:
 - a) Liberación en la camilla por la banda: Coloque el pez marcado y que va a ser liberado en la camilla y transportelo en ella a un lugar seguro para su liberación. Baje cuidadosamente la camilla con el pez hasta la superficie del mar y suelte uno de los aretes de la camilla.
 - b) Liberación con camilla y mano por la banda: En esta modalidad, a diferencia de la anterior, el ejemplar es llevado en la camilla al sector de liberación, y luego se toma al pez con ambas manos y se libera en un ángulo que permita al pez una inmersión rápida, con la finalidad de evitar posibles acciones de aves y mamíferos, que eventualmente se encuentran en las cercanías.

B.4.4. Registro de datos de peces marcados

Instrucciones

Las instrucciones para el registro de los datos del pez marcado son:

1. Para cada ejemplar de bacalao de profundidad marcado y liberado se deberá registrar toda la información especificada en el *Formulario registro de datos de peces marcados y liberados*, sin exepción.
2. Al final de la marea, el observador o encargado, debe remover del barco todas las marcas sin usar o dañadas y el equipo de marcado pertinente, y devolverlos junto con los datos de marcado a donde se indique.
3. El observador no debe incluir los datos de talla y peso de los bacalaos marcados y liberados en los muestreos biológicos y de la captura, ya que estos se encuentran registrados en el *Formulario registro de datos de peces marcados y liberados*.

B.5. Protocolo para la recuperación de marcas a bordo

Los observador o miembros de la tripulación designado para recolectar y notificar la recuperación de marcas a bordo deben:

1. Motivar a la tripulación del barco a que estén alertas y notifiquen la observación de peces con marcas en la captura.
2. Incitar o gestionar a que el procesamiento de los peces marcados **NO SE INICIE** hasta se hayan registrado sus datos solicitados en el *Formulario de recapturas*.
3. Registrar todos los datos de los peces recapturados solicitados en el *Formulario de recapturas*.
4. Determinar el sexo y estado de madurez del pez, de acuerdo con la escala de madurez usada para estos peces.
5. La longitud total del pez se redondeará al centímetro más cercano, notando que la cola del pez debe estar extendida de forma normal.
6. Recolectar los otolitos y las marcas en los sobres entregados para tal efecto.

B.5.1. Registro de datos de los peces recapturados

1. Para cada ejemplar de bacalao de profundidad recapturado se deberá registrar su longitud total, peso, sexo, estado de madurez, y los demás datos relacionados la posición, fecha de la recaptura, el arte usado, la captura del lance en que apareció la marca, etc., especificados en el *Formulario de recapturas*. Todos los campos del formulario deberán llenarse sin excepción para cada uno de los bacalaos recuperados.
2. El observador o encargado no debe incluir los datos de talla y peso de los bacalaos recuperados en los muestreos biológicos y de la captura, ya que estos se encuentran registrados en el *Formulario de recapturas*.

B.5.2. Envío de datos y marcar recuperadas

Al final de la marea, el observador o encargado, deberá enviar los sobres con los otolitos y marcas, y los formularios con datos a la dirección indicada, con el fin de hacer llegar la recompensa establecida a las personas que hayan detectado las marcas. Para este fin el observador o encargado a bordo deberá consignar el nombre y dirección de la persona que detectó las marcas.

B.6. Formularios

Los formularios para el registro de datos del proceso de marcado y recaptura de los peces marcados se muestran en las dos páginas siguientes.

PROGRAMA DE MERCADO Y RECAPTURA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD EN CHILE

MAREA: _____

[illegible]

FORMULARIO DE RECAPTURA

PROGRAMA DE MARCADO Y RECAPTURA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD EN CHILE

Nota: use una sola hoja por cada ejemplar de bacalao recapturado

Nombre de la Embarcación			
Bandera del Barco			
Marea		Lance	
Código Area			
Latitud (gg:mm:ss)		Longitud (gg:mm:ss)	
Nombre y cargo de la persona que encontró la marca			
Código o número de las marcas encontradas	Marca No. 1	Marca No. 2	Marca No. 3
Tipo/color de la marca			
Longitud del ejemplar (cm)			
Peso (g)			
Sexo			
Estadio de madurez (1:Inmaduro, 2:En desarrollo, 3 En maduración, 4:Maduro, 5:Desovado)			
Condición del pez (Excelente, normal, Deficiente)	Excelente	Normal	Deficiente
Condición del lugar de la marca			
Muestras conservadas	Pez entero	Otolitos	Otros
Foto de la marca (si/no). Tome una fotografía de la marca recuperada, y asegúrese que el número de la marca aparezca legible.			
Comentarios:			

Referencias

- [1] Agnew DJ and CA Moreno. 1992. The 1991/1992 fishery for *Dissostichus eleginoides* in Subarea 48.3. Scientific Selected Papers. SC-CAMLR-SSP/9. CCAMLR, Hobart, Australia, pag. 31-48.
- [2] Anon. 2007. IATIC workshop on using tagging data for fisheries stock assessment and management strategies. Repor (Compiled by Mark N. Maunder). La jolla California (USA), 16-19 october 2007. Available at [http://www.iattc.org/PDFFiles2/Tagging – WS – Oct – 2007 – Report – ENG.pdf](http://www.iattc.org/PDFFiles2/Tagging%20-%20WS%20-%20Oct%20-%202007%20-%20Report%20-%20ENG.pdf).
- [3] Anon. 2009. SC-CAMLR-XXVIII, Annex 5, Appendix L. Report of the working group on fish stock assessment. CCAMLR, Hobart, Australia, 12 to 23 October 2009.
- [4] Ashford JR, CM Jones, E Hofmann, I Everson, C Moreno, G Duhamel & R Williams. 2005. Can otolith elemental signatures record the capture site of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*), a fully marine fish in the Southern Ocean?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2832-2840.
- [5] Ashford JR, A Arkhipkin & CM Jones. 2006. Can the chemistry of otolith nuclei determine population structure of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides*?. *Journal of Fish Biology*, 69: 708-721.
- [6] Ashford JR & CM Jones. 2007. Oxygen and carbon stable isotopes in otoliths record spatial isolation of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71: 87-94.
- [7] Ashford JR, CM Jones, E Hofmann, I Everson, C Moreno, G Duhamel & R. Williams. 2008. Otolith chemistry indicates population structuring by the Antarctic Circumpolar Current . *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65: 135-146.
- [8] Ashford JR, B Fach, A Arkhipkin & C Jones. 2012. Testing early life connectivity supplying a marine fishery around the Falkland Islands. *Fish. Res.* (In press).
- [9] Bailey NTJ. 1951. On estimating the size of mobile populations from recapture data. *Biometrika*, 38: 293-306.

- [10] Bradtley J, NG Cadigan & K Dwyer. 2009. Assessment of the cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO Divisions 2J+3KL in 2009. DFO Canadian Scientific Advisory Secretariat Research Document 2009/061, VIII+92 p. Available at: [http : //www.dfo – mpo.gc.ca/CSAS/Csas/Publications/ResDocs – DocRech/2009/2009061_e.htm](http://www.dfo-mpo.gc.ca/CSAS/Csas/Publications/ResDocs-DocRech/2009/2009061_e.htm)[lastaccessed25march2010].
- [11] Bentley N, PA Breen, PJ Starr & T Kendrick. 2001. Assesment of the CRA3 and NSS stock of red rock lobster (*Jasus edwardsii*) for 2000. New Zealand Fisheries Assessment Report 2001/69: 27 pp.
- [12] Bertignac M, J Hampton & AL Jr. Coan. 1998. Estimates of exploitation rates for North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, from tagging data. *Fishery Bulletin*, 97: 421–433.
- [13] Besbeas P, SN Freeman, BJT Morgan & EA Catchpole. 2002. Integrating mark-recapture-recovery and census data to estimate animal abundance and demographic parameters. *Biometrics*, 58: 540-547.
- [14] Brown J, P Brickle, S Hearne & G French. 2010. An experimental investigation of the umbrella and spanish system of longline fishing for the patagonian toothfish (*Dissosstichus eleginoides*) in the Falkland Island: Implications for stock assessment and seabird by catch. *Fish. Res.* 106: 404-412.
- [15] Brownie C, DR Anderson, KP Burnham & DS Robson. 1985. Statistical inference from band recovery data- a handbook 2nd. edition U.S. Fish and Wildlife Service Resource Publication. 156 pp.
- [16] Butterworth DS , JN Ianelli & R Hilborn. 2003. A statistical model for stock assessment of southern bluefin tuna with temporal changes in selectivity. *African Journal of Marine Science* 25: 331-361.
- [17] Campbell RA. 2004. CPUE standarisation and the construcction of indices of stock abundance in a spatially varing fishery using generalized linear models. *Fish. Res.* 70: 209-227.
- [18] Candy SG & AJ Constable. 2005. An integrated assessment of the Patagonian toothfish (*Dissosstichus eleginoides*) in division 54.5.2 using CASAL. *CCAMLR Science*, 15: 1-34.
- [19] CEPES. 2010. Pesca de Investigación 2009 “Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao”. Informe Primera Etapa. Doc. Técnico del Centro de Estudios Pesqueros (CEPES), 64 pág.
- [20] Chapman DH. 1951. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological census. University of California Publications in Statistics 1: 131-160.

- [21] Collins MA, P Brickle, J Brown & M Belchier. 2010. The Patagonian toothfish: Biology, Ecology and Fishery. In Michael Lesser editor: *Advances in Marine Biology*. 58, 227-300. Elsevier Inc. Academic Press.
- [22] Deriso RB, TJ Quin II & PR Neal. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 815-824.
- [23] Ferrada S, C Hernández, C Canales-Aguirre, G Aedo, M San Martin & S Astete. 2008. Unidades poblacionales del Bacalao de profundidad. Informe Final Proyecto FIP 2006-41. Universidad de Concepción, 165 pág. incluidas páginas y anexos.
- [24] Francis RICC. 1988. Maximum likelihood estimation of growth and growth variability from tagging data. *New Zealand Journal of marine and Freshwater Research*, 22: 42-51.
- [25] Fournier DA & CP Archivald. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1195-1207.
- [26] Fournier DA, J Hampton & JR Sibert. 1998. MULTIFAN-CL: a length-based, age-structured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore. *Thunnus alalunga*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 2105-2116.
- [27] Guerrero A. & P. Arana. 2009. Fishing yields and size structures of patagonian toothfish (*D. eleginoides*) caught with pots and longline off far southern Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3), 361-370. In: "Deep-sea fisheries off Latin American". P.Arana, JAA Pérez and PR Pezzato (eds.).
- [28] Haist V. 1998. Integrated catch-age mark-recapture model: application to B.C. sablefish stocks. In: Fishery Stock Assessment Models (Proceedings of the International Symposium on Fishery Stock Assessment Models for the 21st Century, October 8-11, 1997, Anchorage, Alaska) F. Funk, T.J. Quinn II, J. Heifetz, J.N. Ianelli, J.E. Powers, J.J. Schweigert, P.J. Sullivan, & C.I. Zhang eds. Alaska Sea Grant College Program Report No. AK-SG-98-01, University of Alaska Fairbanks, pp. 679-692.
- [29] Hampton J & DA Fournier. 2001. A spatially disaggregated, length based, age-structured population model of yellow tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 52: 937-963.
- [30] Harden Jones FR. 1968. Fish Migration. Edward Arnold, London, UK. 325p.
- [31] Hearn WS, KH Pollock & EN Brook. 1998. Pre and post season tagging models: estimation of reporting rates and fishing and natural mortality rates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: 1255-1265.

- [32] Hilborn RW & CJ Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall Inc., New York.
- [33] Hillary RM, GP Kirdwood & DJ Agnew. 2006. An assessment of tootfish in subarea 48.3 using CASAL. *CCAMLR Science*, 13: 65-96.
- [34] Hoenig JM, NJ Barrowman, WS Hearn & KH Pollock. 1998. Mutliyear tagging studies incorporating fishing effort data. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 1466-1476.
- [35] Hucke-Gaete R, CA Moreno & J Arata. 2004. Operational interactions of sperm whales and killer whales with the Patagonian tootfish industrial fishery off southern Chile. *CCAMLR Science*, 11: 127-140.
- [36] Jackson CHN. 1939. The analysis of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 8: 238-246.
- [37] Jolly GM. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with death and Immigration - Stochastic Model. *Biometrika*, 52, 225-247.
- [38] Kleiber P, AW Argue & RE Kearney. 1987. Assessment of Pacific skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) resources by estimating in standing stock and components of population turnover from tagging data. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44: 1122-1134.
- [39] Leal C y PS Rubilar. 2008. Comparación del rendimiento promedio de la cachalotera y espinel tradicional del bacalao de profundidad. Documento técnico. CEPES. 16 págs.
- [40] Lebreton JD, KP Burnham, J Clobert & DR Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*, 62: 67-118.
- [41] Lincoln FC. 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *Circular U.S. Department of Agriculture*. No. 118.
- [42] Manly BEJ & MJ Parr. 1968. A new method of estimating population size, survivorship and birth rate from capture-recapture data. *Transactions of the Society for British Entomology*, 18: 81-89.
- [43] Løkkeborg S & T Pina. 1997. Effects of setting time, setting direction and soak time on longline catch rates. *Fisheries Research* 32: 113-222.
- [44] Lucas C. 1975. A method for estimating fishing mortality rates from tag recoveries when fishing is not constant. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 26, 75-79.

- [45] Maunder MN. 1998. Integration of tagging and population dynamics models in fisheries stock assessment. PhD dissertation, University of Washington: 306 pages.
- [46] Maunder MN. 2001. Integrated Tagging and Catch-at-Age ANalysis (ITCAAN). In Spatial Process and Mangament of Fish Populations, edited by GH Kruse, N Bez, A Booth, MN Dorn, S Hills, RH Lipcius, D Pelletier, C Roy, SJ Smith & D Witherell, Alaska Sea Grant College Program Report No. AK-SG-01-02, University of Alaska Fairbanks, pp 123-146.
- [47] Maunder MN. 2002. Growth of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the eastern Pacific Ocean, as estimated from tagging data. *Inter-Amerikan Tropical Tuna Commission Bulletin*, 22(2): 93-131.
- [48] Maunder MN. 2003. Paradigm shifts in fisheries stock assessment: from integrated analysis to bayesian analysis and back again. *Natural Resource modelling*, 16(4): 465-475.
- [49] Maunder MN. 2004. Population Viability Analysis, Based on Combinining Integrated, Bayesian, and Hierarchical Analyses. *Acta Oecologia* 26: 85-94. Special issue for the Extintion Working Group of the National Center for Ecological Sysnthesis and Analysis.
- [50] Moreno CA, R Castro, LJ Mujica & P Reyes. 2008. Significant conservation benefits obtained from the use of a new fishing gear in the chilean patagonian toothfish fishery. *CCAMLR Science*, 15: 79-91.
- [51] Parker RA. 1955. A method for removing the effect of recruitment on Petersen-type population estimates. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 12. 447-450.
- [52] Polacheck T, A Preece, A Betlehem & N Klaer. 1999. Treatment of data and model uncertainties in the assessment of southern bluefin tuna stocks . In: Fishery Stock Assessment Models. Alaska Sea Grant College Program Report No. AK-SG-98-01 (ed F. Funk, TJ Quinn II, J Heifezt, JN Ianelli, JE Powers, JF Schweigert, PJ Sullivan & CI Zhang). University of Alaska. Fairbank, pp. 613-637.
- [53] Polacheck T, JP Eveson & GM Laskett. 2002. Estimation of mortality rates from tagging data for pelagic fisheries: analysis and experimental design. CSIRO Project No. 2002/15.
- [54] Polacheck T, JP Eveson, GM Laslett, KH Pollock & WS Hearn. 2006a. Integrating catch-at-age and multiyear tagging data: a combined Brownie and Petersen estimation approach in a fishery context. *Canadian Journal of Aquatic Science*, 63(3): 534-548.

- [55] Polacheck T, JP Eveson & GM Laslett. 2006b. Estimation of mortality rates from tagging data for pelagic fisheries: analysis and experimental design. Final Report to the Fisheries Research and Development Corporation. FRDC Project No. 2002/015. pp. 45 + appendices.
- [56] Polacheck T, JP Eveson & GM Laskett. 2010. Classifying tagging experiments for commercial fisheries into three fundamental types based on design, data requirements and estimable population parameters. *Fish and Fisheries*, 11: 133-148.
- [57] Pollock KH, JD Nichols, C Brownie & JE Hines. 1990. Statistical Inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs*, 107.
- [58] Porch CE, VR Restrepo, SC Turner & GP Scott. 1995. Virtual Population Analysis of Atlantic bluefin tuna incorporating movement and tagging data. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, 44(1): 183-208.
- [59] Pulliam, H. R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist*, 132: 652-661.
- [60] Punt AE & DS Butterworth. 1995. Use tagging data within a VPA formalism to estimate migration rates of bluefin tuna across the North Atlantic. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, 44(1): 166-182.
- [61] Punt AE, F Pribac, TI Walker, BL Taylor & JD Prince. 2000. Stock assessment of school shark, *Galeorhinus galeus*, based on a spatially explicit population dynamics model. *Marine and Freshwater Research*, 51: 205-220.
- [62] Purves MG, Agnew DJ, Balguerías E, Moreno CA & 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: 1-16.
- [63] Quinn II TJ. 2003. Ruminations on the Development and Future of Population Dynamics Models in Fisheries, *Natur. Resource Modeling*, 16: 341-392.
- [64] Quiroz JC. 2011. Convenio: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2012. Bacalao de profundidad, 2012. Segundo Informe IFOP– SUBPESCA, Octubre 2011. 101 pág. incluidos anexos.
- [65] Reyes A, R Kido y CA Moreno. 2012. Captura y mantención de *Dissostichus eleginoides* para conformar un plantel de reproductores. *Latin American Journal of Aquatic Research* (LAJAR) (presentado).
- [66] Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191:, 382 pages.

- [67] Roche C, Guinet C, Gasco N & Duhamel G. 2007. Marine mammals and demersal longline fishery interactions in Crozet and Kerguelen exclusive economics zones: an assessment of depredation levels. *CCAMLR Science*, 14: 67-82.
- [68] Rubilar PS & A Zuleta. 2011. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Informe final. Pesca de Investigación Bacalao 2010. 87 pág. más anexos.
- [69] Schwarz CJ & GAF Seber. 1999. Review of estimating Animal Abundance III. *Statistic. Sci*, 14: 427-456.
- [70] Schnabel ZE. 1938. The estimation of the total fish population of a lake. *Amer. Matb. Mon.*, 45: 348-363.
- [71] Seber GAF. 1965. A note on the Multiple-Recapture census. *Biometrika*, 52: 249-259.
- [72] Seber GAF. 1982. The estimation of Animal Abundance and Related Parameter, 2nd. edn. Charles Griffin. London.
- [73] Siddeek MSM. 1989. The estimation of natural mortality in Irish Sea plaice *Pleuronectes platessa* L. using tagging methods. *J. Fish. Biol*, 35 (Suppl. A): 145-154.
- [74] Sibert JR. 1984. A Two-Fishery Tag-Attrition Model for the Analysis of Mortality, Recruitment and Fishery Interaction. South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia. Tuna and Billfish Assessment Programme Technical Report 13.
- [75] Sibert JR, J Hampton, DA Fournier & PJ Bills. 1999. An advection-diffusion - reaction models for the estimation of fish movement parameters from tagging data with application to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Canadian Journal of Aquatic Science*, 56: 925-938.
- [76] Sinclair M. 1987. Marine Populations: An essay on population regulation and speciation. Books in Recruitment Fishery Oceanography. Univ. Washington Press, Seattle. 225 p.
- [77] Skud BE. 1972. A reassessment of effort in the halibut fishery. International Pacific Halibut Commission, Scientific Report No. 54, 11 p.
- [78] Skud BE. 1975. Revised estimates of halibut abundance and the Thompson-Burkenroad debate. International Pacific Halibut Commission, Scientific Report No. 56, 36 p.
- [79] Skud BE & Hamley JM. 1978. Factors affecting longline catch and effort. International Pacific Halibut Commission. Scientific Report No. 64, 66p.

- [80] Southeast Data, Assessment, and Review (SEDAR). 2009. SEDAR 18 Atlantic Red Drum Stock Assessment Report. Available at:http://www.sefsc.noaa.gov/sedar/Sedar_Workshops.jsp?WorkshopNum=18[last accessed 25 March 2010].
- [81] Subpesca. 2010. Cuota Global de captura de Bacalao de Profundidad (*Dissostichus eleginoides*) en la unidad de pesquería, año 2011. Informe Técnico (R. Pesq.) Nr. 98-2010. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Subsecretaría de Pesca. 16 pág., más anexos.
- [82] Tixier P, N Gasco, G Duhamel, M Viviant, M Authier & C Guinet. 2010. Interactions of Patagonian toothfish fisheries with killer and sperm whales in the Crozet Islands Exclusive Economic Zone: an assessment of depredation levels and insights on possible mitigation strategies. *CCAMLR Science*, 17: 179–195.
- [83] Thorsteinsson V. 2002. Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries. Report of Concerted Action FAIR CT.96.1394 (CATAG). Reykjavik. Marine Research Institute Technical Report (79), pp 179.
- [84] Tuck GN, WK de la Mare, WS Hearn, R Williams, ADM Smith, X He & A Constable. 2003. An exact time or release and recapture stock assessment model with an application to Macquarie Island Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*). *Fish. Res.*, 63: 179-191.
- [85] Williams BK, JD Nicols & MJ Conroy. 2002. Analysis and Management of Animal Populations . Academic Press. San Diego.
- [86] Young Z, A Zuleta, H Robotham, M Aguayo & L Cid. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47°S y 57° S. Informe Técnico. IFOP – SUBPESCA, 63 p.
- [87] Zuleta A & PS Rubilar. 2011. Contribución del Programa de Investigación Colaborativa SUBPESCA-OBAC a la gestión de la pesquería del Bacalao. Documento CEPES presentado a SUBPESCA, abril del 2011.