UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Departamento de Oceanografía

INFORME FINAL CORREGIDO

PROYECTO FIP 2013-27

ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE RECLUTAMIENTO PARA MERLUZA DEL SUR Y MERLUZA DE COLA EN LA ZONA SUR Y AUSTRAL DE CHILE

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera

OFERENTE : Universidad de Concepción

Concepción, 21 de marzo de 2016

TÍTULO DEL PROYECTO	:	**ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE RECLUTAMIENTO PARA MERLUZA DEL SUR Y MERLUZA DE COLA EN LA ZONA SUR Y AUSTRAL DE CHILE**
REQUIRENTE	:	**Fondo de Investigación Pesquera**
UNIDAD EJECUTORA	:	**Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción**
DIRECTOR PROYECTO	:	**Dr. Sergio Neira**

Este documento debe ser citado como:

Neira S., Arancibia H., Alarcón R., Castro L., Cubillos L., Barros M. 2015. Informe Final Corregido Proyecto FIP 2013-27 "Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile". Universidad de Concepción, 244 pp.

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al informe final del proyecto FIP 2012-27 "Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile". El requirente de este estudio es el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) y la unidad ejecutora es la Universidad de Concepción, junto al Instituto de Fomento Pesquero en condición de institución subcontratada. Este informe presenta todos los resultados comprometidos en el proyecto, cumplido el plazo de ejecución. El objetivo general del proyecto es obtener indicadores de la fuerza y composición del reclutamiento anual poblacional de los recursos merluza del sur (*Merluccius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en áreas de la zona sur y austral del país. El informe se organiza en capítulos, correspondiendo cada capítulo a un objetivo específico del proyecto.

El Capítulo 1 presenta una revisión de información que permita identificar zonas que puedan ser consideradas como "áreas testigos" para el monitoreo del proceso de reclutamiento poblacional anual y las épocas del año más propicias para su detección y estimación en cada una de las especies objetivos (Objetivo Específico 1). El resultado de esta revisión permite proponer como áreas testigo del reclutamiento a la zona norte del mar interior de Chiloé (Golfo de Ancud-Fiordo Reloncaví) y de la región de Aysén (Canal Moraleda-Fiordo Aysén). Sin embargo, no se puede descartar la existencia de zonas de importancia para el reclutamiento de estas especies en el mar exterior. La época más propicia para monitorear el proceso de reclutamiento va desde agosto a noviembre de cada año (i.e., épocas de desove y reclutamiento).

El Capítulo 2 presenta propuestas metodológicas de monitoreo del proceso de reclutamiento que permitan obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio (Objetivo Específico 2). Los principales aspectos de esta propuesta son: i) un crucero de evaluación acústica destinado a evaluar la abundancia relativa de indicadores de reclutamiento en ambas especies, ii) muestreo de ictioplancton e hidrografía para colectar información de estadíos tempranos del ciclo de vida de las especies objetivo de este estudio, así como de indicadores oceanográficos e hidrológicos, y iii) análisis de contenido estomacal de peces adultos de

ambas especies objetivo que permitan identificar la presencia de pre-reclutas.

El Capítulo 3 presenta resultados de dos cruceros de investigación desarrollados entre octubre y noviembre de 2014 para levantar la información necesaria y calcular los respectivos índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio (Objetivo Específico 3). El primer crucero fue realizado en el Buque de Investigación Científico Abate Molina durante octubre de 2014 y fue diseñado para estimar la abundancia, biomasa y distribución espacial de reclutas de las especies objetivo. Durante este crucero se obtuvo muestras de estómagos de merluza de cola y merluza austral colectadas desde lances de identificación, usando un diseño aleatorio estratificado. Los individuos fueron pesados y medidos a bordo, donde se extrajo su estómago. Los estómagos fueron etiquetados, almacenados en frío, transportados a la Universidad de Concepción y analizados en laboratorio. Los resultados del crucero acústico indicaron que la biomasa acumulada (X y XI Región) de merluza del sur y merluza de cola alcanzó a 11.646 tons y 26.311 tons, respectivamente. Estos valores son comparables a los de evaluaciones recientes. En el caso de merluza del sur, 41,6% de la biomasa y 68,4% de la abundancia correspondió a ejemplares juveniles (<60 cm LT, que es talla media de madurez sexual). Los reclutas (< 45 cm LT) representaron 8,7% de la biomasa y 27,5% de la abundancia, respectivamente. En el caso de merluza de cola, 85,2% de la biomasa y 96,7% de la abundancia correspondió a ejemplares juveniles (<54 cm LT, que es talla media de madurez sexual). Los reclutas (< 35 cm LT) representaron 9,0% de la biomasa y 21,2% de la abundancia, respectivamente. Los resultados del crucero de evaluación acústica de merluza del sur y merluza de cola en el mar interior de la X y XI Región indican que este es perfectamente realizable y replicable en el futuro. No obstante, la construcción de un índice de reclutamiento requiere que estos estudios se realicen de forma sistemática y estandarizada, tanto en la época como en la zona de realización.

El análisis de contenido estomacal de individuos de merluza austral y merluza de cola capturados durante el crucero indicó que, independiente de la talla del predador, la merluza de cola es la principal presa de merluza del sur (>80% en peso). En el caso de merluza de cola se observó un cambio ontogenético en la dieta, con individuos pequeños (<30 cm) alimentándose de eufáusidos y camarón, mientras que los individuos de mayor talla (>55) se alimentaron exclusivamente de peces con un fuerte canibalismo. La transición en la dieta ocurre en los individuos de tallas intermedias que exhiben dieta mixta, aunque dominada por peces. Se

concluye que la merluza de cola es una especie clave en el sistema del mar interior, ya que es la principal presa de merluza austral y de si misma vía canibalismo. Por lo tanto, la recuperación de ambos stocks puede depender fuertemente del reclutamiento de merluza de cola. El crucero de ictioplancton se realizó en la embarcación Huracán I durante el mes de noviembre del 2014 y fue diseñado para colectar huevos y larvas de merluza austral y merluza de cola, así como información hidrográfica en el área de estudio. El área estudiada abarcó una grilla de 42 estaciones ubicadas desde el Seno de Reloncaví hasta las Islas Desertores, y una transecta de 12 estaciones desde el Fiordo Reloncaví hasta el Golfo Corcovado. En la grilla se realizó un muestreo oblicuo con redes Bongo, desde superficie a 200m de profundidad. En la transecta se efectuó un muestreo estratificado (0-25m, 25-50m, 50-100m, 100-200m) con una red Tucker Trawl. Los resultados indican que la zona elegida para el estudio piloto es de hecho una zona reproductiva durante la primavera. La abundancia de huevos y larvas fue comparable con estudios previos en la zona de estudio, mientras que la distribución de los estadíos tempranos de ambas especies indicó mayores abundancias de huevos y larvas en la zona norte del mar interior de Chiloé. Se observó un patrón que indica dispersión de huevos y luego larvas desde los sectores de la zona norte (Fiordo Reloncaví y Seno Relocaví) hacia el Golfo de Ancud y el Canal Desertores. Este patrón se asocia con mayores temperaturas superficiales y menores salinidades en la zona norte, y con aguas salinas y frías en el sur.

El Capítulo 4 presenta recomendaciones para la incorporación de indicadores de reclutamiento en los modelos de evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola (Objetivo Específico 4). Se evaluó el desempeño de estimadores con y sin el indicador de reclutamiento, utilizando un modelo de simulación que permite evaluar si los actuales modelos de evaluación de stock para cada especie mejoran al incluir un índice auxiliar de reclutamiento. Se concluye que es factible incorporar un indicador de reclutamiento en los actuales modelos de evaluación de stock para merluza austral y merluza de cola. Los estimadores del reclutamiento, biomasa y mortalidad por pesca/tasa de captura exhibieron un buen desempeño cuando se considera un índice auxiliar de reclutamiento, aunque podría existir sesgo asociado a alta incertidumbre (e.g., coeficiente de variación = 0.6).

EXECUTIVE SUMMARY

This document is the final report of the project FIP 2012-27 "Estimating recruitment indices for southern hake and hoki in the south and austral zones of Chile". The Chilean Fisheries Fund granted the project to Universidad de Concepción (Leading Institution) and the Chilean Fisheries Research Institute (Partner Institution). The main objective of the project is to obtain indicators of annual strength and composition of the population recruitment of southern hake (*Merluccius australis*) and hoki (*Macruronus magellanicus*) in the south and austral zones of Chile. The report is organized in chapters, with each chapter covering one specific objective.

Chapter 1 presents a literature review (national and international) to identify marine areas that can be considered as "witness areas" suitable to monitor the annual population recruitment, as well as the best time of the year to detect and estimate recruitment in both species. The review allowed to propose two "witness areas" in the inner sea of the study area: 1) the northern area of the inner sea of Chiloé (Ancud Gulf and Reloncaví Fjord) and 2) the northern part of the Aysén region (Moraleda Channel and Aysén Fjord). However, we cannot discard the possibility that some witness areas could be established also in the open oceanic waters. The best time of the year to monitor the recruitment process is spring, from August to November (i.e., after the spawning and recruitment periods).

Chapter 2 presents methodological proposals to monitor the recruitment process that allow obtaining representative indicators of the composition and annual strength of the recruits of southern hake and hoki in the study area.

Chapter 3. We also present the results of two research cruises carried out in the inner sea of Chiloé and Aysén region during October and November 2014. These cruises correspond to a pilot study designed to collect field observations that allow collecting the information needed to calculate recruitment indicators for the two species in the study area. The first cruise was conducted using the RV Abate Molina during October 2014, and was designed to estimate abundance/biomass and spatial distribution of the recruits. During this cruise, stomach samples were obtained for hoki and southern hake from the identification hauls using a stratified random sampling method. Individuals were sized and weighted and stomachs were frozen on board, transported and analyzed later in the laboratory at Universidad de Concepción. Results of the acoustic survey indicated a cumulative biomass (X and XI

Regions) of southern hake and hoki of 11 thousand y 26 thousand tons, respectivelly. These values are comparable with the assessment carried out in 2009. In the case of southern hake, 41,6% of the biomass and 68,4% of abundance corresponded to juveniles (<60 cm LT, the mean length at maturity). Recruits (<45 cm LT represented 8,7% of the biomass and 27,5% of the abundance, respectively. In hoki, 85,2% of the biomass and 96,7% of the abundance corresponded to juveniles (>54 cm LT, the mean length at maturity). Recruits (< 35 cm LT) represented 9,0% of biomass and 21,2% of abundance, respectively. Overall, results indicated that is it absolutely possible to carry out an acoustic survey to assess recruitment in southern hake and hoki in the inner sea of the X and XI regions. However, the construction of a recruitment index requieres that these surveys be carried out in a systematic and standardized way, specifically the time of the year as well as the area. In the case of the stomach content analysis results indicated that, regardless the size of the individuals of southern hake, hoki is by far the main prey (>80% in weight). An ontogenetic change in the diet of hoki was observed with small individuals of hoki (<30 cm) feeding on small crabs and euphausiids, while big individuals (>55) feed almost exclusively on fish with strong cannibalism. The transition occurs in intermediated-size individuals of hoki that exhibited mixed diet, yet dominated by fish. We conclude that hoki is a key species in the inner sea system, because it is the main prey for southern hake and itself via cannibalism. Therefore, the recovery of both species may strongly depend on the recruitment of hoki. The ichthyoplankton cruise was carried out using the "Huracán I" vessel during November 2014 and was designed to collect eggs and larvae of southern hake and hoki, as well as hydrographic information of the study area (inner sea of the X region). The study area considered a grid of 42 stations from the Reloncaví Sound to the Desertores Islands, and a transect of 12 stations from the Reloncaví Fjord to the Corcovado Gulf. In the grid, the sampling was carried out with a "bongo" net considering surface to 200m depth, while the transect considered stratified sampling (0-25m, 25-50m, 50-100m, 100-200m) using a Tucker Trawl net. Results indicated that the zone chosen for the study is in fact a reproductive zone for both species during spring. The abundance of eggs and larvae was comparable with historical records in the study area, while their distribution indicates higher abundance of eggs and larvae in the northern zone of the inner sea of Chiloé. A pattern seems to emerge indicating dispersion of eggs and then larvae from the northern sectors (Reloncaví Fjord and Reloncaví Sound) towards the Ancud Gulf and

the Desertores Channel. This pattern is associated to higher surface temperatures and lower salinities in the northern area and salty and colder waters in the south.

Chapter 4 presents recommendations to the incorporation of recruitment indices in the stock assessment models of southern hake and hoki based on an index of the relative abundance of recruits with observation error. The performance of the estimators with and without recruitment index is analyzed with a simulation model that allows assessing whether the performance of current stock assessment models are improved by the use of an "observed" recruitment indicator. It is concluded that it is feasible to incorporate a recruitment index into the current stock assessment models for southern hake and hoki. Estimators of recruitment, biomass and fishing mortality/catch rate exhibited good performance, but bias seemed to emerge in hake due to low precision in the recruitment index under high uncertainty (e.g., coefficient of variability = 0.6).

Índice

Pág.

RESUMEN EJECUTIVO i
EXECUTIVE SUMMARY iv
Listado de Figuras x
Listado de Tablas xxi
Listado de Anexos xxv
1. ANTECEDENTES 1
2. OBJETIVOS 5
3. RESULTADOS ESPERADOS (según Términos Básicos de Referencia) 6
4. RESULTADOS ESPERADOS 7
4.1. Objetivo Específico 1 8
Identificar áreas que puedan ser consideradas como "áreas testigos" para el monitoreo del proceso de reclutamiento poblacional anual y las épocas del año más propicias para su detección y estimación en cada una de las especies objetivos. 8
4.1.1. Introducción 8
4.1.2. Metodología 8
4.1.3. Resultados 11
4.1.4. Análisis y discusión de resultados 40
4.1.5. Conclusiones 41
4.2. Objetivo Específico 2 42
Formular la(s) propuesta(s) metodológica(s) de monitoreo del proceso de reclutamiento, que permita obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio. 42
4.2.1. Introducción 42
4.2.2. Metodología 42
4.2.3. Resultados 43
4.2.4. Discusión de resultados 59
4.2.5. Conclusiones 67
4.3. Objetivo Específico 3 68
Realizar una aplicación piloto de la metodología propuesta, basada en observaciones de campo, levantando la información necesaria y calcular los

respectivos índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio. 68
4.3.1. Introducción 68
4.3.2. Sección A. Crucero acústico mar interior X y XI regiones 68
4.3.2.1. Introdución 68
4.3.2.2. Metodología 69
4.3.2.3. Resultados 79
4.3.2.3. Discusión 97
4.3.2.4. Conclusiones 98
4.3.3. Sección B. Análisis de contenido estomacal 99
4.3.3.1. Introdución 99
4.3.2.2. Metodología 100
4.3.3.3. Resultados 102
4.3.3.4. Discusión 110
4.3.3.5. Conclusiones 114
4.3.4. Sección C. Crucero de ictioplancton e hidrografía 115
4.3.4.1. Antecedentes 115
4.3.4.2. Metodología 115
4.3.4.4. Resultados 120
4.3.3.5. Discusión 129
4.4. Objetivo Específico 4 168
Recomendar la forma de incorporar estos indicadores en los modelos de evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola, realizando un ejercicio de aplicación. 168
4.4.1. Introducción 168
4.4.2. Metodología 170
4.4.3. Resultados 176
4.4.3.1 Información básica disponible 176
Merluza de cola 176
Merluza del sur 180
4.4.3.2. Condicionamiento del modelo de simulación-estimación con índice de reclutamiento 187
4.4.3.3. Descripción del estimador (modelo de IFOP). 187
Merluza de cola 187
Merluza del sur 188

4.4.3.4. Índice de reclutamiento 188
Merluza de cola 188
Merluza del sur 197
4.4.4. Discusión y conclusiones 205
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 209
A N E X O S 220

Listado de Figuras

Pág.

Figura 1. Diagrama de flujo para la consulta de la base de datos bibliográfica. 10

Figura 2. Distribución de la merluza de cola en el cono sur de América. Clave: Área blanca: plataforma continental; Area achurada: distribución de merluza de cola; Áreas punteadas: distribución de larvas/juveniles; Flechas rojas: zonas de desove; Flechas negras; corrientes oceánicas (Fuente: Niklitschek *et al*., 2014). 14

Figura 3. Distribución de merluza austral en la ZEE de Chile. Se destaca las áreas de desove, de reclutamiento y principales migraciones tróficas (Basado en Aguayo, 1994). 17

Figura 4. Distribución de larvas de merluza austral (*Merluccius australis*) en aguas interiores de la X Región y norte de la XI Región, noviembre de 1995, 2006 y 2007. 22

Figura 5. Distribución de larvas de merluza de cola (*Merluccius magellanicus*) en aguas interiores de la X Región y norte de la XI Región en noviembre de 1995, 2006 y 2007. 23

Figura 6. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn^2) de merluza del sur (*Merluccius australis*) en los cruceros de verano (izquierda) e invierno (derecha) entre 2003 y 2011. 25

Figura 7. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn^2) de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en los cruceros de verano (izquierda) e invierno (derecha), entre 2003 y 2011. 26

Figura 8. Composición de tamaños para merluza de cola desde los cruceros de verano e invierno entre 2003 y 2011. 27

Figura 9. Composición de tamaños de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en los cruceros de verano (izquierda) e invierno (derecha) entre 2003 y 2011. 28

Figura 10. Distribución de copépodos grandes y pequeños en las zonas norte (43-47 oS) y sur (47 – 50 oS) de la XI Región durante dos cruceros efectuados en noviembre 2007 y noviembre 2008. Buscar la figura para la zona X. 30

Figura 11. Distribución de temperatura (superior), salinidad (centro) y densidad (abajo) entre la boca del Guafo y el seno Reloncaví. CIMAR 12, primavera. 33

Figura 12. Distribución de temperatura (superior), salinidad (centro) y densidad (abajo) entre la boca del Guafo y el Fiordo Aysén. CIMAR 13, primavera. 34
Figura 13. Perfiles verticales de frecuencia Brunt Vaisala hasta 30 m de profundidad. Estaciones ubicadas en el seno Reloncaví y en la boca del Guafo. CIMAR-12 (panel superior) y fiordo Aysén y en la boca del Guafo CIMAR-13 (panel inferior). Se incluye el promedio y desviación estándar de la anomalía de la energía potencial (ϕ, en Joule/m^3). 35
Figura 14. Tasas de producción primaria (PP) estimadas en forma simultánea a través del método del Oxígeno (O_2) y Carbono 14 (14C), en el sistema de fiordos y canales del Sur de Chile. (Extraído de Neira et al., 2012). 37
Figura 15. Área de estudio (achurado) de las evaluaciones hisdroacústicas de la abundancia y reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola. 47
Figura 16. Diseño de muestreo acústico en la Región de Los Lagos (izquierda) y Región de Aysén (derecha). 48
Figura 17. Relación entre el tamaño del huevo de anchoveta, cantidad de lípidos en esos huevos, y cantidad de proteínas con el éxito en la eclosión. (Castro *et al*., 2009). 55
Figura 18. Potenciales mediciones para determinar tamaño de los huevos de merluza, espacio perivitelino y tamaño e la gota oleosa. 55
Figura 19 Volumen promedio de huevos colectados en aguas exteriores (Ag-Ext; barras negras) y aguas interiores (Cimar 13-; barras blancas), durante 3 etapas de su desarrollo (principio, medio y final). 56
Figura 20. Serie anual de porcentajes de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común en la zona de desove centro-sur de Chile, obtenidas de las evaluaciones mediante MPDH. Se muestra que las variaciones en estaciones positivas difiere entre subzonas en anchoveta, pero concuerda entre subzonas en sardina común (Cubillos et al. 2013). 57
Figura 21. Serie anual de número de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común en la zona de desove centro-sur de Chile obtenidas en los cruceros el MPDH. Se muestra que las variaciones en abundancia coinciden en ambas especies en la zona sur (símbolos rojos, caída de abundancia de huevos de ambas especies desde el 2007 al 2012 y aumento en el 2013). Sin embargo, difieren en la zona central (símbolos verdes) (Cubillos *et al*., 2013). 59
Figura 22. Frecuencia de tallas de hembras colectadas en cruceros de hidroacústica en aguas exteriores (serie anual 2001-2008) e

interiores (2008) y estados de madurez determinados en los cruceros de aguas exteriores e interiores, en que se muestra la presencia de adultos más pequeños en estado reproductivo en aguas interiores. 61
Figura 23. Porcentaje de estaciones con presencia de larvas de ambas especies en la X y XI regiones. (Fuente: Leonardo Castro, Universidad de Concepción, data no publicada de cruceros CIMAR). 62
Figura 24. Presencia de larvas de merluza austral y merluza de cola en aguas interiores de la X región en primavera resaltando la zona norte de esta región como la que muestra mayores abundancias de larvas. Panel Superior = merluza austral; panel inferior = merluza de cola. Crucero CIMAR 17 año 2011. 66
Figura 25. Plano de red de arrastre de mediagua utilizada en los lances de pesca de identificación. 71
Figura 26. Diseño de muestreo mediante transectas en zigzag en el Golfo de Ancud (líneas rojas) y Canal Moraleda (líneas azules). En verde se muestra la navegación del barco desde el zarpe con profesionales de la Universidad de Concepción. 72
Figura 27. Recorrido acústico (transectas, líneas rojas) en la X y XI Región en octubre de 2014. 81
Figura 28. Disposición de los lances de pesca de identificación durante el recorrido acústico en la X Región en octubre de 2014. 82
Figura 29. Disposición de los lances de pesca de identificación durante el recorrido acústico en la XI Región en octubre de 2014 82
Figura 30. Composición de tamaños de merluza del sur en los lances de pesca de identificación (acumulado) durante la prospección acústica en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014. 85
Figura 31. Composición de tamaños de merluza del sur en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014. 87
Figura 32. Composición de tamaños de merluza de cola en los lances de pesca de identificación (acumulado) durante la prospección acústica en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014. 88
Figura 33. Composición de tamaños de merluza de cola en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014. 89
Figura 34. Relación talla-peso de merluza del sur en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014. 90
Figura 35. Relación talla-peso de merluza de cola en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región

(derecha) en octubre de 2014. 91
Figura 36. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la distribución espacial de merluza del sur (arriba) y merluza de cola (abajo) en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha). 93
Figura 37. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/km^2) de merluza del sur en la X Región (arriba) y XI Región (abajo). 94
Figura 38. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/km^2) de merluza de cola en la X Región (arriba) y XI Región (abajo). 95
Figura 39. Reclutamiento edad 3 desde 1990 hasta 2007 para merluza del sur (arriba) y merluza de cola (abajo) mediante APV mono-específico (izquierda) y APV multiespecífico, APVMS (derecha). Tomado de Arancibia *et al*. (2010; Figs. 44 y 47). 100
Figura 40. Distribución de frecuencias de tamaños de merluza austral muestreadas para obtención de estómagos con contenido (gris; n=291) y sin contenido (blanco; n=92); n total=383 estómagos. 103
Figura 41. Espectro trófico (porcentaje en peso) por rangos de tamaño (longitud total, cm) de merluza austral durante el crucero investigación. Mar Interior de Chiloé, octubre de 2014. Clave: pequeños: <70 cm; medianos: 70-79 cm; grandes: ≥80 cm. 105
Figura 42. Distribución de frecuencias de tamaños de merluza de cola muestreadas para obtención de estómagos con contenido (gris; n=336) y sin contenido (blanco; n=125); n total=461 estómagos. 106
Figura 43. Espectro trófico (porcentaje en peso) por rangos de tamaño (longitud total, cm) de merluza de cola durante el crucero investigación. Mar Interior de Chiloé, octubre de 2014. Clave: pequeños: <30 cm; medianos: 31-55 cm; grandes: >55 cm. 109
Figura 44. Estaciones bio-oceanográficas (plancton-CTD) efectuadas en la X región durante el crucero de noviembre del 2014 (Círculo azul: Muestreo con red Bongo y CTD; Círculo rojo: Muestreo con red Bongo, Red Tucker y CTD; Círculo amarillo: Muestreo con red Tucker y CTD). 133
Figura 45. Abundancia de huevos de merluza austral (A), merluza de cola (B), merluza común (C) y merluza sp (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Bongo). 134
Figura 46. Abundancia de larvas de merluza austral (A) y merluza de cola (B) y merluza común (C) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Bongo). 134
Figura 47. Abundancia promedio de huevos de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp obtenidos del área de estudio.

(Red Tucker). 135
Figura 48. Abundancia promedio de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común obtenidos del área de estudio. (Red Tucker). 135
Figura 49. Abundancia promedio de huevos de merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza sp., obtenidos en la zona de a) Fiordo Reloncaví, b) Seno Reloncaví, c) Golfo de Ancud, e) Canal Desertores. (Red Tucker). 136
Figura 50. Abundancia promedio de larvas de merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza sp., obtenidos en la zona de a) Fiordo Reloncaví, b) Seno Reloncaví, c) Golfo de Ancud, e) Canal Desertores. (Red Tucker). 137
Figura 51. Longitud estándar (mm) de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común en los diferentes sectores (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Canal Desertores, Golfo Corcovado) de la X región. (red Tucker). 138
Figura 52. Temperatura superficial del mar (°C) *de balde* en la zona austral de Chile (41°50'S-42°43'S) durante el crucero de ictioplancton (noviembre 2014). 139
Figura 53. Imagen satelital mensual de temperatura superficial del mar (ºC) y clorofila a, durante el periodo de muestreo, noviembre 2014. 139
Figura 54. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) en superficie (1m). (red Bongo) 140
Figura 55. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) a la profundidad de 50 m. (Red Bongo). 141
Figura 56. Sección vertical de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (Red Tucker). 142
Figura 57. Diagrama T-S de todas las estaciones agrupadas por sector (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Islas Desertores) en primavera 2014 143
Figura 58. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza austral sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 1 m (A) y 50 m (B) de profundidad (red Bongo). 144
Figura 59. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza de cola sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 1 m (A) y 50 m (B) de profundidad (red Bongo). 145
Figura 60. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza común sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 1 m (A) y 50 m

(B) de profundidad (red Bongo). 146
Figura 61. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza austral sobre secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (red Tucker). 147
Figura 62. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza de cola sobre secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (red Tucker). 148
Figura 63. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza común sobre secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (red Tucker). 149
Figura 64. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1m y 50m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza spp. 150
Figura 65. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1m y 50m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común. 151
Figura 66. Análisis de Quotient, donde muestra la distribución de frecuencia de ocurrencia de las variables ambientales y quotient para huevos de merluza austral (línea roja), merluza común (línea azul) y merluza sp (línea verde). Variables ambientales son temperatura y salinidad a 1m (A) y 25m de profundidad (B). 152
Figura 67. Diámetro de los huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común colectados en el Fiordo Reloncaví (FR), Seno Reloncaví (SR), Golfo Ancud (GA), Canal Desertores (CD) y Golfo Corcovado (GC). (Línea roja: promedio) (red Tucker) 153
Figura 68. Diámetro de la gota oleosa de huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común colectados en el Fiordo Reloncaví (FR), Seno Reloncaví (SR), Golfo Ancud (GA), Canal Desertores (CD) y Golfo Corcovado (GC). (línea roja: promedio) (red Tucker) 153
Figura 69. Estaciones totales (E. total) y estaciones positivas de huevos (panel izquierdo) y larvas (panel derecho) por especie (merluza austral (M. austral), merluza de cola (M. cola), merluza común (M. común) y año. 154
Figura 70. Abundancia promedio de huevos (panel izquierdo) y larvas (panel derecho) por especie y año, considerando las estaciones positivas. 154

Figura 71. Razón entre la abundancia promedio de huevos y larvas por especie y año. (Data histórica) 155
Figura 72. Diagrama de flujo del procedimiento de Evaluación de Modelos de Evaluación, considerando un índice de reclutamiento (adaptada de Punt, 2003). 173
Figura 73. Proporción de individuos a la edad de la abundancia de merluza de cola en los cruceros de evaluación acústica del stock desovante, en el período 2000-2010. 178
Figura 74. Proporción de individuos a la edad de la captura de merluza de cola por la flota industrial de cerco, en el período 1996-2001. 178
Figura 75. Proporción de individuos a la edad de la captura de merluza de cola por la flota industrial de arrastre en aguas exteriores de la Patagonia, en el período 1988-2009. 179
Figura 76. Proporción de individuos a la edad de la captura de merluza de cola por la flota industrial de arrastre en Chile central (V-X región), en el período 2003-2009. 179
Figura 77. Proporción de individuos a la edad de la abundancia de merluza del sur, evaluada por acústica en el período 2000-2011. 181
Figura 78. Proporción de individuos a la edad de las capturas de arrastre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1981 a 1994. 183
Figura 79. Proporción de individuos a la edad de las capturas de arrastre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1995 a 2011. 184
Figura 80. Proporción de individuos a la edad de las capturas de palangre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1987 a 1999. 185
Figura 81. Proporción de individuos a la edad de las capturas de palangre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 2000 a 2011. 185
Figura 82. Proporción de individuos a la edad de las capturas de longline de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1989 a 1999. 186
Figura 83. Proporción de individuos a la edad de las capturas de longline de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 2000 a 2011. 186
Figura 84. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza cola (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la

estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente. 189

Figura 85. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza cola (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1. Donde la región azul y verde claro corresponden al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente. 190

Figura 86. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza cola (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente. 190

Figura 87. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento. 191

Figura 88. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento. 192

Figura 89. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento. 192

Figura 90. Tasa de explotación total estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-

2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la tasa de explotación total en el modelo con índice de reclutamiento. 193
Figura 91. Tasa de explotación total estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la tasa de explotación total en el modelo con índice de reclutamiento. 194
Figura 92. Tasa de explotación total estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la tasa de explotación total en el modelo con índice de reclutamiento. 194
Figura 93. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento. 195
Figura 94. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento. 196
Figura 95. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento. 196
Figura 96. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza del sur (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8. Donde la región azul y verde claro corresponden al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones,

respectivamente. 197
Figura 97. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza del sur (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente. 198
Figura 98. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza del sur (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente. 198
Figura 99. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento. 199
Figura 100. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento. 200
Figura 101. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento. 200
Figura 102. Mortalidad por pesca total estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la mortalidad por pesca en el modelo con índice de reclutamiento. 201

Figura 103. Mortalidad por pesca total estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la mortalidad por pesca en el modelo con índice de reclutamiento. 202
Figura 104. Mortalidad por pesca total estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la mortalidad por pesca en el modelo con índice de reclutamiento. 202
Figura 105. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980 a 2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento. 203
Figura 106. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento. 204
Figura 107. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento. 204

Listado de Tablas

Pág.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de metodologías directas e indirectas en la estimación del reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola. APV + MS: Análisis de población virtual y modelos estadísticos. 49
Tabla 2. Principales supuestos de metodologías directas e indirectas relacionados a la estimación del reclutamiento. 50
Tabla 3. Número y porcentaje de estaciones con larvas de ambas especies, y abundancia promedio en las estaciones positivas en los distintos meses del año. Se indican además, los cruceros y años de muestreo (Leonardo Castro, Universidad de Concepción, datos no publicados). 63
Tabla 4. Contribución de individuos de las distintas zonas de crecimiento a las zonas de mezcla en distintas localidades en la Patagonia y sector sur de la Corriente de Humboldt. (copiado de Niklitschek *et al*., 2014). 65
Tabla 5. Variables operativas de la evaluación acústica piloto en el mar interior de la Región de Los Lagos y Región de Aysén. Merlaus = *Merluccius australis* (merluza del austral o del sur), Macrmag = *Macruronus magellanicus* (merluza de cola) 80
Tabla 6. Principales variables de los lances de identificación realizados durante la evaluación acústica piloto en el mar interior de la X y XI Región. TAE = tiempo de arrastre efectivo. Merlaus: merluza del austral, Macrmag: merluza de cola. 83
Tabla 7. Estadísticos de la longitud total de merluza del sur y merluza de cola en los lances de pesca de identificación durante la evaluación acústica piloto en la X y XI Región en octubre de 2014. Merlaus = *Merluccius australis* (merluza del austral o del sur), Macrmag = *Macruronus magellanicus* (merluza de cola). 86
Tabla 8. Parámetros del variograma teórico según el modelo de variograma teórico ajustado a la distribución espacial de la densidad de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región. VNE: Varianza no explicada. 92
Tabla 9. Área de distribución del recurso, densidad poblacional (ton/km^2) promedio, desviación estándar y tamaño de muestra (n) de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región. 96

Tabla 10. Biomasa total (toneladas) de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región y la fracción juvenil y de pre-reclutas. 97
Tabla 11. Biomasa total (toneladas) de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región estimada por Lillo *et al.* (2011) y este estudio....98
Tabla 12. Número de estómagos con contenido, sin contenido y total de merluza austral y merluza de cola muestreados en el crucero de este proyecto.....102
Tabla 13. Dieta de merluza austral (en peso)....104
Tabla 14. Espectro trófico (porcentaje en peso) por tamaño de merluza austral (longitud total en cm)....104
Tabla 15. Dieta de la merluza cola (en peso)....107
Tabla 16. Espectro trófico (porcentaje en peso) por tamaños de merluza de cola (longitud total en cm)....108
Tabla 17. Dieta de merluza austral (porcentaje en peso) en cruceros de varios años, mar exterior XI Región (tomado y adaptado de Lillo *et al*., 2005; Lillo *et al*., 2009; y Lillo *et al*., 2010). 111
Tabla 18. Dieta de merluza de cola (porcentaje en peso) en cruceros de varios años, mar exterior XI Región (tomado y adaptado de Lillo *et al*., 2005; Lillo *et al*., 2009; y Lillo *et al*., 2010). 112
Tabla 19. Embarcación utilizada en el crucero de ictioplancton, coordenada de la Región, periodo de muestreo y número de estaciones....156
Tabla 20. Posiciones de las estaciones bio-geográficas (plancton - CTD) realizadas por el crucero de ictioplancton en la X región.....157
Tabla 21. Número de estaciones totales, estaciones con huevos y larvas de merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza sp, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos y larvas de cada especie del total de estaciones muestreadas (red Bongo). Corregida 159
Tabla 22. Número total de huevos y larvas de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp, promedio (y desviación estándar) de huevos y larvas considerando el número total de estaciones del área de estudio y considerando sólo las estaciones positivs, y máxima abundancia de huevos y larvas (individuos $1000m^{-3}$) (red Bongo). Corregida 159
Tabla 23. Número de estaciones totales por sector, estaciones (positivas) con huevos y larvas de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp, y el porcentaje que representan las estaciones por sector con huevos y larvas de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector (red Bongo). 160

Tabla 24. Número total de huevos (suma e estandarizados; hx1000m-^{3}) de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp. por sector; promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos 1000m^{-3}) (red Bongo) 161
Tabla 25. Número total de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos 1000m^{-3}) (red Bongo). 162
Tabla 26. Rango de preferencia de temperatura y salinidad superficial (~1m) y 25m de profundidad, obtenidos del análisis de Quotient para los huevos de merluza austral, merluza común y merluza sp. 163
Tabla 27. Resultados de los análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la hipótesis nula de que la distribución de huevos de merluza austral, merluza común y merluza sp son al azar con respecto a una variable ambiental particular a nivel superficial (~1m) y 25m de profundidad (Significancia de K-S: *: $p<0,05$; $^{+}$: $p>0,05$ = ns) 163
Tabla 28. Diámetro de la gota oleosa y huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común. 164
Tabla 29. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis en la comparación del diámetro de la gota oleosa (y huevo) por sector (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Canal Desertores, Golfo Corcovado). 165
Tabla 30. Número de estaciones totales, estaciones con huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas, y el promedio (y desviación estándar) de huevos considerando las estaciones positivas. (Data histórica) 166
Tabla 31. Número de estaciones totales, estaciones con larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común, y el porcentaje que representan las estaciones con larvas de cada especie del total de estaciones muestreadas, y el promedio (y desviación estándar) de larvas considerando las estaciones positivas. (Data histórica) 167
Tabla 32. Datos de biomasa evaluada por acústica, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estándar para la flota de arrastre que opera en la Pesquería Demersal Austral (X-XII Región), CPUE estándar de la pesquería de cerco que operó en la zona central de Chile (V-X Región), y registros de captura de la flota industrial de cerco, industrial de arrastre que opera en la zona central (V-X Región), y en la PDA (X-XII Región). 177

Tabla 33. Merluza del sur. Datos de biomasa evaluada por acústica, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estándar para la flota de arrastre que opera en la Pesquería Demersal Austral (X-XII Región), CPUE estándar de la pesquería de arrastre, de palangre industrial y de la flota artesanal que utiliza espinel en aguas interiores (Quiroz & Wiff, 2012).....182

Listado de Anexos

Pág.

ANEXO 1. Proyecto FIP 2013-27. Minuta Reunión de Coordinación 221
ANEXO 2. Taller de Coordinación Inicio de Proyecto 223
ANEXO 3. Respuesta a observaciones del evaluador a la Oferta Técnica 225
ANEXO 4. Taller de Difusión 231
ANEXO 5. Composición y organización del equipo profesional y técnico 240
ANEXO 6. Registro Fotográfico. Taller de Difusión de Resultados 243

1. ANTECEDENTES

Chile es uno de los países del mundo más privilegiados desde el punto de vista pesquero. En primer lugar, nuestro país posee más de cuatro mil kilómetros lineales de costa, lo que le confiere alta diversidad de sistemas costeros y de océano abierto propicios para la pesca y la acuicultura. En segundo lugar, la mayor parte de Zona Económica Exclusiva chilena es continuamente influenciada por corrientes y procesos oceanográficos que aseguran alta productividad pesquera. Dentro de ellas se cuentan la Corriente de Humboldt y el proceso de surgencia costera, que inyectan nutrientes a la capa fótica, permitiendo la alta productividad primaria, base de tramas tróficas altamente productivas. Consecuentemente, la actividad pesquera es un área de la economía chilena, proveyendo empleo y riqueza a través de la actividad de flotas industriales y artesanales operan frente a las costas de Chile.

Sin embargo, los desembarques de la pesca extractiva han venido disminuyendo desde principios de la década de los años 2000, lo que es consecuente con la disminución en los estimados de biomasa de las especies que dominan en los desembarques. En particular, en el extremo sur-austral de Chile se desarrollan importantes pesquerías que operan, principalmente, sobre merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), merluza austral (*Merluccius australis*), congrio dorado (*Genypterus maculatus*), merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y rayas (*Raja* spp.).

Las causas del declive de la abundancia de estas especies no son del todo conocidas, aunque la sobrepesca podría ser el factor más importante. Sin embargo, es posible que existan otros factores además de la pesca. Por ejemplo Arancibia *et al*. (2010) han realizado el análisis más exhaustivo de la pesquería demersal sur-asutral (PDA), avanzando en un enfoque multiespecífico y ecosistémico de la misma, concluyendo que la pesca y la mortalidad por predación son causas importantes de mortalidad total para las especies de peces carnívoros de la PDA. Además, esos autores plantean la hipótesis de un cambio de régimen que habría afectado la productividad global del ecosistema, desde un estado de mayor productividad, a principios de la década de los noventa, hasta uno de menor productividad, en la década de los dos mil. Este cambio es consistente con un cambio de régimen para el reclutamiento de merluza de cola (Cubillos et al., 2014).

Algunos estudios tróficos disponibles indican que la fracción juvenil de merluza de cola juega un rol central en la trama trófica que sustenta las especies que captura la PDA (Payá, 1992; Pool *et al*., 1992, Arancibia et al., 2010; Neira et al., 2014; 2012). Esos individuos son la principal presa para los adultos de merluza de cola (canibalismo) y para merluza austral y congrio dorado.

El reclutamiento, i.e., el proceso mediante el cual nuevos individuos (peces jóvenes) se suman a la población adulta, junto a la mortalidad natural son dos de las principales fuentes de incertidumbre en la evaluación de recursos pesqueros. La variabilidad en el reclutamiento de especies explotadas ha sido un área de interés en ciencia pesquera desde sus inicios (Hjort, 1914; Cushing, 1995; Chambers & Trippel, 1997). Sin embargo, su predicción sigue siendo incierta afectando estimados de estructura de edad, crecimiento y mortalidad. Lo anterior puede llevar a una mala estimación de medidas importantes para el manejo como el reclutamiento, la biomasa desovante y la mortalidad por pesca. Como consecuencia última, la incertidumbre en el reclutamiento resulta en una mala comprensión de la dinámica poblacional de las especies explotadas y en decisiones de manejo erradas (Allen & Pino, 2000; Buynak & Mitchell, 2002).

La merluza de cola y la merluza austral son especies de aguas profundas y demersales, respectivamente. Sin embargo, su reclutamiento ha sido altamente variable durante la historia de sus pesquerías. En efecto, se ha estimado reclutamientos altos para estas especies entre fines de los setentas hasta los noventas y bajos reclutamientos desde fines de los noventas hasta el presente. Actualmente la estimación de abundancia de reclutas para merluza de cola y merluza del sur son cuestionadas debido a la poca precisión que tienen los modelos de evaluación stock en la estimación del reclutamiento. Lo anterior parece crítico considerando que la nueva Ley de Pesca y Acuicultura de Chile exige planes de manejo y recuperación para especies afectadas por sobrepesca. Entonces, el diseño de estrategias de recuperación de la biomasa de merluza de cola y merluza austral debe abordar y considerar la variabilidad en el reclutamiento de ambos stocks.
Así, el estudio del reclutamiento en estas especies junto con la obtención de un(os) índice(s) de reclutamiento es un objetivo importante para el manejo sustentable. Sin embargo, también es importante evaluar si un índice de reclutamiento es capaz de mejorar el desempeño de los modelos de evaluación de stock que se utilizan en la actualidad.

La literatura especializada para las especies y área en estudio indica que la zona del mar interior de la zona sur-austral es una zona reproductiva durante primavera (Balbontín & Bernal 2003, Balbontín 2006, Landaeta & Castro 2006, Bustos et al. 2007, Castro et al. 2006, 2007, 2008, 2011; Landaeta et al. 2009; ver revisión en Neira et al. 2012). Además, los cruceros de evaluación indican una segregación espacial en ambas especies con los adultos distribuidos en el mar exterior y los juveniles en el mar interior (Lillo et al., 2011; Córdova, 2006). La alta presencia de ejemplares juveniles en aguas interiores correspondería a la existencia de áreas de reclutamiento (individuos sobre 30 cm LT), los que estarían presentes en la mayor parte de la zona de aguas interiores de la X y XI Regiones (Céspedes *et al*., 1996).

En lugares donde se explota simultáneamente varios recursos pesqueros por uno o más tipos de flotas, como en la zona sur-austral de Chile, las interacciones biológicas (predación) entre especies de peces que son recursos pesqueros puede analizarse mediante modelos de evaluación de stock multiespecíficos como el Análisis de Población Virtual Multiespecífico, APVMS (Sparre, 1991), el que fue aplicado extensamente por primera vez por Pope y Macer (1991) para la comunidad de peces del Mar del Norte para el período 1963 a 1987. En cualquier análisis multiespecífico de evaluación de stock se requiere establecer previamente las relaciones tróficas y su variabilidad entre predadores y presas, análogamente a lo reportado por de Winter (1991). Este tipo de enfoque permite mejorar las estimaciones de la abundancia de reclutas (Gislason, 1991), tal como fue mostrado por Arancibia *et al.* (2010) para recursos pesqueros del sur de Chile. En efecto, el análisis de las interacciones tróficas de merluza austral (*Merluccius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) (Arancibia *et al*., 2010) indica que estas especies son mayormente ictiófagas y que la merluza de cola es el principal ítem presa en merluza austral, congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y merluza de cola (canibalismo), coincidiendo en general con lo reportado por Pool *et al*. (1997).

El Fondo de Investigación Pesquera, consciente de la importancia del reclutamiento como proceso que agrega abundancia a los stocks pesqueros, realizó un llamado público para el estudio denominado “Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile (FIP 2013-27)”. La Universidad de Concepción respondió a este llamado presentando una Oferta Técnica y una Oferta Económica que integran a un grupo de

científicos expertos nacionales e internacionales en cada uno de los aspectos principales de los términos técnicos de referencia, como son definición de áreas de reclutamiento, diseño y aplicación de muestreo en la zona sur y austral (que incluye desde producción primaria, producción secundaria, ictioplancton y reclutas), dinámica de poblaciones explotadas y evaluación de stock (incluyendo relaciones ambiente-recurso), y trofodinámica. Este documento corresponde al informe final de este proyecto y contiene todos sus resultados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Obtener indicadores de la fuerza y composición del reclutamiento anual poblacional de los recursos merluza del sur y merluza de cola en áreas de la zona sur y austral del país.

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1. Identificar áreas que puedan ser consideradas como "áreas testigos" para el monitoreo del proceso de reclutamiento poblacional anual y las épocas del año más propicias para su detección y estimación en cada una de las especies objetivos.

2.2.2. Formular la(s) propuesta(s) metodológica(s) de monitoreo del proceso de reclutamiento, que permita obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

2.2.3. Realizar una aplicación piloto de la metodología propuesta, basada en observaciones de campo, levantando la información necesaria y calcular los respectivos índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

2.2.4. Recomendar la forma de incorporar estos indicadores en los modelos de evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola, realizando un ejercicio de aplicación.

3. RESULTADOS ESPERADOS (según Términos Básicos de Referencia)

Este informe contiene todos los resultados comprometidos en nuestra Oferta Técnica.

3.1. Identificación de las áreas "testigo" del proceso de reclutamiento poblacional de los recursos merluza del sur y de cola, en aguas de la zona sur y austral.

3.2. Identificación de las ventanas temporales más adecuadas para realizar el monitoreo del proceso de reclutamiento en las primeras fases del ciclo vital de merluza del sur y merluza de cola en el área de estudio.

3.3. Entrega de metodologías de costo-efectivas y probadas en terreno para colectar la información necesaria con fines de obtención de indicadores de reclutamiento para las dos especies objetivo de este estudio.

3.4. Entrega de una metodología confiable (protocolos de trabajo y modelos) para estimar las fuerzas de reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

3.5. Información de campo generada mediante una aplicación piloto del procedimiento de monitoreo del reclutamiento propuesto en este mismo proyecto, incluyendo cualquier otra información científicamente validada que pudiera estar disponible y útil para los fines de este estudio.

3.6. Indicadores preliminares de la composición y fuerza del reclutamiento poblacional de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

3.7. Incertidumbre asociada a los diferentes métodos de estimación y a la aplicación de estos indicadores preliminares en el modelo de evaluación de stock.

3.8. Análisis comparativo de las bondades y limitaciones de los índices generados por el estudio mediante la aplicación de un ejercicio de evaluación de stock en estos recursos, utilizando los actuales modelos en uso para esos fines.

3.9. Conclusiones y recomendaciones emanadas del Taller de difusión y discusión de resultados.

3.10. Resumen del proyecto en idioma inglés, para fines de difusión en el informe final.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Para una mejor revisión de este informe, los resultados se presentan por objetivo específico. Previamente se presenta el Cronograma de Asuntos Administrativos del proyecto a la fecha de emisión del Pre-Informe Final Corregido.

Fecha	Asunto administrativo	Situación administrativa
08/01/2014	Decreto Exento Nº 01 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo: Adjudica Oferta para la Ejecución del Proyecto y Aprueba contrato de investigación celebrado entre el CIP y la UdeC.	Finalizado
26/03/2014	Reunión de Coordinación inicial del Proyecto entre la unidad ejecutora, el Requirente y la Contraparte Técnica.	Finalizado
27/06/2014	Taller metodológico desarrollado por el equipo de la unidad ejecutora para la contraparte técnica.	Finalizado
15/07/2014	Entrega de informe de avance	Finalizado
10/10/2010	Solicitud Pesca de Investigación (PI)	Finalizado
21/10/2014	Aprobación PI	Finalizado
10/11/2014	Publicación extracto aprobación PI	Finalizado
07/05/2015	Taller de Difusión	Finalizado
12/05/2015	Entrega de Pre-Informe Final	Finalizado
01/10/2015	Entrega de Pre-Informe Final Corregido	Finalizado
15/12/2015	Entrega del Informe Final	Finalizado
21/03/2016	Entrega del Informe Final	Finalizado

4.1. Objetivo Específico 1

Identificar áreas que puedan ser consideradas como "áreas testigos" para el monitoreo del proceso de reclutamiento poblacional anual y las épocas del año más propicias para su detección y estimación en cada una de las especies objetivos.

4.1.1. Introducción

En este capítulo se presenta una revisión de la información existente respecto de los aspectos espaciales y temporales del proceso de reclutamiento de las especies objetivo del estudio en la zona centro y sur de Chile. La síntesis de la información permite proponer "áreas testigo" para el monitoreo del proceso de reclutamiento poblacional anual y las épocas del año más propicias para su detección en cada una de las especies objetivos.

4.1.2. Metodología

Para identificar y posteriormente seleccionar áreas que puedan ser consideradas como "áreas testigos" para el monitoreo del proceso de reclutamiento de merluza de cola y merluza del sur en la zona sur y austral, se realizó una minuciosa revisión del estado del arte respecto de la distribución espacio-temporal de la fracción reclutas de ambos recursos, ya sea en el mar exterior como en el mar interior y en toda su área de distribución. También se revisó información relativa a otros componentes bióticos y abióticos relevantes para arribar a una mejor comprensión del reclutamiento de estas especies. Se revisó data de la distribución y abundancia de alimento de reclutas (fitoplancton, zooplancton) y del ictioplancton (huevos y larvas de las especies objetivo). También se consideró data respecto de potenciales predadores de estadíos tempranos y juveniles de merluza austral y merluza de cola, así como de la oceanografía de áreas de alta concentración de huevos, larvas y reclutas. Para la recopilación de antecedentes bibliográficos se consultó las bibliotecas de la Universidad de Concepción (UdeC), del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), y de otras universidades e instituciones de investigación. También se consultó información

disponible generada en el marco de proyectos del FIP, CIMAR, FONDECyT y otros muestreos de ocasión realizados en el área de estudio. Las bases de datos bibliográficas consultadas fueron:

- **ASFA (Aquatic Sciencies and Fisheries Abstracts)**, contiene información desde 1971, con una actualización mensual de 3.700 archivos. A partir del 2004, ASFA cuenta con más de 950.000 registros con una cobertura temática en acuicultura, organismos acuáticos, polución acuática, ambientes de aguas salobres, conservación, calidad medioambiental, pesquerías, biotecnología marina, ambientes marinos, meteorología, oceanografía, política, legislación y manejo. ASFA (http://www.csa.com/).

- **Oceanic Abstracts**: Posee una cobertura temática en oceanografía biológica, ecología, oceanografía física y química, geoquímica, polución marina, recursos marinos, navegación y comunicaciones, derecho marítimo y biología marina. Contiene información desde 1981 hasta la fecha y tiene una periodicidad de publicación mensual, con aproximadamente 1.209 archivos. (http://www.csa.com/factsheets/oceanic-setc.php).

- **Science Direct**: Posee una cobertura temática en las áreas científicas, médicas y técnicas. Es un servicio electrónico de información de texto completo, exclusivamente institucional (http://www.sciencedirect.com/).

- **Springer link**: Es un servicio de la editorial Springer que posee información de una colección de revistas especializadas con más de 600.000 documentos individuales (http://www.springer.com).

- **Scholar Google**: Es un buscador de bibliografía especializada de la investigación académica para un gran número de disciplinas y fuentes como tesis, libros, resúmenes y artículos de editoriales académicas, sociedades profesionales y universidades (http://scholar.google.cl/).

Se implementó un sistema de información de apoyo que incorpora todas las fuentes de datos e información disponibles para sustentar la selección de un sistema de monitoreo independiente de

la pesquería y orientado a la construcción de índices de abundancia de reclutas de merluza de cola y merluza austral. Este sistema se basará en las siguientes fuentes de datos y subsistemas de información:

a) Fuentes de conocimiento científico y técnico (base de datos bibliográfica).

b) Subsistema de información biológico-pesquera disponible (registros históricos de ambas especies).

c) Subsistema de recopilación de datos (registros recopilados durante esta investigación).

El procesamiento de la información bibliográfica consistió en organizar un sistema de consulta a través del software de base de datos bibliográficos ENDNOTE, que se incorporará al Sistema de Información de soporte del Proyecto. Los datos (referencias) contenidos en el sistema de consulta serán el soporte para la búsqueda sistemática de las metodologías, resultados importantes y aportes relevantes al tópico a investigar (Fig. 1).

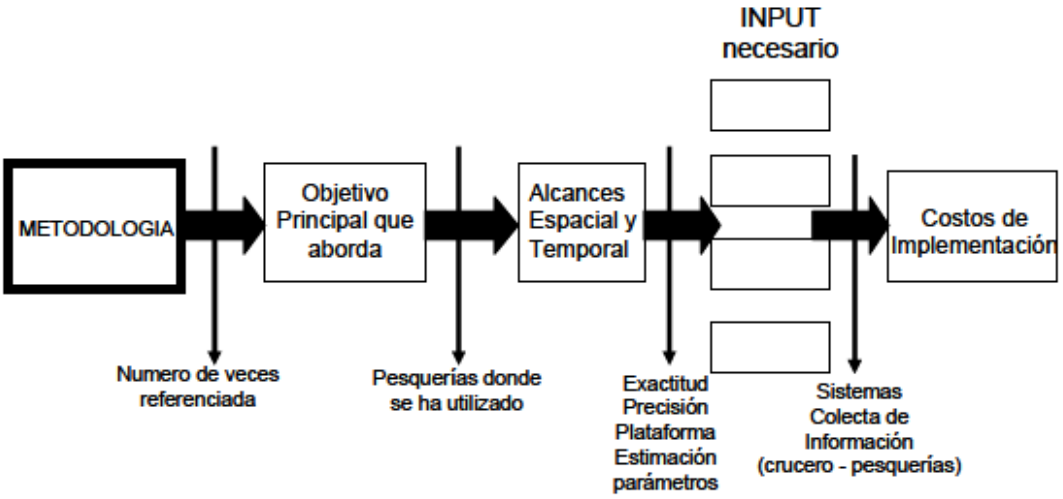


Figura 1. Diagrama de flujo para la consulta de la base de datos bibliográfica.

4.1.3. Resultados

Áreas testigos para el monitoreo del reclutamiento de las especies objetivos

La identificación de áreas testigo para el monitoreo del reclutamiento de las especies objetivo de este estudio se basa en la revisión de información disponible a la fecha. Se debe resaltar que no existe un sistema de muestreos y/o monitoreo dirigido específicamente a evaluar este proceso poblacional en las especies objetivo en toda el área de interés. Por lo tanto, nuestra propuesta utiliza, en gran parte, juicio de experto basado en la fragmentada información disponible. Entonces, para ordenar esta sección se procedió a revisar primero el ciclo de vida de ambas especies y el modelo o hipótesis actual que describe tanto el reclutamiento como otros procesos poblacionales. Junto con ello, se revisó otros aspectos ecológicos de la zona de estudio que pueden apoyar la identificación de estas "áreas testigos". En este sentido, se revisó e integró aspectos de la productividad de la zona del mar interior considerando potenciales presas de los distintos estadíos tempranos y reclutas de ambas especies objetivo (i.e., fitoplancton y zooplancton), de sus potenciales depredadores (peces demersales), y de algunas condiciones oceanográficas y ambientales que según literatura son relevantes para comprender el proceso de reclutamiento. La aproximación que se utiliza en esta revisión es que un "área testigo para el monitoreo del reclutamiento" (ATR) es, en sí, un área marina de interés biológico y ecológico (AMIBE), tal como definido por la Convención sobre Diversidad Biológica (CBA; www.cbd.int). Por lo tanto, la identificación de ATRs debe abordarse de manera holística, lo que está también en línea con la Ley General de Pesca y Acuicultura de Chile, la que reconoce que la conservación y sustentabilidad pesqueras necesitan la aplicación de un enfoque ecosistémico.

1. Reclutamiento

El reclutamiento puede definirse como el proceso mediante el cual nuevos individuos (peces jóvenes) se suman a un stock pesquero. Este arribo puede definirse basándose en la variable edad, por ejemplo: edad 1 (formación de la clase anual) o edad de madurez (reclutamiento al stock reproductivo). También es posible definir el reclutamiento usando la variable longitud o talla, por

ejemplo: talla media de madurez (reclutamiento al stock reproductivo), talla de captura (definido por el tipo de arte y pesquería) y talla mínima (definida por regulaciones).

En ciencia pesquera el reclutamiento se refiere normalmente al reclutamiento a la pesquería basado en tallas. Entonces, en este proyecto entenderemos por reclutamiento a la pesquería la incorporación de ejemplares más jóvenes a las capturas, lo que técnicamente se conoce también como vulnerabilidad de los peces más jóvenes a un arte de pesca. Entenderemos como reclutamiento al stock a la incorporación de los ejemplares más jóvenes al conjunto de individuos disponibles en la zona de pesca. En términos operativos, consideraremos que en el caso de merluza de cola el reclutamiento a la pesquería corresponde a ejemplares de un año de edad o hasta 35 cm de LT, mientras que en el caso de merluza del sur corresponde a ejemplares de tres años de edad o hasta 45 cm LT. Se considera como pre-reclutas a aquellos ejemplares del grupo de edad 0 en el caso de merluza de cola y de los grupos de edad 0 y I en el caso de merluza del sur, los que generalmente no son capturados (dada la selectividad del arte), pero pueden aparecer como parte del contenido estomacal de merluza del sur (ver Objetivo específico 2).

2. Pesquerías y ciclo de vida de las especies objetivo

A. Merluza de cola

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnber, 1907) se distribuye en aguas profundas por sobre la plataforma y talud continental del cono sur de América del Sur entre Chile y Argentina. Lloris *et al*. (2003) consideran que ésta es una subespecie que habita en América y la denominan *Macruronus novaezelandiae magellanicus*, estableciendo una diferencia con la merluza de cola de Nueva Zelandia o hoki *Macruronus novaezelandiae novaezelandiae*. En el Océano Pacífico Sur Oriental la merluza de cola se distribuye aproximadamente entre los 30ºS y los 57ºS (Lillo *et al*., 1997), aun cuando su captura también ha sido reportada asociada al talud continental de la zona de Coquimbo (29º16'S) y en el Bajo O'Higgins (32º30'S-73º30'W) (Lillo y Paillamán, 1996; Lillo *et al*., 1998). En el Atlántico Sur Occidental, en tanto, su distribución se extiende entre los 33ºS y los 57ºS (Giussi *et al*., 2002).

En la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Chile, la merluza de cola ha sostenido dos pesquerías importantes. La primera asociada a la pesquería de arrastre de la zona sur-austral y la segunda a

la pesquería de cerco de la zona centro-sur. La pesquería sur-austral se desarrolla entre los 41º28,6'S y los 57º00' S, y la captura se realiza con arte de pesca de arrastre tanto de fondo como de media-agua (Barbieri *et al*., 2003). La pesquería de la zona centro-sur desarrolló su actividad extractiva entre las regiones VI y X (aunque la VIII Región constituyó el principal centro de operaciones), desde el año 1986 hasta el año 2002 (Barbieri *et al*., 2003). El arte de pesca fue el cerco, aunque actualmente la pesquería de merluza de cola en la zona centro-sur se desarrolla mediante arrastre de media agua y arrastre de fondo. En la pesquería demersal sur-austral el período de máxima captura de merluza de cola ocurre durante el segundo y tercer trimestre de cada año, lo que coincide con la máxima concentración reproductiva del recurso. En cambio, en la pesquería pelágica centro-sur existe una marcada estacionalidad en la captura de merluza de cola, extendiéndose desde el cuarto trimestre de un año y el primer trimestre del año siguiente (Lillo *et al*., 2000).

Los desembarques de merluza de cola provenientes de la pesquería demersal sur-austral se han mantenido relativamente constantes con valores en torno a las 20 mil toneladas. Sin embargo, se debe considerar que durante gran parte del desarrollo de la pesquería no existió intencionalidad de pesca sobre el recurso y, además, estos niveles de desembarque no incluyen el descarte que se efectúa a bordo de los buques y que no siempre es registrado en la bitácora de pesca (Young *et al*., 1998). Los desembarques de merluza de cola en la pesquería de cerco exhibieron fluctuaciones interanuales fuertes entre 50 mil y 360 mil toneladas. Arancibia *et al*. (1994) indican que estos cambios se explicarían, en parte, por la alta variabilidad en la fuerza de las clases anuales. La pesquería cerquera de merluza de cola surgió como recurso alternativo al jurel (*Trachurus murphyi*) en el período estival, cuando los desembarques de este último disminuyen significativamente. Esta baja disponibilidad se asocia con la migración reproductiva del jurel fuera de la ZEE de Chile (Arancibia y Cubillos, 1993).

El modelo conceptual del ciclo de vida de merluza de cola (Fig. 2) considera una agregación reproductiva principal del stock desovante entre julio y septiembre en la zona de las islas Guafo y Guamblin (44º-47ºS) (Young *et al*., 1998; Payá *et al*., 2002). La distribución espacio-temporal de estadíos tempranos para esta especie no está bien documentada en la literatura pesquera nacional. Sin embargo, la hipótesis es que una vez ocurrido el desove los huevos y larvas son transportados

hacia la zona del mar interior. El modelo propone que existirían dos tipos de migraciones estacionales, a saber: i) migración reproductiva de los adultos hacia la zona de desove durante el invierno, y ii) migración estacional de los juveniles hacia la zona centro-sur durante primavera y verano. Estos supuestos no se encuentran validados con evidencia empírica (directa o indirecta).

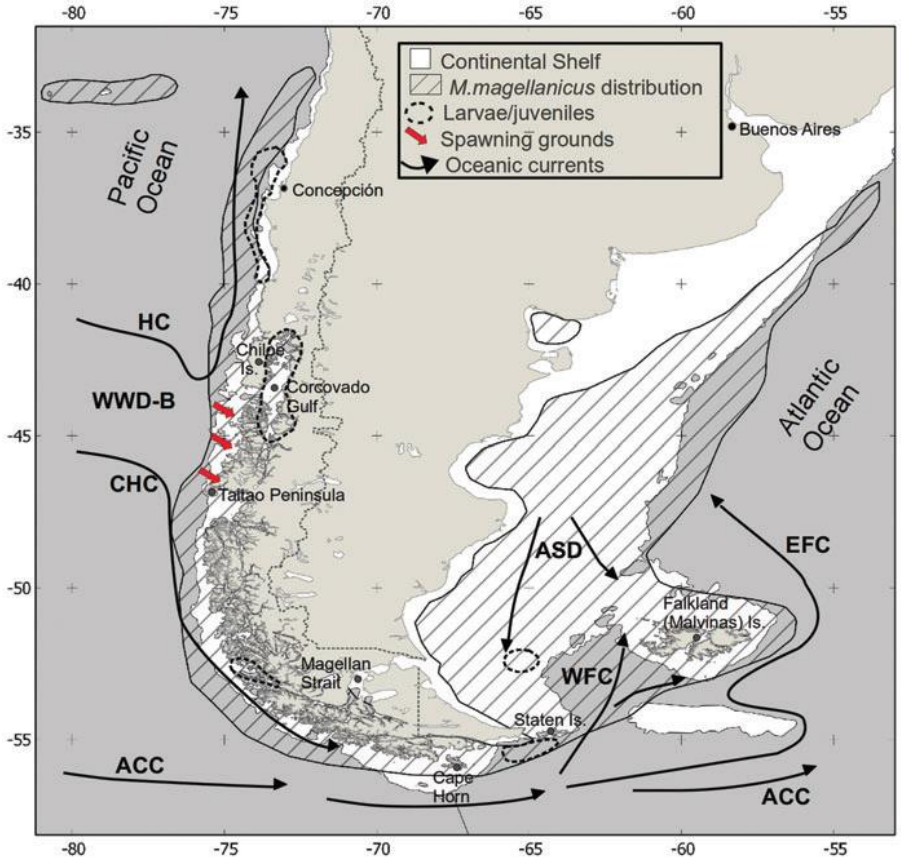


Figura 2. Distribución de la merluza de cola en el cono sur de América. Clave: Área blanca: plataforma continental; Area achurada: distribución de merluza de cola; Áreas punteadas: distribución de larvas/juveniles; Flechas rojas: zonas de desove; Flechas negras; corrientes oceánicas (Fuente: Niklitschek *et al*., 2014).

Niklitschek *et al*. (2014) indican que en este recurso el reclutamiento desde la zona del mar interior hacia zonas de alimentación de adultos sería importante (25%), aunque menor que el aporte de zonas de crianza ubicadas en la plataforma (35%) al norte de los 41ºS. Sin embargo, los autores indican que muchos adultos usaron hábitats de la zona del mar interior en etapas de sub-adultos y presentaron alta fidelidad natal. La proximidad de la zona de desove a la posición de la

Corriente de Deriva del Oeste podría causar variabilidad en el transporte larval y en la contribución relativa de las áreas nursery del mar interior al reclutamiento. Investigadores argentinos proponen, por otro lado, que la merluza de cola del Océano Atlántico sur vendría a desovar a aguas chilenas, desconociéndose el grado de mezcla de estos stocks. Sin embargo, no se ha demostrado nada al efecto en investigaciones de Argentina, pues los cruceros científicos se extienden solamente hasta 53° S, por el sur, aunque la pesquería captura a este recurso al sur de dicha latitud. Por lo tanto, lo que existe son solo conjeturas infundadas, y algo similar ocurriría en Chile.

B. Merluza austral

La merluza austral (*Merluccius australis* Hutton, 1872) fue clasificada inicialmente por Ginsburg como *Merluccius polylepis* en 1954 (Ojeda & Aguayo, 1986). Sin embargo, tras una revisión del género *Merluccius* efectuada por Inada (1981a, 1981b) se concluyó que *M. polylepis* es un sinónimo de *M. australis* descrita con anterioridad por Hutton. La merluza austral es una especie demersal cuya distribución en el extremo sur de América se extiende desde los 36°00'S en el Océano Pacífico suroriental, hasta 38°00' S en el lado del Océano Atlántico. En Chile, se localiza en las áreas de aguas interiores de fiordos y canales de las Regiones X a XII, y en el mar exterior en profundidades que van desde los 60 hasta los 800 m en aguas del Océano Pacífico Suroriental (Avilés & Aguayo, 1979). Sin embargo, existen reportes que indican su presencia en profundidades de hasta los 1000 m en aguas patagónicas (FAO, 1983). La merluza austral es una especie longeva en la que se ha observado individuos de ambos sexos de hasta 30 años de edad. Existe dimorfismo sexual en el crecimiento, con las hembras exhibiendo edades y tallas mayores que los machos (Ojeda & Aguayo, 1986)

En la ZEE de Chile la merluza austral sustenta dos pesquerías, a saber: una industrial que opera en aguas exteriores con arte de arrastre y una pesquería artesanal que opera en aguas interiores con arte de espinel. La composición de tamaños del stock de merluza austral es, tal vez, la mayor diferencia entre las fracciones del stock que habitan en aguas interiores y exteriores. Los estudios realizados por Lillo *et al*. (2011) y Córdoba (2006) muestran una estructura predominantemente adulta en aguas exteriores y juvenil en el mar interior. La alta presencia de ejemplares juveniles

en aguas interiores correspondería a la existencia de áreas de reclutamiento (individuos sobre 30 cm de longitud total), los que estarían presentes en la mayor parte de la zona de aguas interiores de la X y XI Regiones (Céspedes *et al*., 1996). Sin embargo, es posible que otras zonas de desove y/o reclutamiento ubicadas al sur de la XI Región hayan sido diezmadas en los primeros años de la pesquería y ahora no sean identificables. Esta hipótesis podría ser contrastada en el tiempo una vez que exista recuperación del stock.

El modelo conceptual general del ciclo de vida de merluza del sur considera dos poblaciones en el cono sur de América, una en el Océano Pacífico y la otra en el Océano Atlántico. El grado de conexión entre ambas poblaciones es desconocido. Al respecto, cada población adulta (ubicada a ambos océanos) presentaría una zona de reproducción principal, con una o más zonas de desove de menor importancia. Cada stock desovante genera huevos y larvas, los cuales posteriormente conforman la población juvenil y los nuevos adultos en ambos océanos. Sobre los peces adultos, juveniles, huevos y larvas se estaría ejerciendo una mortalidad natural representada por la depredación y también por los factores ambientales. A su vez, en ambos océanos se está ejerciendo una mortalidad por pesca sobre la fracción adulta y fracción juvenil vulnerable a los artes de pesca.

En la ZEE de Chile, el modelo o hipótesis actual (Fig. 3) reconoce para esta especie una sola zona de reproducción en el área Guafo-Guamblín, donde la mayor parte del stock adulto desovaría hacia fines de invierno y principios de primavera desde julio a septiembre (Balbontín y Bravo, 1993). En este modelo, los individuos desovantes (adultos y jóvenes que han alcanzado la madurez sexual) migrarían hacia esta zona de reproducción desde sus respectivas zonas de alimentación. Los huevos y larvas producto del último periodo de desove podrían mantenerse en aguas exteriores alrededor de la zona de reproducción y/o ser transportados por las corrientes marinas en distintas direcciones. Sin embargo, probablemente aún no se ha reconocido otras áreas de desove de merluza del sur debido a que no se ha realizado cruceros en otras áreas más al sur de Guafo-Guamblín. Entonces, otras posibles áreas de desove permanecen en la nebulosa, ya que es poco creíble que exista una y solo un área de desove de este recurso pesquero.

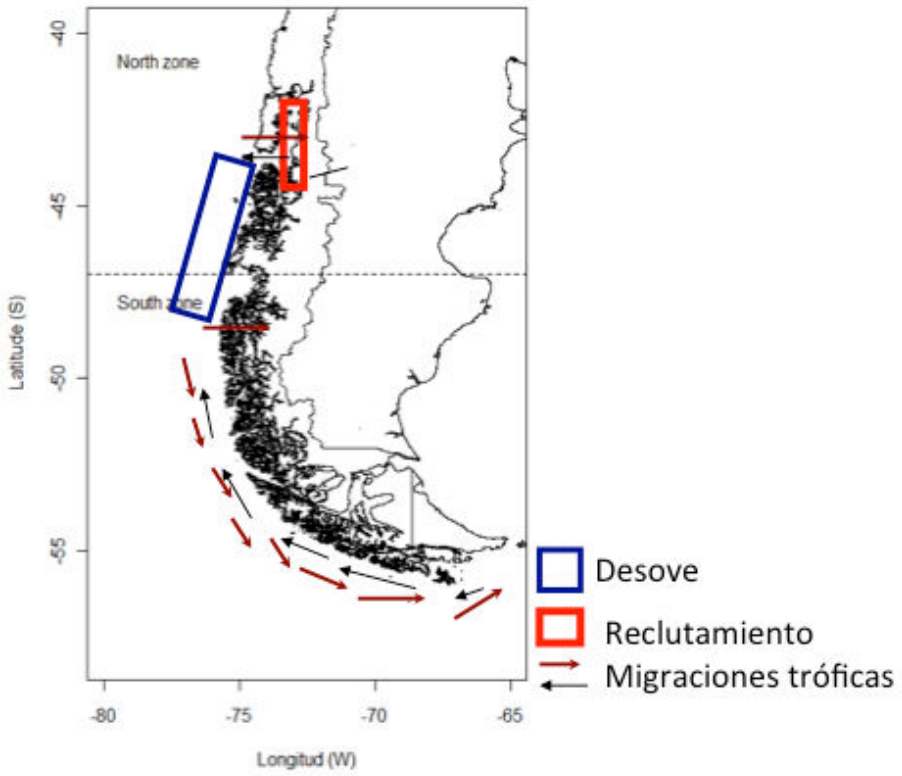


Figura 3. Distribución de merluza austral en la ZEE de Chile. Se destaca las áreas de desove, de reclutamiento y principales migraciones tróficas (Basado en Aguayo, 1994).

El reclutamiento de merluza austral ocurriría en sectores protegidos del mar interior de la X a XI Regiones, sin una estacionalidad clara (Céspedes *et al*., 1996). Al respecto, investigaciones realizadas en la X y XI Regiones, así como lo informado por los propios pescadores (artesanales e industriales), indican que el área más importante de presencia de reclutas es el Seno de Reloncaví. Sin embargo, otras zonas tales como esteros continentales, el Golfo de Ancud y Grupo Chauques (en la X región) y Seno Aysén, Estero Quitralco, Islas Guaitecas y Canal Puyuhuapi (en la XI Región), también presentan presencia de reclutas. También se reconoce que el Canal Jacaf, Estero Barros Arana y Estero Walker serían zonas de baja presencia de reclutas.

3. Áreas de interés ecológico y áreas testigo para la evaluación del reclutamiento

La Convención para la Conservación de la Diversidad Biológica (CBD) ha adoptado un esquema basado en criterios científicos para la identificación de "Áreas marinas de interés Biológico o Ecológico" (AMIBEs), las que tradicionalmente han sido identificadas usando "opinión de experto". En este proyecto, la respuesta a la pegunta de ¿Cuáles son las áreas testigo para la evaluación del reclutamiento en las especies objetivo en las zonas centro y sur de Chile? se basará en la opinión de experto basada en la revisión de información fragmentada disponible. Esto se debe a que no existe investigación dirigida específicamente a responder esta pregunta. Sin embargo, se avanzará también en la utilización de métodos propuestos recientemente que pueden complementar esta visión al incluir análisis más transparentes y objetivos. Por ejemplo, (Clark *et al*., 2014) proponen una metodología para la identificación de AMIBEs que sigue cuatro pasos principales, a saber: 1) identificar el área a ser examinada por su potencial característica como área de interés ecológico (áreas testigo en nuestro caso); 2) determinar las bases de datos y límites a considerar en la evaluación; 3) evaluar la data de cada área/hábitat contra un conjunto de criterios objetivos; y 4) identificar y evaluar las áreas candidatas. Previo a realizar esta evaluación semicuantitativa, procederemos a definir lo que entenderemos como una zona o área testigo para evaluar el reclutamiento (ATR): *cualquier área de la zona sur y austral tanto de aguas exteriores como de aguas interiores, que cumple con uno o más de los siguientes criterios biológicos/ecológicos: i) ser singular o rara; ii) ser importante para los estadíos de vida temprana de la especie; iii) ser importante para especies/hábitats amenazados/en riesgo/o en decaimiento*; *iv) presentar alto grado de vulnerabilidad, fragilidad, sensibilidad y/o demora en la recuperación; v) presentar alta productividad*; *vi*) *presentar alta diversidad; vii) presentar bajo grado de perturbación antropogénica*.

1. Identificación del área

El área a ser examinada cubre la distribución de las especies objetivo en el Océano Pacífico Sur (Figs. 2 y 3). Sin embargo, y considerando la información recopilada, las áreas más probables para evaluar simultáneamente el reclutamiento de merluza de cola y merluza austral corresponde

al mar interior de la X y XI Regiones. La época del año más propicia para la detección y estimación del reclutamiento en ambas especies objetivos es agosto y septiembre por ser épocas reconocidas de desove y reclutamiento, lo que podría extenderse hasta noviembre.

2. Determinar las bases de datos y límites a considerar en la evaluación de ATRs

Las bases de datos corresponden a las aportadas por cruceros de evaluación acústica en el área del mar interior financiados por el FIP, cruceros oceanográficos desarrollados en los programas CIMAR, cruceros FONDECyT desarrollados por investigadores de este proyecto y otros disponibles, además de muestreos de ocasión desarrollados en la zona de estudio. Las bases de datos consultadas se detallan más adelante en las secciones correspondientes.

3. Evaluar la data de cada área/hábitat contra un conjunto de criterios objetivos

A continuación se identifica los criterios ecológicos que debiera cumplir áreas que potencialmente podrían ser definidas como ATRs, indicando las zonas del mar interior de las Regiones X y XI que los cumplen.

Criterio 1. Singularidad y rareza

Este criterio define a una especie/hábitat/característica física/ecosistema que es único en su tipo o poco frecuente (raro). La evaluación de este criterio requiere información espacialmente explícita respecto de la distribución, ocurrencia o abundancia relativa de la(s) especie(s) o hábitat(s). Este criterio también puede ser evaluado en términos de características del hábitat que son inusuales respecto de características físicas.

La Patagonia chilena es una de las regiones de fiordos más amplias del mundo, extendiéndose desde 41.5ºS (Fiordo Reloncaví) hasta 55.9ºS (Cabo de Hornos), abarcando una superficie total de unos 240 mil km^2. Este intrincado sistema de islas, canales y fiordos tiene cerca de 8 mil km de línea de costa, lo que equivale a unas 20 veces la línea de costa chilena total (Silva & Palma, 2008). Este complejo sistema estuarino (recibe aportes fluviales de ríos y glaciales) tiene su

origen en la erosión producida por el avance y retroceso glacial durante la última edad del hielo. Durante el período interglacial el sistema fue inundado por agua marina al aumentar el nivel del mar y, a diferencia de otros sistemas de fiordos en el Hemisferio Norte, aún no se han detectado cuencas anóxicas. Este sistema presenta también campos de hielo que son inusuales para su latitud y que representan importantes reservas de agua dulce a nivel mundial (la tercera más importante después de la Antártica y Groenlandia). La oceanografía de la Patagonia chilena está aún en desarrollo, aunque importantes avances han sido alcanzados en los últimos años (e.g., Pantoja *et al.*, 2011). Sin embargo, lo que hoy día conocemos de este sistema es suficiente para considerar que los fiordos y canales son ambientes singulares y únicos. Entonces, dado que no existe información biológica/ecológica con una cobertura espacial suficiente para una división más fina, se considerará la clasificación de Aracena *et al*. (2011), quienes usando data de la columna de agua y de sedimentos identifican cuatro subzonas en el mar interior de la Patagonia, a saber: mar interior de Chiloé (41-44ºS); la Patagonia norte (44º-47ºS); la Patagonia central (48-51ºS); y, la Patagonia sur (región del Estrecho de Magallanes entre los 52º-55ºS). Esta división se basa en un claro gradiente latitudinal en la producción primaria con mayores valores en el mar interior de Chiloé y la Patagonia norte, asociada a mayor disponibilidad de nutrientes y luz solar. Por lo tanto, la identificación de ATRs se concentrará en estas dos sub-zonas.

Criterio 2. Importancia para los estadíos de vida temprana de la especie

Este criterio define áreas que son esenciales para la población, por cuanto generan las condiciones óptimas para que los estadíos tempranos (huevos, larvas, reclutas) puedan sobrevivir y desarrollarse. Se reconoce que no todas las áreas geográficas y/o todas las características topográficas son adecuadas o importantes para estadíos de vida específicos. Por el contrario, ciertas áreas o topografías son más importantes que otras, existiendo la necesidad de identificarlas, caracterizarlas y monitorearlas. La data necesaria para evaluar este criterio corresponde a básicamente a información sobre áreas de desove, crecimiento y alimentación.

La merluza austral y la merluza de cola son dos especies demersales de importancia comercial en la zona austral de Chile. Históricamente, sus zonas de desove más importantes, y donde tienden a congregarse, corresponden a la zona del quiebre de la plataforma continental de la XI Región,

más particularmente en cañones submarinos (Córdoba *et al*., 2006). Sin embargo, estudios realizados en la última década señalan la presencia de huevos y larvas de ambas especies en aguas interiores de la X y XI Regiones (Balbontín & Bernal, 1997; Bernal & Balbontín, 1999, Balbontín, 2006; Landaeta y Castro, 2006; Bustos *et al*., 2007; León *et al*., 2008; Castro *et al*., 2009; Castro *et al*., 2011). En estas zonas existe marcada estacionalidad tanto en los ciclos de producción como en las cadenas tróficas, particularmente en sus primeros niveles (Iriarte *et al*., 2007; González *et al*., 2010; González *et al*., 2011). También existe presencia de juveniles en aguas interiores, proponiéndose una migración reproductiva hacia aguas exteriores a comienzos de invierno (Lillo *et al*., 2006; Lillo *et al*., 2008; Niklitschek *et al*., 2014). Tanto la importancia de las aguas interiores, en cuanto a zonas de desarrollo y de crecimiento de larvas y juveniles, como la variabilidad de sus características ambientales, son aún materia de estudio (Castro *et al*., 2009). Sin embargo, las características de esta zona ofrecen ambientes de reclutamiento, crianza y, tal vez, de desove para las especies objetivo de este estudio. Como se verá más adelante, áreas como el Golfo de Ancud-Fiordo Reloncaví (X Región) y Canal Moraleda-Fiordo Aysén (XI Región) son áreas con abundancias relativamente altas de estadíos tempranos, reclutas y juveniles de merluza austral y merluza de cola. Además, las características oceanográficas y topográficas de estas zonas favorecen la concentración de estadíos temprano y juveniles así como la de su alimento. Lo anterior las convierte en ATRs potenciales.

Cuando se analiza la distribución de larvas desde los cruceros oceanográficos realizados en el marco del Programa CIMAR Fiordos, se observa que las larvas de merluza austral en la zona de aguas interiores de la X Región presentaron mayores concentraciones en la zona del Fiordo y Seno del Reloncaví, y Seno de Ancud, con mínima presencia en la Boca del Guafo en los tres años muestreados (Fig. 4). Más al sur, en la zona norte de la XI Región, las mayores abundancias de larvas ocurrieron en los canales y fiordos al este del Canal Moraleda (Fig. 5). En las primaveras del 2006 y 2007 se repiten las mayores abundancias larvales tanto en el Fiordo y Seno del Reloncaví, como en el Fiordo Aysén. En el sector sur de la XI Región (y norte de la XII) las concentraciones larvales son menores a las de la X Región y norte de la XI Región, por lo que no se presentan acá.

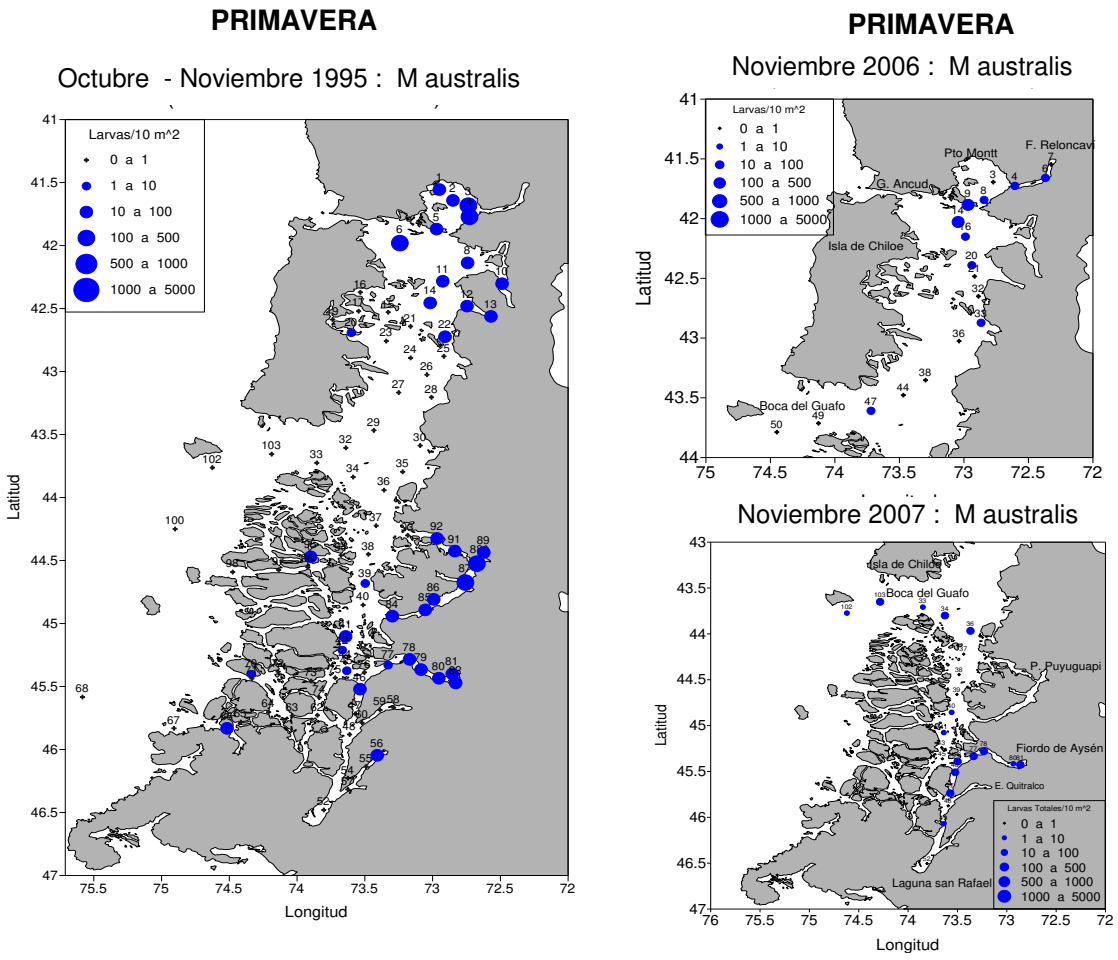


Figura 4. Distribución de larvas de merluza austral (*Merluccius australis*) en aguas interiores de la X Región y norte de la XI Región, noviembre de 1995, 2006 y 2007.

Las larvas de merluza de cola en la zona de aguas interiores de la X Región parecen tener una distribución pareja en toda la zona muestreada (Fig. 5). Sin embargo, las mayores abundancias relativas ocurrieron desde el Fiordo al Golfo del Corcovado. A diferencia de lo observado en larvas de merluza austral, las larvas de merluza de cola sí ocurrieron en la Boca del Guafo y presentaron altas abundancias en los canales ubicados al oeste del Moraleda. Al igual que en merluza austral, el sector sur de la XI Región (y norte de la XII Región), las concentraciones larvales de merluza de cola fueron menores a las de la X Región y norte de la XI Región.

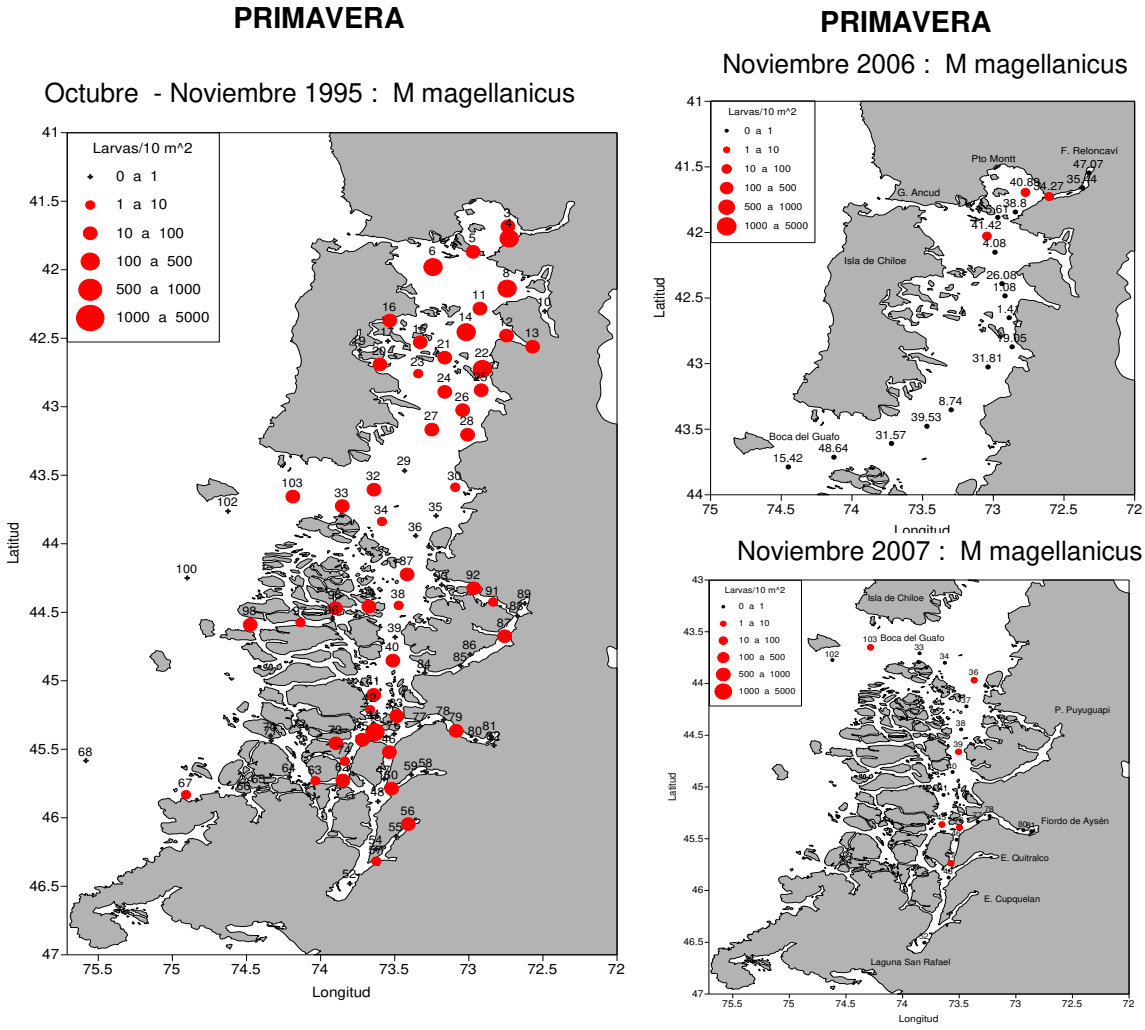


Figura 5. Distribución de larvas de merluza de cola (*Merluccius magellanicus*) en aguas interiores de la X Región y norte de la XI Región en noviembre de 1995, 2006 y 2007.

Se revisó información disponible de los registros acústicos de los proyectos FIP 2002-07, FIP 2004-40, FIP 2006-10, FIP 2007-14 y FIP 2009-09, desde los cuales es posible extraer la abundancia relativa de reclutas de las especies objetivo en el mar interior de la X y XI Regiones. Los tres primeros estudios consideran dos cruceros de evaluación acústica en el año, uno verano y otro de invierno. Lamentablemente, esta regularidad se rompió en los dos últimos estudios. Si bien existen inconsistencias en las bases de datos de estos proyectos (e.g., UBMs duplicadas, valores de densidad negativos y valores de posición repetidos o errados), el 83,8% puede considerarse informativo. Entonces, se confeccionó mapas espaciales para realizar inferencias

sobre la distribución y abundancia relativa de reclutas de las especies objetivo en el mar interior de la Patagonia.

La distribución espacial de la densidad poblacional (ton/mn^2) de reclutas de merluza del sur muestra variabilidad intra e interanual. Al consolidar la data por estación (invierno y verano) se observa que durante el verano las mayores densidades de reclutas se encuentran el Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Canal Moraleda, Canal Jacaf y la primera mitad del Seno Aysén. En la época invernal los valores más altos de densidad se encuentran en la parte media del área de estudio (Golfo Corcovado-Boca del Guafo), Seno Reloncaví, Canal Puyuguapi, Seno Aysén y Estero Elefantes (Fig. 6). En el caso de merluza de cola, a diferencia de lo observado en merluza del sur, la distribución espacial de la densidad poblacional de reclutas no parece presentar diferencias estacionales importantes. Se observa valores altos de densidad en Golfo Ancud, Boca del Guafo, y entrada del Canal Moraleda y Canal Puyuguapi. Las mayores diferencias entre estaciones ocurren en Seno Aysén y Estero Elefantes (Fig. 7).

La composición de tamaños de merluza del sur de los cruceros de verano e invierno entre 2003 y 2011 indica presencia de reclutas en todos los años evaluados (Fig. 8), mientras que en el caso de merluza de cola muestra grupos modales claramente identificables, donde los reclutas son fácilmente destacables (Fig. 9).

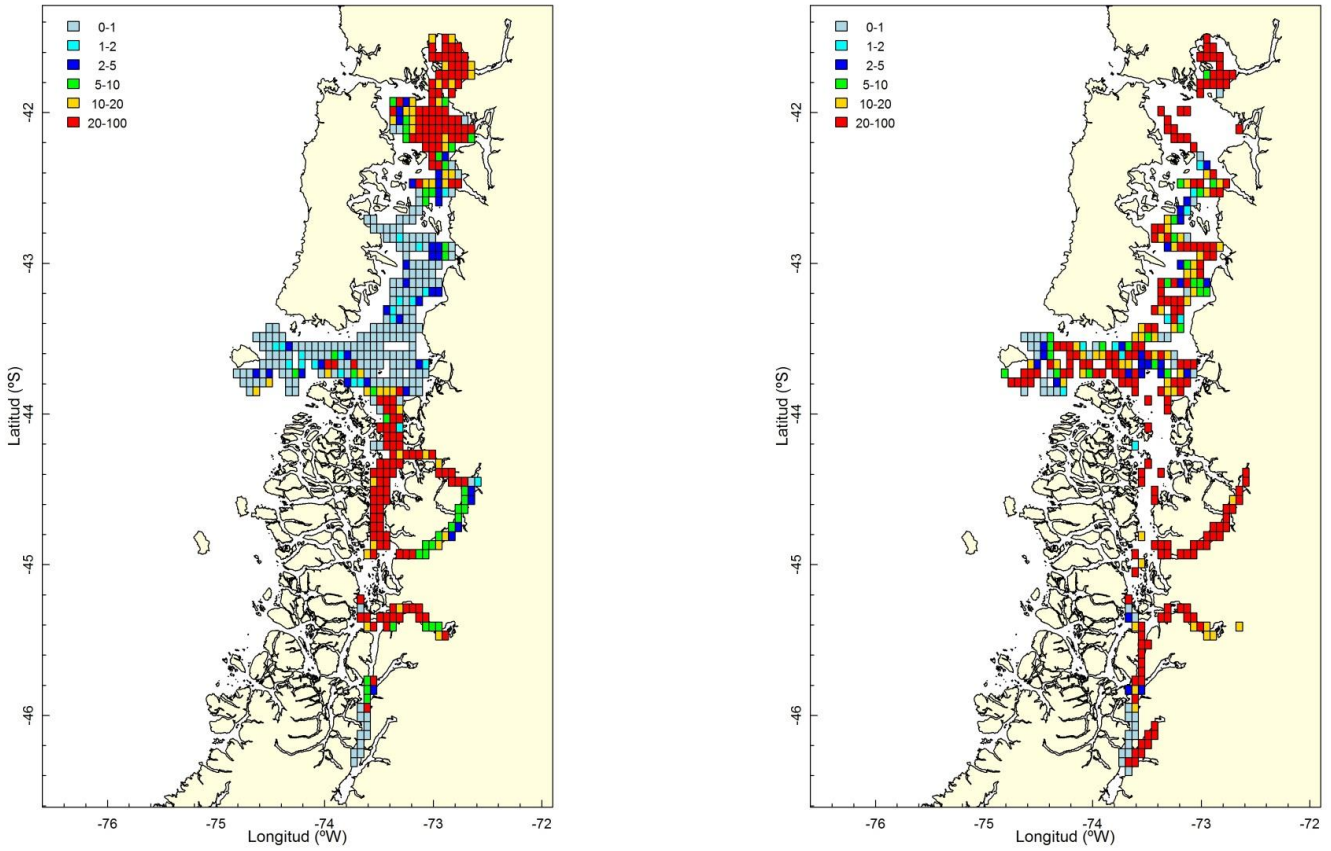


Figura 6. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn^2) de merluza del sur (*Merluccius australis*) en los cruceros de verano (izquierda) e invierno (derecha) entre 2003 y 2011.

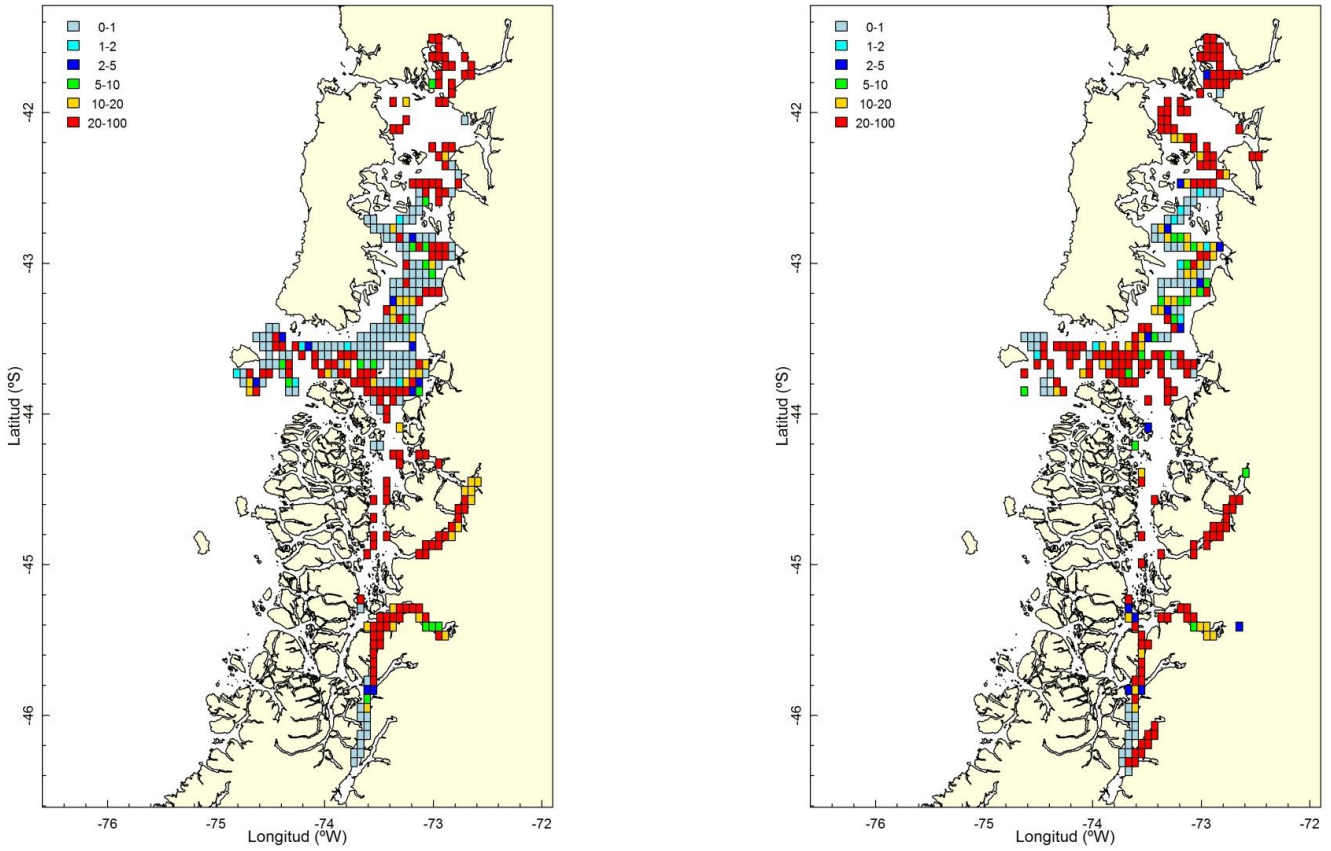


Figura 7. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn^2) de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en los cruceros de verano (izquierda) e invierno (derecha), entre 2003 y 2011.

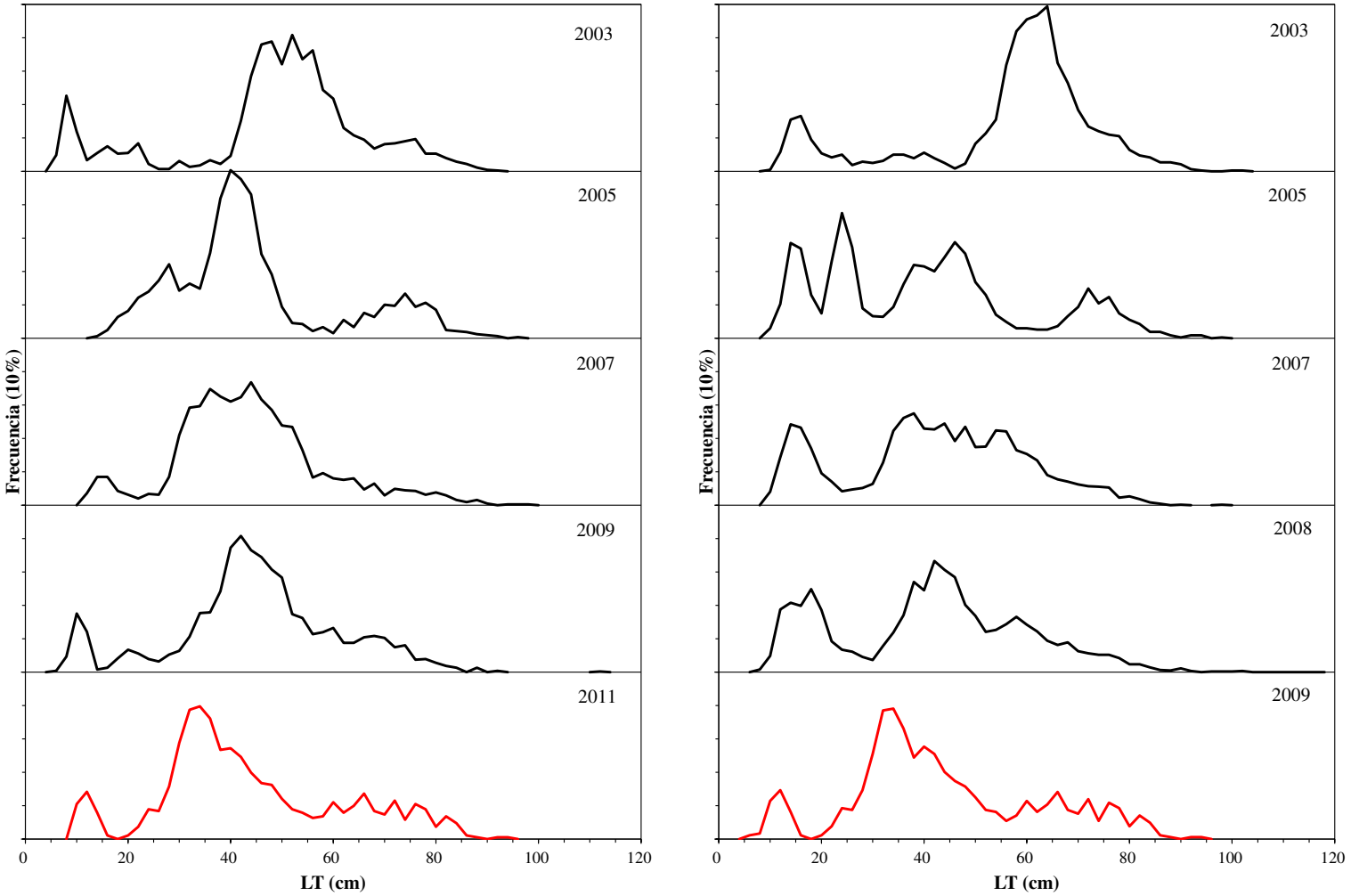


Figura 8. Composición de tamaños para merluza de cola desde los cruceros de verano e invierno entre 2003 y 2011.

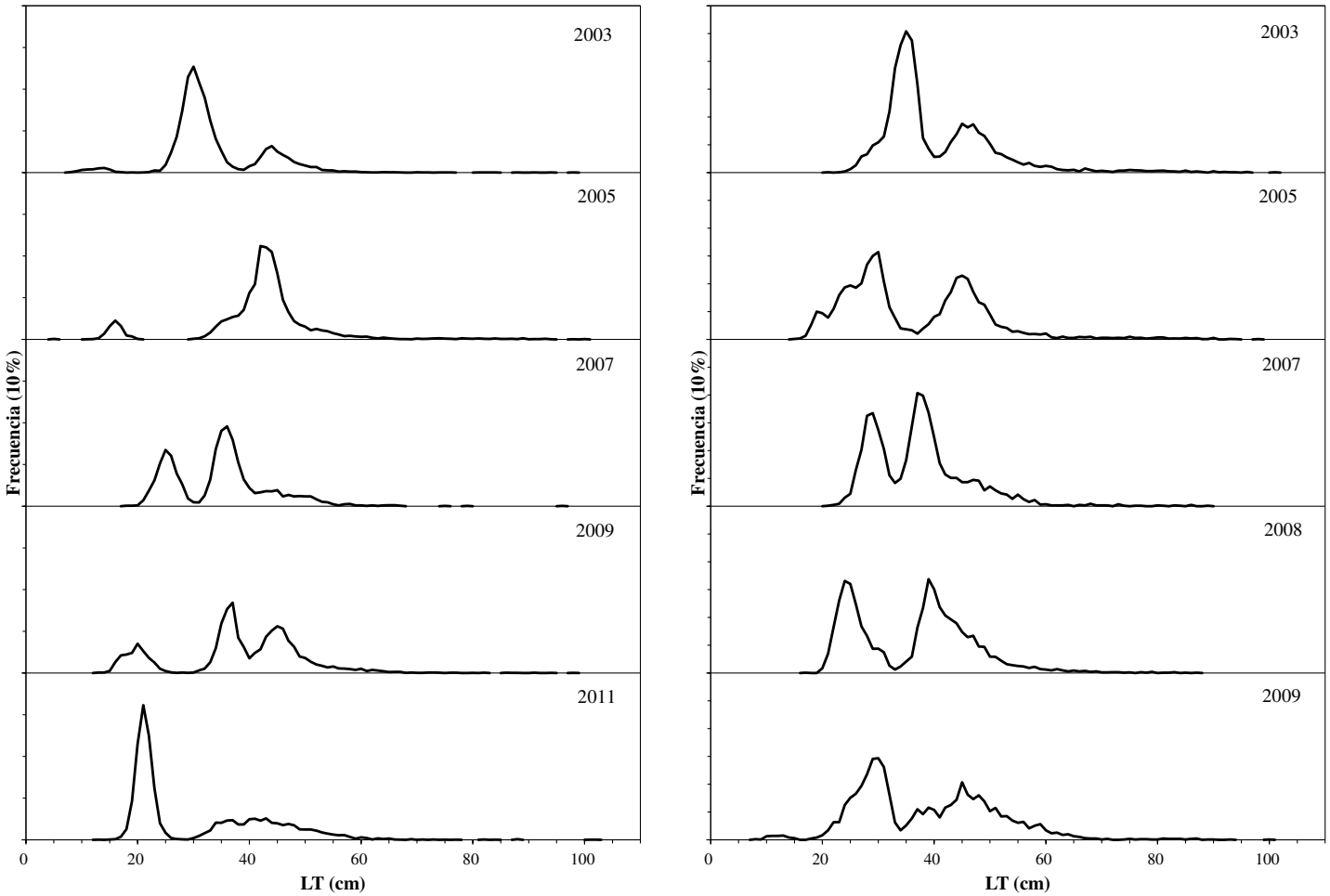


Figura 9. Composición de tamaños de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en los cruceros de verano (izquierda) e invierno (derecha) entre 2003 y 2011.

El análisis de contenidos gástricos de larvas de merluza austral colectadas en el mar interior del Fiordo Aysén y áreas adyacentes más Boca del Guafo (zona externa) (crucero CIMAR Fiordos 13) indica que el rango de tallas de las larvas de merluza austral colectadas en ambas zonas varió, encontrándose larvas de menor tamaño en el interior del Fiordo (3.29 - 4.64 mm) y larvas considerablemente más grandes en la zona exterior (2.94 - 17.13 mm). Coincidentemente, el rango de tamaños de las presas (ancho y longitud) varió de acuerdo a la zona de la cual provenían las larvas, siendo más amplio el rango en la zona externa. A medida que las larvas crecen, la importancia relativa de nauplius y copepoditos tiende a disminuir, mientras que aumenta la importancia relativa de huevos de copépodos y copépodos grandes. Los ítems presa y sus volúmenes fueron similares en aguas interiores y exteriores en el rango de talla larval menor (< 5mm). En aguas exteriores, sin embargo, destaca la alta presencia de copépodos grandes en la dieta, particularmente en las larvas de mayor tamaño. Estas larvas grandes, sin embargo, mantienen la capacidad de ingerir huevos de copépodos de pequeño tamaño.

La abundancia de copépodos (presa importante de larvas de merluza austral) en cruceros oceanográficos realizados en el marco del Programa CIMAR Fiordos (Fig. 10), se observa que las mayores concentraciones de copépodos grandes (>1.0 mm, e.g., copepoditos IV y V, y copépodos adultos del género *Calanus*, copepoditos IV y V y adultos del género *Rhincalanus*, y algunos copépodos adultos del género *Metridia*) y pequeños (<1.0 mm, e.g. copépodos y copepoditos de los géneros *Paracalanus, Pseudocalanus, Acartia, Oncaea* y *Oithona*, y copepoditos I a III de *Calanus* y *Centropages*, entre otros) coinciden en distribución en la zona norte de aguas interiores de la XI Región, particularmente en la zona interna de la Boca del Guafo y Fiordo Aysén. En la zona sur de la XI Región, las abundancias de copépodos fueron más altas. En esta zona, las mayores concentraciones de copépodos pequeños ocurrieron en la zona del Canal Baker (48ºS; 73.7ºO) y en los Canales Picton (50ºS; 75ºO), Canal Wide y Seno Eyre (50ºS; 74.5ºO). Sin embargo, aún no se ha terminado de analizar la data del crucero CIMAR 12-2 (X Región realizado en noviembre de 2006) que podría indicar las áreas de mayor abundancia de copépodos en la X región.

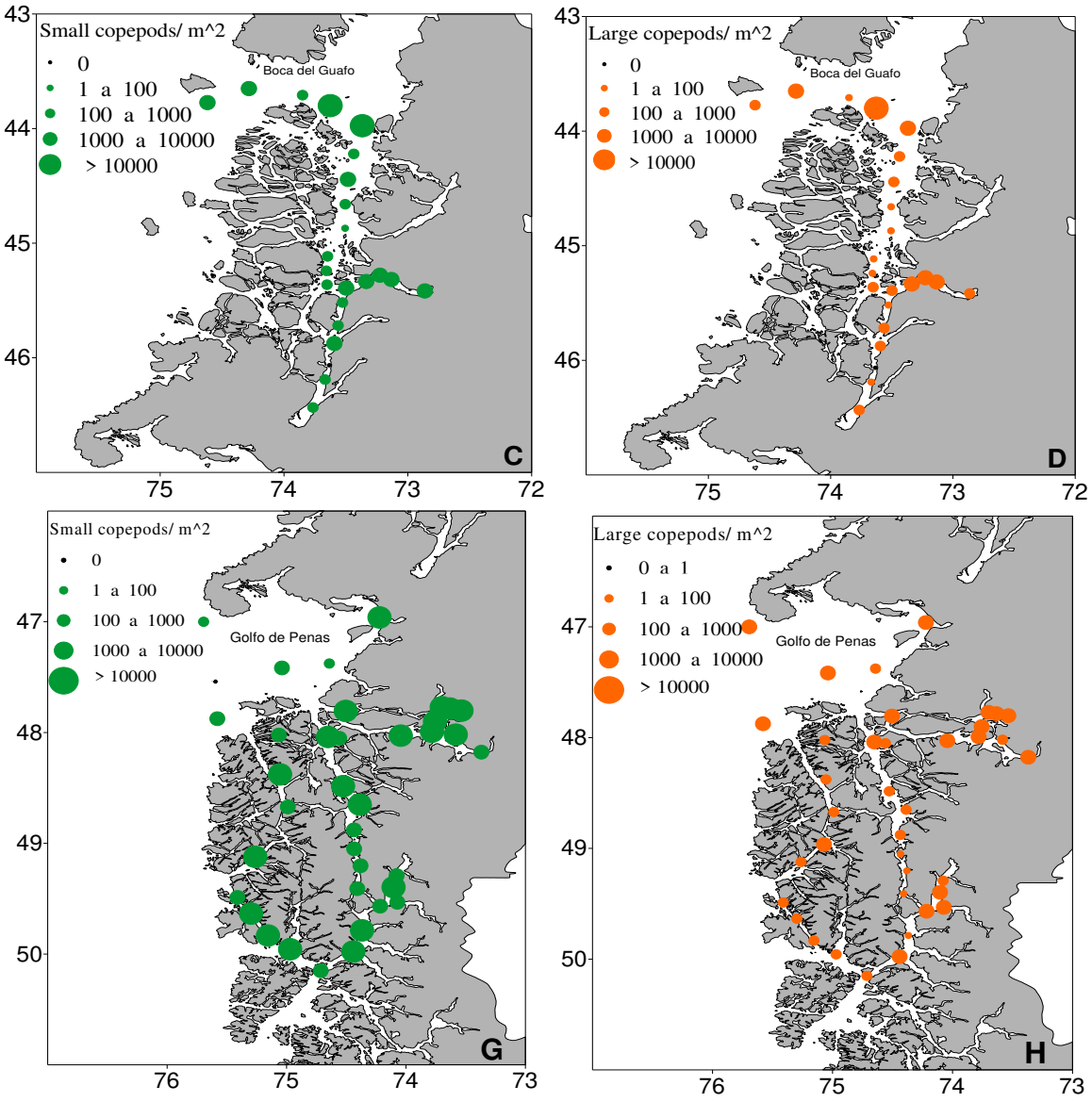


Figura 10. Distribución de copépodos grandes y pequeños en las zonas norte (43-47 oS) y sur (47 – 50 oS) de la XI Región durante dos cruceros efectuados en noviembre 2007 y noviembre 2008. Buscar la figura para la zona X.

Los antecedentes disponibles sobre la alimentación de individuos sub-adultos y adultos de merluza austral y merluza de cola en la zona de estudio (Paya, 1992; Lillo *et al*., 2005; Arancibia *et al.,* 2010) indican que la merluza de cola es la presa que contribuye mayormente (en peso) a la dieta de merluza austral (79%), secundariamente aparecen los ítems "calamar" (6%) merluza de tres aletas (5%), merluza común (3%, aunque probablemente este ítem corresponde a merluza

austral), chancharro (2%, aunque este ítem aparece solo en 2011) y otros (peces, crustáceos). En consecuencia, la merluza austral es ictiófaga y estenófaga (muy estrecho espectro de presas importantes), dependiente casi exclusivamente de una sola presa, que es la merluza de cola. Para el caso de merluza de cola, el análisis de las muestras de estómagos derivados del proyecto FIP 2009-05 confirma que la propia merluza de cola es la principal presa (57%), aunque los ejemplares canibalizados corresponden solo a juveniles. La siguiente presa corresponde a ejemplares juveniles de *Munida subrugosa* (28%), complementándose con el aporte del camarón pelágico *Pasipheae acutifrons* (5%) y eufáusidos (3%). La presencia de peces linterna (3%) y calamar *Loligo* (1%) es ciertamente marginal.

La hidrografía en las zonas de mayor abundancia de larvas de merluza austral y merluza de cola en los fiordos y canales del mar interior de la X y XI Regiones, corresponde a observaciones efectuadas en primavera durante los cruceros CIMAR Fiordos 12 (fiordo Reloncaví y la Boca del Guafo, año 2006) y CIMAR Fiordos 13 (boca del Guafo y el Fiordo Aysén, año 2007). En la zona del golfo de Ancud y el seno Reloncaví, la temperatura mostró una capa superficial más cálida (en torno a los 12°C), probablemente por influencia de aguas continentales más cálidas durante esta época del año, pero el efecto de esta agua sobre la salinidad alcanzó sólo hasta el golfo de Ancud y en los primeros 15 m (Fig. 10). En la boca del Guafo se observa ingreso de aguas más frías (9 a 10°C) bajo los 150 m de profundidad e influencia de aguas más saladas de origen oceánico que cubren el fondo de esta boca y el Golfo de Corcovado, desde aproximadamente 100 m hacia el fondo (Fig. 10). La densidad mostró un claro gradiente que se extiende desde las aguas más livianas ubicadas en superficie y hacia el seno Reloncaví, hasta las aguas más pesadas ubicadas en los niveles de fondo de la boca del Guafo (Fig. 10).

La sección el Fiordo Aysén hasta la boca del Guafo (CIMAR Fiordos 13; Fig. 11) mostró una capa superficial levemente más cálida (en torno a los 10°C), especialmente hacia la Boca del Guafo. Sin embargo, no se observó aguas cálidas superficiales asociadas a aguas continentales, como fue el caso para el Seno Reloncaví. Hacia la Boca del Guafo se observó el ingreso de aguas más frías (alrededor de 9°C) en niveles entre los 100 a 150 m de profundidad. La salinidad mostró su mayor influencia hacia el sector del Estero Elefantes, especialmente en los primeros 20 m superficiales (Fig. 11) y mayor influencia de aguas más saladas de origen oceánico en la boca

del Guafo que cubrieron el fondo de esta boca y el golfo de Corcovado, desde aproximadamente 100 m hacia el fondo. La densidad mostró un claro gradiente que se extendió desde las aguas más livianas, ubicadas en superficie y hacia el Estero Elefantes, hasta las aguas más pesadas, ubicadas en los niveles de fondo de la boca del Guafo (Fig. 11).

En zonas costeras existe una relación positiva entre la estratificación de la columna de agua y la abundancia de larvas de peces. La estratificación de la columna de agua se cuantifica mediante la frecuencia Brunt Vaisala (ϕ), que cuantifica el déficit en energía potencial debido a la estratificación (promediada en profundidad), comparada con aquella de una columna de agua completamente mezclada. Aguas verticalmente más homogéneas presentarán menores valores de ϕ.

El crucero CIMAR 12 indicó que la columna de agua se presentó completamente homogénea con pequeñas perturbaciones superficiales hacia el sector del seno Reloncaví, dando cuenta de la baja influencia del agua dulce y la radiación solar durante esta época del año en esta región. El detalle de los primeros 30 m superficiales se muestra en la Fig. 12, observándose que estratificación en la estación 8 (interior seno Reloncaví) fue más del doble que la observada en la boca del Guafo.

El crucero CIMAR 13 indicó que tanto el Fiordo Aysén como la Boca del Guafo presentaron algunas estaciones con marcada estratificación, con características más superficiales en el caso del Fiordo Aysén (Fig. 13). El detalle sólo los primeros 30 m superficiales indica la mayor estratificación en las estaciones 76 y 77 (ubicadas hacia la boca del Fiordo Aysén) y en las estaciones 34 y 103 (Boca del Guafo). En promedio los valores de ϕ indicaron una columna mucho más estratificada en el Fiordo Aysén (ϕ = 185.8 J/m^3) que en la Boca del Guafo (ϕ = 13.23 J/m^3).

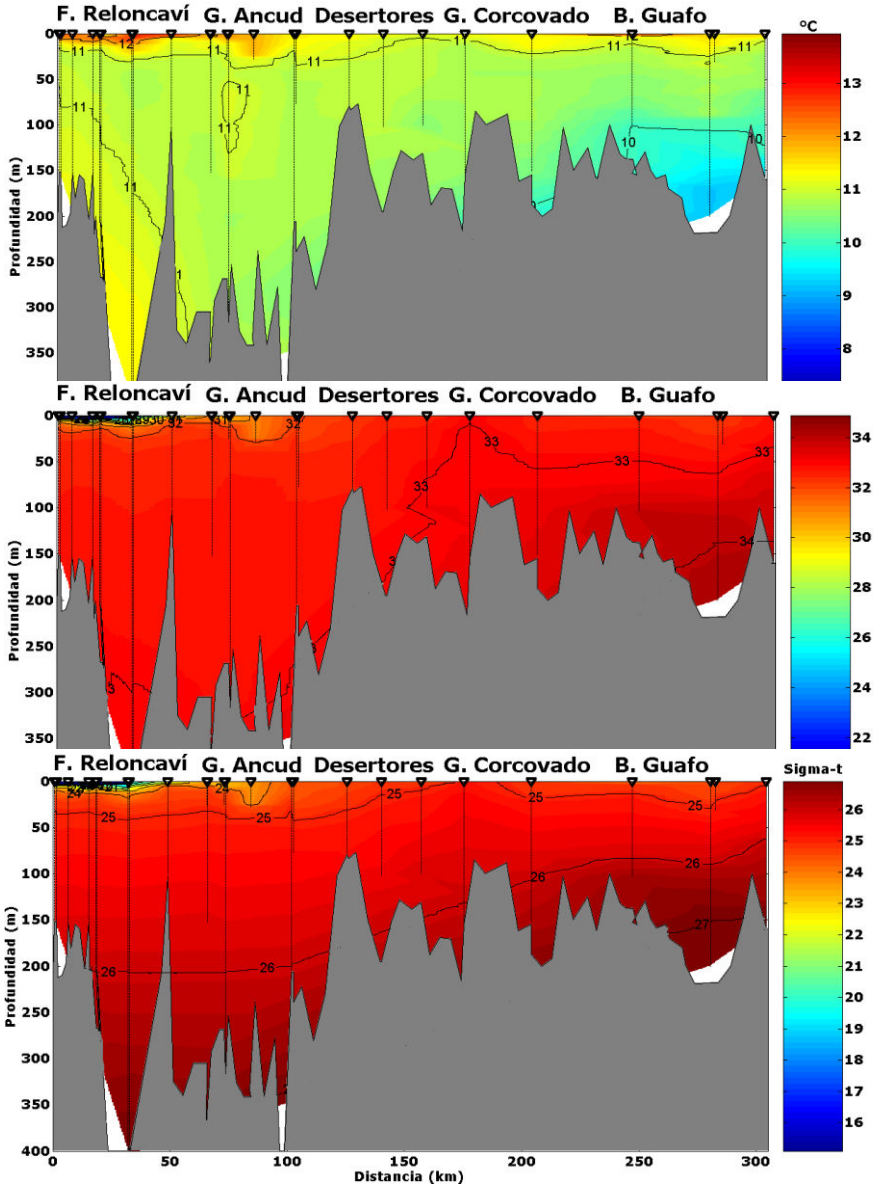


Figura 11. Distribución de temperatura (superior), salinidad (centro) y densidad (abajo) entre la boca del Guafo y el seno Reloncaví. CIMAR 12, primavera.

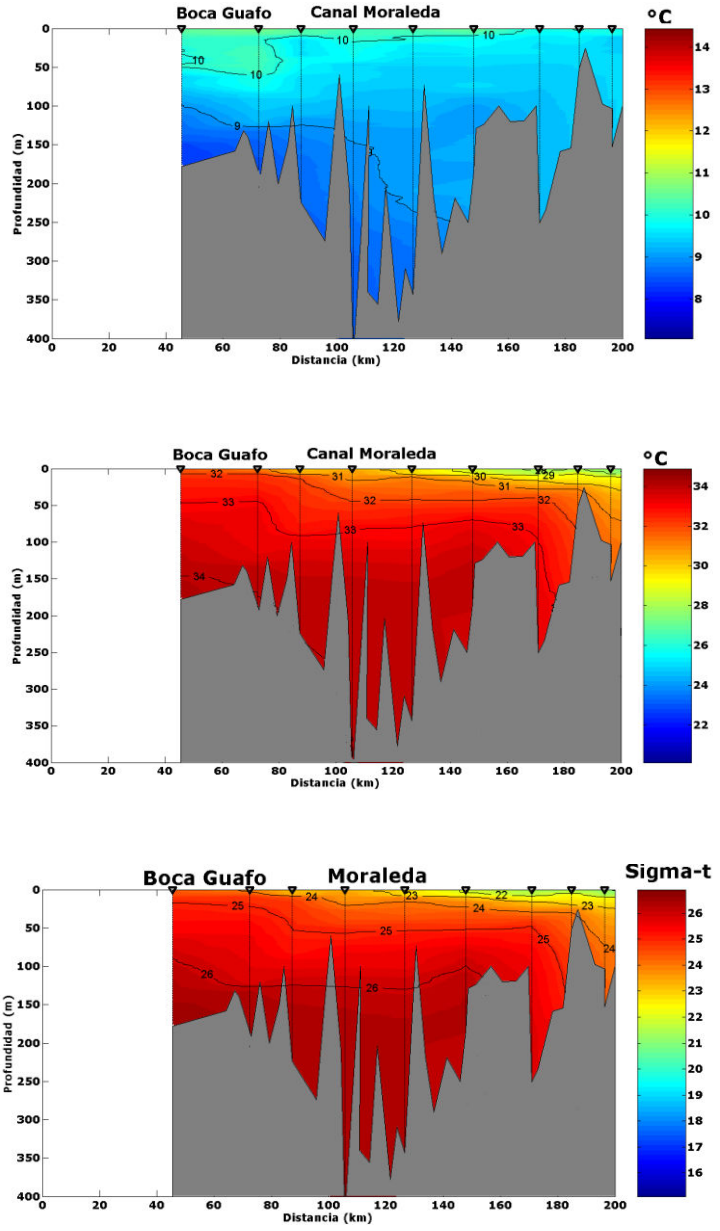


Figura 12. Distribución de temperatura (superior), salinidad (centro) y densidad (abajo) entre la boca del Guafo y el Fiordo Aysén. CIMAR 13, primavera.

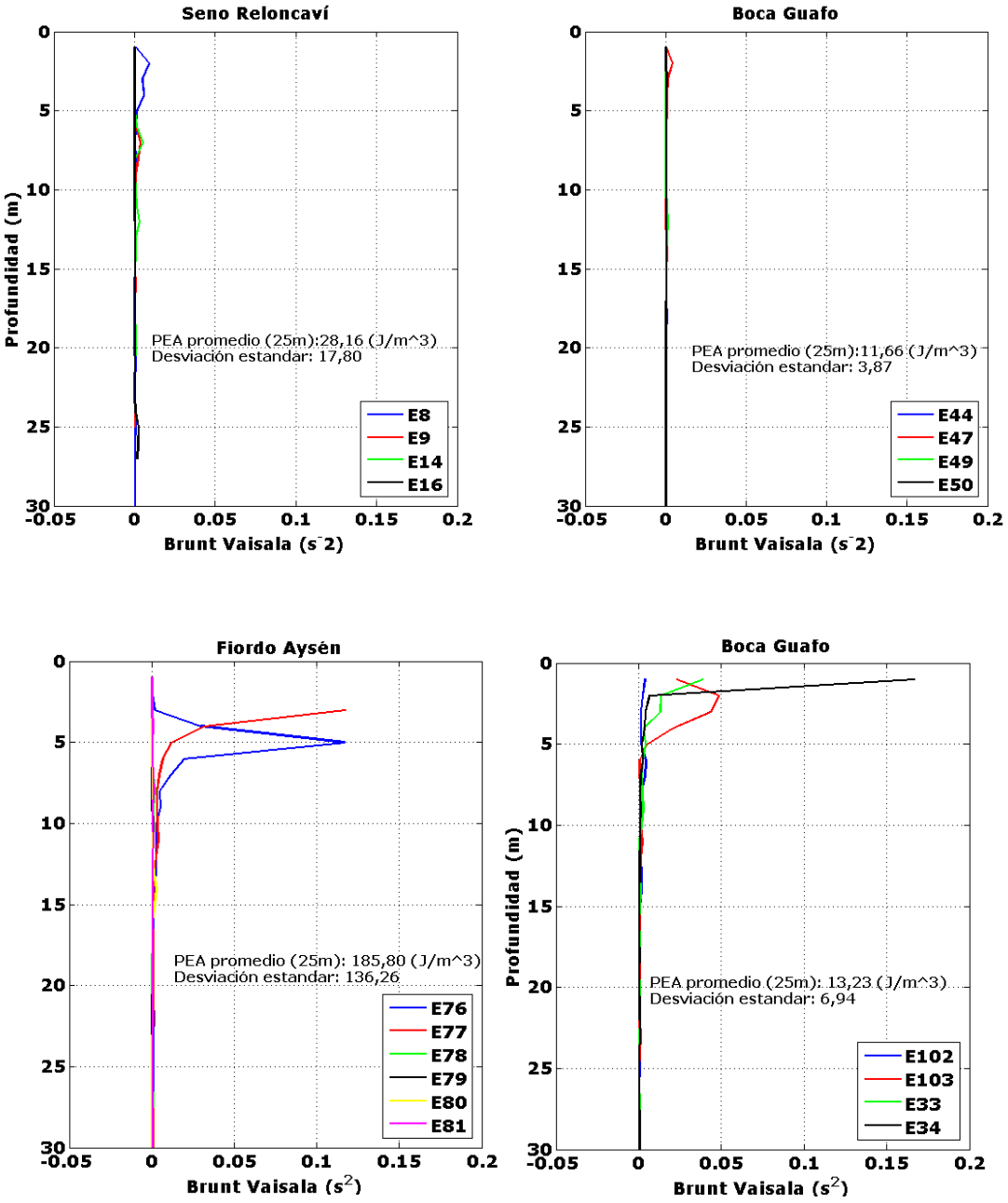


Figura 13. Perfiles verticales de frecuencia Brunt Vaisala hasta 30 m de profundidad. Estaciones ubicadas en el seno Reloncaví y en la boca del Guafo. CIMAR-12 (panel superior) y fiordo Aysén y en la boca del Guafo CIMAR-13 (panel inferior). Se incluye el promedio y desviación estándar de la anomalía de la energía potencial (ϕ, en Joule/m^3).

Criterio 3. Importancia para especies/hábitats amenazados/en riesgo/o en decaimiento

Este criterio define hábitats cruciales para especies o asociaciones de especies amenazadas, en riesgo o agotadas. La conservación de estas áreas/hábitats apoya la recuperación de dichas especies. La fuentes primarias de evaluación de este criterio es la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (para especies en riesgo o amenazadas) y los reportes de la Subsecretaría de Pesca para especies sobreexplotadas o colapsadas. Al respecto se puede mencionar que las principales pesquerías demersales (merluza austral, merluza de cola, congrio dorado y raya) se encuentran al menos sobreexplotadas.

Criterio 4. Vulnerabilidad, fragilidad, sensibilidad y recuperación lenta

Este criterio define áreas que contienen una proporción relativamente alta de hábitats sensibles, biotopos o especies que son frágiles o de recuperación lenta. Para evaluar este criterio se requiere de mapas de hábitats y especies vulnerables.

Criterio 5. Productividad biológica

Este criterio define áreas que contienen especies, poblaciones o comunidades con productividad comparativamente alta. Esta puede deberse a características oceanográficas y/o de topografía, que aumentan la productividad superficial o alteran localmente la circulación de modo de concentrar plancton y atraer predadores. En la zona de estudio las mediciones son puntuales, pero podrían ser útiles a través de interpolaciones espaciales. También existe información satelital para evaluar este criterio.

La producción primaria (PP) en fiordos patagónicos muestra un amplio período productivo desde primavera hasta otoño, y otro de muy baja productividad durante el invierno (Iriarte *et al*., 2007; Iriarte y González, 2008; Montero *et al*., 2011). Este patrón estacional se acopla perfectamente con el modelo de sucesión fitoplanctónica, que en su composición anual muestra una predominancia de pequeños flagelados (entre 2–20 µm de tamaño) en invierno (Czypionka *et al*., 2011) y un notable bloom de diatomeas en primavera, seguido por un incremento en la

abundancia de dinoflagelados tecados en verano (Iriarte y González, 2008). De esta manera, las altas tasas de PP registradas en el período productivo se asocian generalmente con una mayor contribución del microfitoplancton (>20 µm) a la fijación total de carbón, mientras que los bajos niveles de productividad en invierno se relacionan principalmente con pequeñas células fitoplanctónicas (2-20 µm y <2 µm).

Las tasas de PP presentan una tendencia latitudinal claramente decreciente hacia el sur, aunque ésta no es monotónica (Fig. 14). Se observa que altas tasas de PP en la Patagonia norte (entre Reloncaví y Puyuhuapi) y en el sector de Magallanes, mientras que valores intermedios y bajos ocurren entre los canales y fiordos ubicados desde Canal Moraleda hasta Canal Concepción, respectivamente.

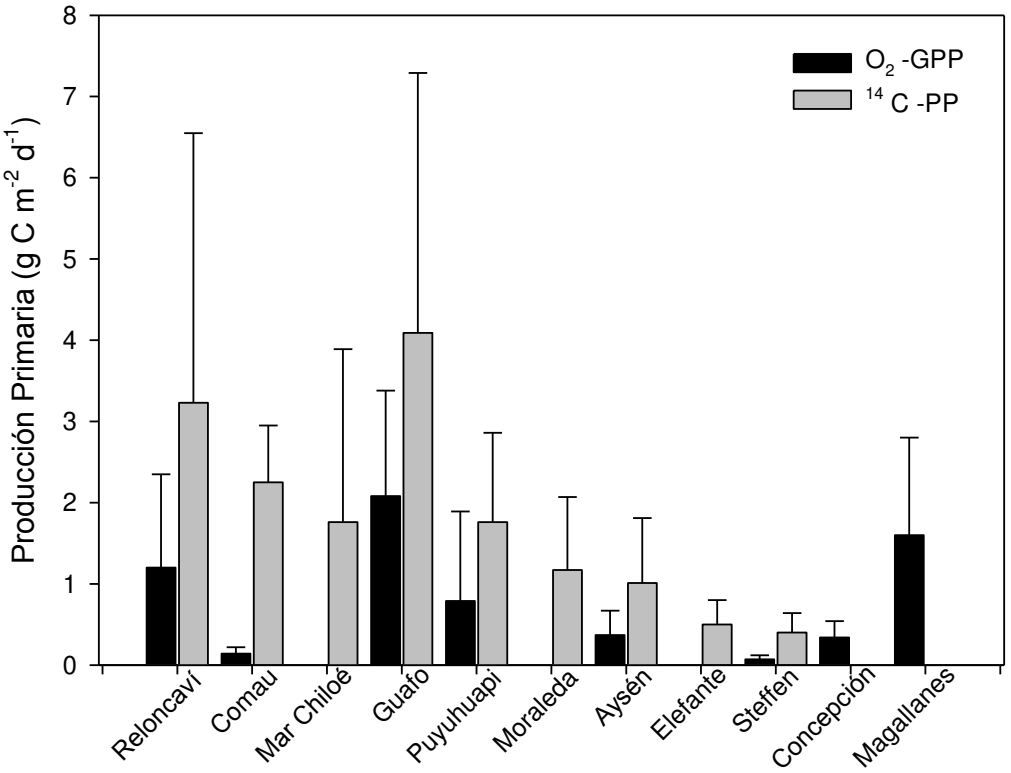


Figura 14. Tasas de producción primaria (PP) estimadas en forma simultánea a través del método del Oxígeno (O_2) y Carbono 14 (14C), en el sistema de fiordos y canales del Sur de Chile. (Extraído de Neira et al., 2012).

En términos del zooplancton en el mar interior X-XI regiones, se conoce que el microzooplancton (individuos heterotróficos > 20 μm) presenta una alta variabilidad estacional, con valores de abundancia integrada un orden de magnitud menores en el período de invierno (~1 millones de ind m^{-2}) comparados con primavera (21 millones de ind m^{-2}). Los principales grupos del microzooplancton son los dinoflagelados tecados (i. e., *Diplopsalis* y *Protoperidinium*) en primavera y los tintínidos (i. e., *Salpinguella*) en invierno. En términos de biomasa, los estadios larvales de copépodos (nauplios) dominan durante casi todo el año (González *et al*., 2010). El efecto de la estructura de la comunidad micro- y meso-zooplanctónica sobre la ruta por la cual la materia orgánica fluye a través de la trama trófica es bien conocido, como también las implicancias que existen en la retención versus la exportación de materia orgánica particulada (Vargas & González, 2004). Por su parte, Vargas *et al*. (2008) presentan fuerte evidencia de que la estructura de la trama alimentaria en el sector del Fiordo Reloncaví es de tipo "multívora", en la cual los modos de alimentación (herbivoría versus omnivoría) juegan un papel significativo en la exportación del carbón. Montero *et al*. (2011) sugieren que para esa misma área y durante la estación productiva, la cadena alimentaria clásica (herbívora) está acoplada con el anillo microbiano y la transferencia del carbono hacia niveles tróficos superiores se realiza probablemente a través de protistas heterótrofos y mesozooplancton. Contrariamente, en invierno la mayor parte de la materia orgánica producida es reciclada dentro del anillo bacteriano.

Criterio 6. Diversidad biológica

Este criterio define áreas que contienen una diversidad relativamente alta de ecosistemas, hábitats, comunidades o especies, o también alta diversidad genética. Estimados robustos de diversidad biológica son raros en Chile aunque existe data de riqueza de especies a nivel local. Sin embargo, información global/regional/local debe ser analizada con cautela ya que pueden ser incompletos y sesgados debido a esfuerzo y tamaño de muestreo desigual.

El estado de la diversidad biológica en Chile, especialmente marina, es poco conocida. Una revisión relativamente reciente puede encontrarse en el Cuarto Informe Nacional de Biodiversidad elaborado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente en 2009. En general, es posible indicar que las características geológicas del territorio chileno han generado una

geomorfología compleja con gran riqueza de ambientes marinos, costeros e insulares en los cuales, sin embargo, han evolucionado un número relativamente bajo de especies y comunidades de vegetales, animales, hongos y bacterias (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2009). Si a lo anterior se suma el alto grado de aislamiento biogeográfico, entonces podemos entender que la biodiversidad marina está caracterizada por alto grado de endemismo. En efecto, la costa de Chile continental presenta alta diversidad y endemismo. Lamentablemente, el conocimiento de muchos grupos de especies marinas es fragmentado y confinado casi exclusivamente a especies costeras. Tal como en otros ecosistemas del mundo (e.g., Jackson *et al*., 2001), se reconoce que el principal problema que debe enfrentar la biodiversidad marina en Chile se relaciona con la intervención humana a través de la sobreexplotación de los recursos pesqueros incluyendo pesca ilegal en alguna especies y las perturbaciones ocasionadas por los artes de pesca, además de la contaminación y la introducción de especies exóticas con o sin fines de cultivo. Finalmente, en ausencia de un catálogo exhaustivo respecto de la diversidad biológica y genética de la flora y fauna de la zona el mar interior de la Patagonia, es posible plantear la hipótesis que la diversidad de hábitats sostiene un alto grado de diversidad y endemismo.

Criterio 7. Perturbación humana

Este criterio define áreas prístinas que presentan nulo o bajo grado de intervención o degradación debido a la intervención humana. La data para probar este criterio serían mapas de presión pesquera. Durante mucho tiempo se consideró que la zona del mar interior de la Patagonia se encontraba en una situación prístina. Sin embargo, en las últimas dos décadas la presión humana ha ido en aumento y en la actualidad las principales pesquerías demersales (merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado y raya) y bentónicas (erizo, loco y algas) se encuentran en situación de sobrexplotación en la zona del mar interior de la Patagonia y se espera que su recuperación tome varias décadas. Sin embargo, existe prohibición de realizar pesca de arrastre de fondo en el mar interior, por lo que se espera que las comunidades bentónicas no hayan sido tan impactadas como otras zonas donde se permite el arrastre. Sin embargo, la actividad acuícola se ha desarrollado fuertemente y existen fuertes críticas al modelo de producción de la industria salmonera y su efecto sobre al macrofauna bentónica.

4.1.4. Análisis y discusión de resultados

Nosotros proponemos que un área testigo para el estudio del reclutamiento en merluza austral y merluza de cola es en sí un área de interés biológico/ecológico. A partir de la información disponible se propuso evaluar posibles ATRs en el mar interior de las Regiones X y XI. Al menos dos zonas cumplen con uno o más criterios de selección y son propuestas por nosotros: (1) norte del mar interior de Chiloé (Golfo de Ancud-Fiordo Reloncaví) y (2) zona centro-sur del mar interior de la XI Región (Canal de Moraleda-Fiordo Aysén). Sin embargo, se debe tener presente que nuestro conocimiento no es acabado y que, por el momento, estas áreas son un buen sistema modelo o de prueba que debe ser confirmado en el transcurso del tiempo. Se propone que el estudio se realice en primavera, porque es la época del año en la cual se encuentran con alta probabilidad los estadíos tempranos del ciclo de vida (huevos, larvas y reclutas) de ambas especies en la zona de estudio. En particular se debe tener presente que la información que sustenta esta propuesta y la hipótesis de ATRs, proviene de estudios y cruceros no orientados directamente a la estimación de reclutas de ambas especies.

No se propuso ningún ATR fuera de la zona del mar interior aunque evidencia reciente indica que parte importante de la fracción de individuos juveniles de merluza de cola se integraría a la zona de desove desde la plataforma continental al norte de los 41ºS, esto es, Chile central (Niklitschek *et al*., 2014). Al respecto, en la zona centro-sur se realizó dos cruceros hidroacústicos en 1999 y 2001, tendientes a estimar la abundancia de merluza de cola. Esto debido a que en esa zona se identificaba recurrentemente individuos juveniles en los desembarques. Sin embargo, el diseño de muestreo y las plataformas de trabajo no fueron comparables en el tiempo y la composición de edades en ambas evaluaciones no es la misma. Entonces, futuros estudios deberían apuntar a una descripción de esta fracción poblacional y destacar la importancia que podría tener en la definición de potenciales ATRs fuera de las zonas de mares interiores de los canales de la X y XI regiones. No obstante lo anterior, los mismos autores indican que la gran mayoría de los individuos sub-adultos de esa especie habitaron el mar interior en algún momento. Por lo tanto, las señales de reclutamiento podrían ser igualmente fuertes en el mar interior y por ello se plantea estudiar el reclutamiento en estas dos ATRs.

Tampoco se propuso ATR al sur de la XI región, ya que todos los estudios realizados para la estimación de la abundancia de merluza del sur y merluza de cola, así como el seguimiento de las

pesquerías de estos recursos, indican que la fracción juvenil de los stocks se localiza en las aguas interiores de las Regiones X y XI (Lillo *et al*., 2008). Por lo anterior, no existiría evidencia concluyente para establecer/descartar áreas de reclutamiento en la XII Región. En términos de abundancia de estadíos tempranos de ambas especies, resultados de cruceros CIMAR indican que en los sectores sur de la XI Región así como el norte de la XII, las concentraciones larvales de merluza de cola y merluza austral son menores a las de la X región y norte de la XI región. Sin embargo, es posible que previo a la explotación pesquera existieran más áreas de desove/reclutamiento para ambas especies al sur de la XI región las que desaparecieron por sobrexplotación (i.e., Estrecho de Magallanes y al oeste del Canal Beagle donde los cruceros CIMAR indican abuncancias de larvas). Estas áreas podrían reactivarse si ambos stocks se recuperan a niveles del máximo rendimiento sostenible y recuperan la estructura de tallas/edades, por lo que deben considerarse en el futuro junto a un potencial ATR en Chile central (al menos para merluza de cola).

4.1.5. Conclusiones

1. Un área testigo para el estudio del reclutamiento en merluza austral y merluza de cola es en sí una zona de interés biológico y ecológico.

2. Se propone al menos dos zonas que cumplen con los criterios para ser áreas testigo del proceso de reclutamiento en las especies objetivo, a saber: 1) norte del mar interior de Chiloé (Golfo de Ancud-Seno de Reloncaví) y 2) zona centro-sur del mar interior de la XI región (Canal de Moraleda-Fiordo Aysén).

3. La época más propicia para monitorear el proceso de reclutamiento va desde agosto a noviembre de cada año (i.e., épocas de desove y reclutamiento).

4.2. Objetivo Específico 2

Formular la(s) propuesta(s) metodológica(s) de monitoreo del proceso de reclutamiento, que permita obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

4.2.1. Introducción

En esta sección se presenta tres propuestas metodológicas para el monitoreo del proceso de reclutamiento en merluza austral y merluza de cola en la zona de estudio. El objetivo de cada una de ellas es obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de ambas especies. Se presenta separadamente cada una de las aproximaciones.

4.2.2. Metodología

La metodología para cada aproximación corresponde a una revisión bibliográfica de metodologías en boga para el estudio de indicadores de la composición y fuerza anual de los contingentes reclutas de reclutas en las especies objetivos de este estudio y/o especies símiles que habitan sistemas comparables. Se considera también el estudio de la composición de la dieta de las especies objetivo e índices de estadíos tempranos de vida, que auxilien el estudio del reclutamiento de las especies objetivo y ayuden a explicar su variabilidad. La revisión de la literatura disponible la biblioteca electrónica de la UdeC, Universidad Católica del Norte (UCN) e información disponible generada en el marco de proyectos del FIP, CIMAR, FONDECyT y otras fuentes de acceso libre. La revisión se enfoca en metodologías para estimar la abundancia y el reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola, entre las que se cuentan los métodos directos tales como (a) área barrida en las zonas y épocas de mayor abundancia de juveniles, (b) evaluaciones hidroacústicas aplicadas a la fracción juvenil, (c) muestreos de estómagos de predadores y (d) muestreos ictioplanctónicos realizados durante y después de la época de desove

principal. También se revisa métodos indirectos que estiman la fuerza de las clases anuales a través de un modelo integrado de evaluación de stock. En la elaboración de esta sección del informe de avance se consideró también aspectos relacionados con la dinámica espacial de la merluza austral y la merluza de cola en la zona de estudio. El énfasis son los procesos y zonas donde se ven involucrados los primeros estados de desarrollo de ambas especies de modo de adaptar/modificar las metodologías existentes. El objetivo es utilizar la información existente para seleccionar y proponer propuestas metodológicas para el proceso de reclutamiento y su variabilidad en ambas especies en la zona de estudio.

4.2.3. Resultados

En esta sección se formula y presenta las propuestas metodológicas seleccionadas para monitorear el proceso de reclutamiento en las especies objetivos de este estudio, basándose en tres aproximaciones, a saber: i) estimación de abundancia y reclutamiento a través del método acústico, ii) Análisis del contenido estomacal para el seguimiento de reclutas de las especies objetivo, y iii) monitoreo del proceso de reclutamiento basado en la dinámica espacial y en primeras fases del ciclo vital. A continuación se presenta los resultados de cada aproximación.

1. Estimación de abundancia y reclutamiento a través de acústica

De la revisión bibliográfica se desprende que únicamente para el caso de la merluza del Pacífico norte (*Merluccius productus*) se obtiene una estimación directa del reclutamiento biológico (grupo 0) y que, además, tiene un buen grado de correlación con la fuerza de las clases anuales que se detectan posteriormente en la evaluación indirecta. Lo anterior debido a que se conoce que en la merluza del Pacífico cada año la fracción adulta de la población migra desde las áreas de desove, al sur de California, hacia zonas de alimentación, ubicadas a lo largo del quiebre de la plataforma continental entre California y la isla de Vancouver (Dorn, 1995), siendo esa la zona donde históricamente los gobiernos de Canadá y Estados Unidos realizaban evaluaciones (independientes) del stock juvenil mediante área barrida (Nelson & Dark 1985; Cooke *et al*., 1996; Wilson *et al*. 2000; Helser *et al*., 2004).

En el caso de la pesquería del hoki de Nueva Zelandia (*Macruronus novaezelandiae*), evaluaciones hidroacústicas, cruceros de área barrida y programas de observadores son las metodologías que se utilizan para colectar información de este recurso tanto del reclutamiento como de la abundancia y biomasa de la fracción explotable de los stocks. La metodología hidroacústica se utiliza sólo en las zonas de agregación reproductiva, en las áreas de alimentación el recurso es evaluado a través de área barrida. Esto se debería al hecho de que sólo en las zonas de agregación reproductiva esta especie se encontraría en densidades apropiadas y en baja proporción de mezcla con otras especies, para utilizar el método acústico (O´Driscoll, 2003).
En el caso de Australia, la abundancia de la población de hoki alcanza niveles muchos más bajos que la población de hoki de Nueva Zelanda y, al igual que en ésta última, se identifica dos pesquerías para este recurso: una relacionada con el stock desovante, que opera en invierno (junio - agosto) y otra que opera principalmente sobre sub-adultos y adultos pequeños (Smith, 1998). La información histórica para este recurso es bastante más reducida y la información del reclutamiento se reduce a unos pocos años y están principalmente basados en evaluaciones acústicas (Tuck *et al*., 2005).

En el caso de la merluza de cola de Argentina, se ha realizado evaluaciones de abundancia mediante métodos acústicos y de área barrida sobre la plataforma continental desde el año 1969, pero sólo a partir de 1992 existiría una serie anual consistente de abundancia relativa. Sin embargo, los resultados de los estudios de evaluación directa no se presentan desagregados por edades por lo que no es posible obtener series de abundancia relativa de grupos juveniles ("reclutas") (Wöhler, 2004). Por otro lado, campañas sucesivas de prospección pesquera en el área del talud argentino durante la época de invierno no han encontrado zonas importantes de agregación reproductiva, típicas de este género, como en Chile, Nueva Zelanda y Australia (Guissi *et al*., 2003). La estimación de reclutamiento que se presenta en la literatura para esta especie proviene del análisis de poblaciones virtuales (metodología indirecta). Además, los cruceros en Argentina no cubren la zona al sur de 53° S, lo que deja sin evaluar importantes áreas de su extensa plataforma.

En Chile, para los recursos merluza de cola y merluza del sur, evaluaciones directas de la abundancia se han realizado desde 1993 en el marco del Proyecto FIP 1993-04 "Evaluación

hidroacústica del stock desovante de merluza del sur en la zona de Guafo y Guamblín" (Lillo *et al*., 1995), en el caso de merluza del sur, y desde 1995 en el caso de merluza de cola (Lillo *et al*., 1997, FIP 1995-18 "Evaluación directa del stock de merluza de cola en la X y XI regiones"). En la mayoría de los casos, las evaluaciones directas se han realizado en las aguas exteriores de la X y XI Regiones, mientras que evaluaciones directas de la abundancia de merluza del sur y merluza de cola en aguas interiores se han realizado en el marco de los siguientes estudios:

- FIP 1993-20 "Identificación de las áreas de reclutamiento de merluza del sur en la zona sur-austral"
- FIP 1994-24 "Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la XII región"
- FIP 2000-13 "Dinámica del reclutamiento de merluza del sur"
- FIP 2001-21 "Evaluación del reclutamiento de merluza de cola, 2001"
- FIP 2002-07 "Programa de evaluación hidroacústica temporal de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2002"
- FIP 2004-40 "Programa de evaluación hidroacústica temporal de la biomasa de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2004"
- FIP 2006-10 "Evaluación hidroacústica merluza del sur en aguas interiores de la X y XII Regiones, año 2006"
- FIP 2007-14 "Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola en aguas interiores, año 2007"
- FIP 2009-09 "Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2009."

En todos los estudios realizados a la fecha, se ha utilizado el método de evaluación acústica para la estimación de la abundancia de merluza del sur y merluza de cola.

Las evaluaciones directas de la abundancia de merluza del sur y merluza de cola, así como el seguimiento de las pesquerías de estos recursos indican que la fracción juvenil de los stocks se localiza en las aguas interiores de las Regiones X y XI (Lillo *et al*., 2008). En esta zona, se ha realizado evaluaciones directas de la biomasa de merluza del sur y merluza de cola entre 41º30'S y 46º00'S (Figura 15), con diseños de muestreo a la forma de transectas en zig-zag (Figura 16).

En la zona centro-sur se han realizado dos cruceros hidroacústicos (1999 y 2001), tendientes a estimar la abundancia de merluza de cola. Debido a que en esa zona se han identificado recurrentemente individuos juveniles en los desembarques, las evaluaciones directas han tomado el nombre de "evaluaciones del reclutamiento". Lamentablemente, tanto el diseño de muestreo como las plataformas de trabajo no han sido comparables en el tiempo y la composición de edades en ambas evaluaciones no es la misma.

La evaluación hidroacústica de merluza del sur en las aguas interiores de la X y XI Regiones en el año 2006 y 2007 (Lillo *et al*., 2008; 2009) mostraron a la merluza de cola como el principal recurso en términos del tamaño del stock, con una estructura de tamaños predominantemente juvenil, lo que da cuenta de una importante área de reclutamiento para este recurso en el área evaluada (Lillo *et al*., 2009). La merluza del sur fue la segunda especie en importancia con una estructura poblacional con una fracción juvenil que sobrepasó el 90% en número en el año 2007 (Lillo *et al*., 2009).

A partir de la revisión bibliográfica respecto de meluza de cola (de Nueva Zelandia, Australia, Argentina y Chile) y de merluza del Pacífico, en las Tablas 1 y 2 se presenta una comparación de las metodologías que se han empleado en la evaluación directa del reclutamiento.

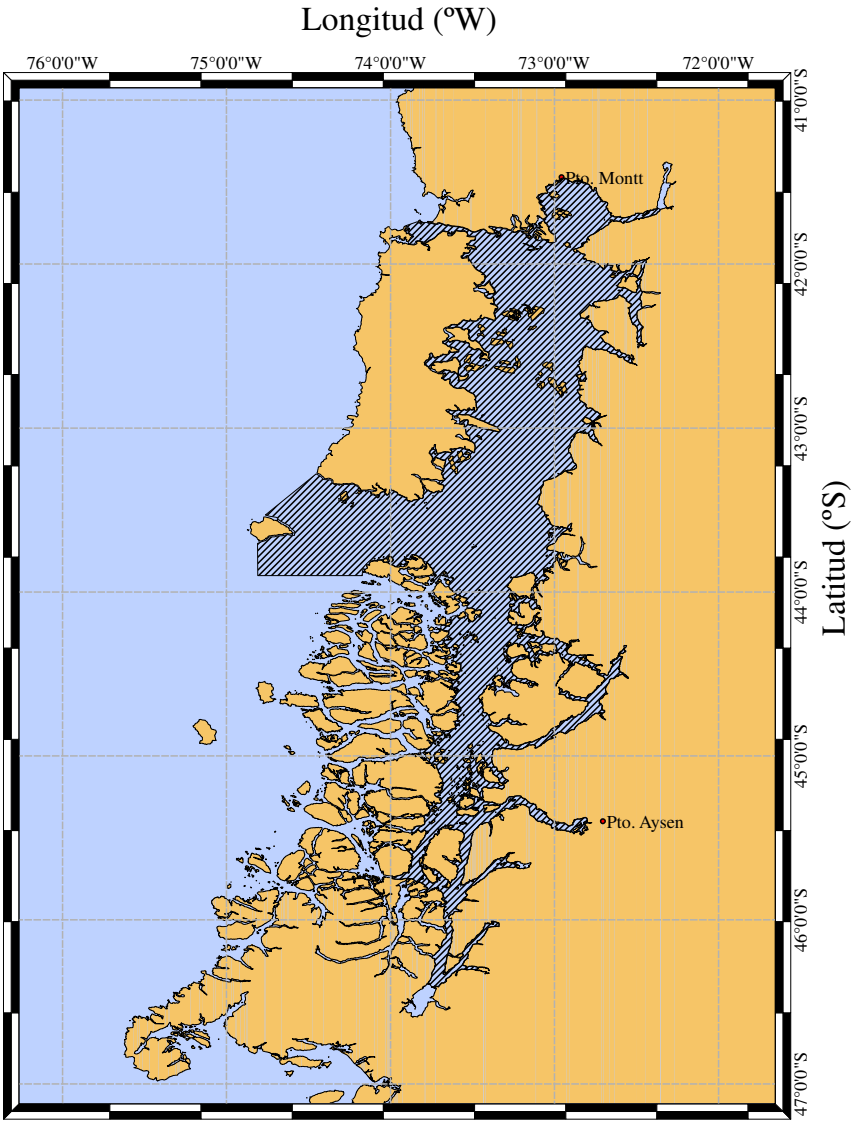


Figura 15. Área de estudio (achurado) de las evaluaciones hisdroacústicas de la abundancia y reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola.

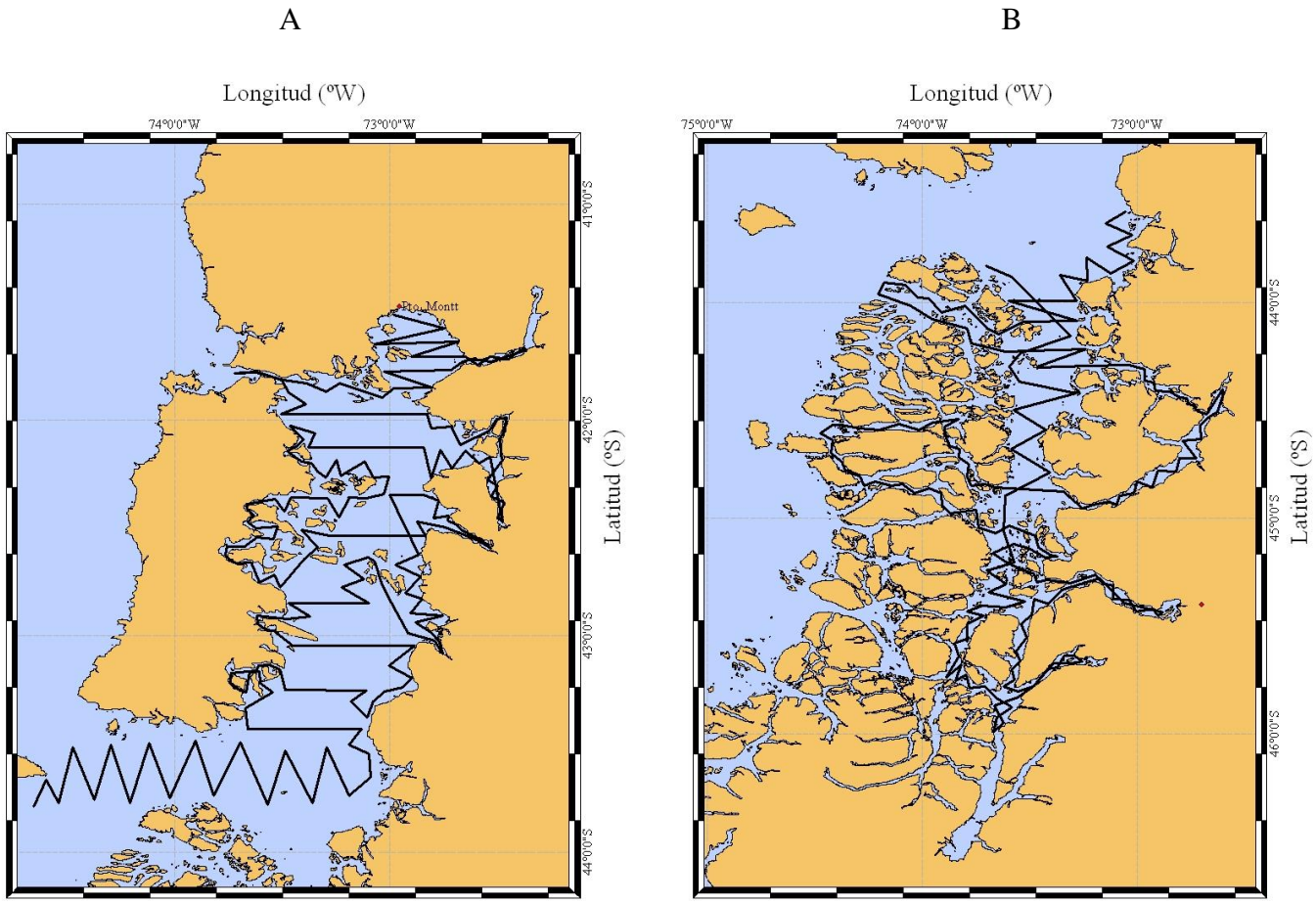


Figura 16. Diseño de muestreo acústico en la Región de Los Lagos (izquierda) y Región de Aysén (derecha).

Tabla 1. Ventajas y desventajas de metodologías directas e indirectas en la estimación del reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola. APV + MS: Análisis de población virtual y modelos estadísticos.

Ventajas y desventajas	Evaluación Directa			Evaluación Indirecta
	Área Barrida	Hidroacústica	Ictioplancton	APV + MS
Ventajas	Buen desempeño en condiciones de alto grado de mezcla con fauna acompañante	Obtiene potencialmente información de abundancia en toda la columna de agua	Estimaciones sobre estadios tempranos: buena información predictiva para años recientes y futuros	Integra la información de varias fuentes en el tiempo en un contexto estadístico
	Genera gran cantidad de información sobre estructura de edad/longitud	Mayor cantidad de información generada a un mismo esfuerzo que área barrida		APV. Estimaciones del reclutamiento sin caracterización formal de la incertidumbre. MS. Manejo formal de la incertidumbre en las estimaciones de reclutamiento
	Distribución espacial de la flota pesquera permite cotejar el área muestreada	Distribución espacial de la flota pesquera permite cotejar el área muestreada		APV. Mucha de la información proviene de la estimación. MS. Permite analizar el grado de consistencia de las diversas fuentes de información
	Evidencia empírica directa de la abundancia	Evidencia empírica directa de la abundancia	Evidencia empírica directa de la abundancia	No requiere datos de estructura de edad en captura para todos los años
Desventajas	Genera información solo en el estrato muestreado por la red, menor información que métodos hidroacústicos	Bajo desempeño a altos grados de mezcla con fauna acompañante	Fuerza de las clases anuales a esta edad aún pueden estar fuertemente sujetas a efectos abióticos y bióticos.	Debido a su condición de estimación indirecta la calidad de la estimación dependerá de la consistencia temporal de las distintas fuentes de información
	Requiere de un mayor número de lances y por ende mayor esfuerzo de muestreo	Requiere de buena información auxiliar respecto de fuerza de blanco	Actividad de la flota no entrega información auxiliar sobre distribución de los reclutas	Requiere datos de estructura de edad en la captura para todos los años
		Genera menor cantidad de información respecto de estructura de edad/longitud		No reporta estimaciones de incertidumbre en reclutamiento bajo metodología estadística formal
		Requiere de lances exploratorios para identificación de especies		No maneja incertidumbre en la matriz de captura
		Menor calidad en la estimación de estructura de longitud/edad.		

Tabla 2. Principales supuestos de metodologías directas e indirectas relacionados a la estimación del reclutamiento.

Evaluación Directa			Evaluación Indirecta
Área Barrida	Hidroacústica	Ictioplancton	APV + MS
Población se encuentra en el área en el área muestreada durante la prospección	Población se encuentra en el área en el área muestreada durante la prospección	Población se encuentra en el área en el área muestreada durante la prospección	Modelo de dinámica tiene el grado adecuado de complejidad para representar la dinámica juvenil, adulta y del reclutamiento
De haber un proceso de migración, este es tal que la abundancia estimada es proporcional a la abundancia real y la estimación es consistente en el tiempo	De haber un proceso de migración, este es tal que la abundancia estimada es proporcional a la abundancia real y la estimación es consistente en el tiempo	De haber un proceso de migración, este es tal que la abundancia estimada es proporcional a la abundancia real y la estimación es consistente en el tiempo	La matriz de captura a la edad se observa sin error. Fuentes de información son suficientes para parametrizar el modelo y caracterizar el reclutamiento (especialmente información sobre la estructura de edad)
Los cambios ontogenéticos espaciales son considerados en el diseño de muestreo	Los cambios ontogenéticos espaciales son considerados en el diseño de muestreo	Existe una fuerte correlación entre la fuerza de las clases anuales que avanzan a través de la población y las señales que se detectan con este estadístico	Fuentes de información son suficientes para parametrizar el modelo y caracterizar el reclutamiento (especialmente información sobre la estructura de edad). Parámetros "conocidos" son los apropiados
Población es muestreada en el estrato correcto de profundidad	No existe un alto grado de mezcla con otras especies en el área de estudio.	Metodología consistente en el tiempo	Modelos Estadísticos capturan las principales fuentes de incertidumbre
Metodología consistente en el tiempo	La estructura de edad queda correctamente caracterizada a través de lances exploratorios		Crecimiento y dinámica no diferencial entre sexos (para el caso de la merluza de cola de chile)
	Fuerza de blanco y parámetros de calibración caracterizados correctamente		Población cerrada a procesos migratorios no modeladas
	Metodología consistente en el tiempo		

Neira *et al.* (2012) analizaron información de proyectos financiados por el FIP ejecutados en los años 2003, 2005, 2007, 2008, 2009 y 2011, logrando apreciar sinópticamente el área de cobertura en el tiempo de las agregaciones de merluza de cola y merluza del sur el mar interior de la X y XI Regiones, lo que permitió la identificación espacial de zonas con mayor densidad acústica (ton/mn^2) presente el área de estudio. Las densidades acústicas fueron divididas en el área de estudio a través de cuadrantes de 0,05 x 0,05 grados (~9 mn^2), y luego separada en 5 niveles de densidad acústica (0-1,5; 1,5-15; 15-150; 150-1500; 1500-15000 ton/mn^2).

La distribución espacial de la densidad de merluza austral indicó que las mayores densidades acústicas se han localizado en la zona norte del Golfo de Ancud y Seno de Reloncaví en la X Región de Los Lagos. En la XI Región de Aysén las mayores densidades se localizan en el Canal Moraleda y en Fiordo Aysén.

En el caso de la merluza de cola las mayores densidades acústicas se encontraron en la zona del Golfo de Ancud y Seno de Reloncaví en la X Región de Los Lagos. A diferencia de la merluza austral, la merluza de cola presenta mayor cobertura espacial en el mar interior de Chiloé y hacia la boca del Guafo.

A partir del análisis de data de abundancia acústica y de pesca de merluza austral y de merluza de cola se identificó las zonas de reclutamiento para dichas especies donde se pueda levantar información relevante que permita construir series de tiempo de abundancia relativa de prereclutas y de variables que, eventualmente, determinan el éxito del reclutamiento. En la X Región de Los Lagos las zonas bien definidas de abundancia de prereclutas se ubican en el Seno de Reloncaví (presencia de juveniles >50%), mientras que la mayor abundancia se encontró frente al Golfo de Ancud. En cambio, en la XI Región de Aysén la mayor abundancia relativa de prereclutas tiende a ocurrir en el Canal Moraleda y en el Fiordo Aysén.

2. Análisis del contenido estomacal para el seguimiento de reclutas de las especies objetivo

En esta sección se presenta la metodología para analizar el contenido estomacal de individuos de merluza austral y merluza de cola, con el objetivo de obtener un índice que permita el seguimiento de reclutas de las especies objetivo en la zona de estudio.

Se analizará el contenido estomacal de individuos capturados durante el crucero desarrollado en octubre de 2014, a bordo del B/C "Abate Molina" de los lances de pesca de identificación para la estimación acústica de la abundancia en el Mar Interior de Chiloé. No se comprometió muestreos del desembarque comercial durante el desarrollo del presente proyecto.

El muestreo de estómagos de merluza del sur y de merluza de cola, independientemente, será "al azar estratificado", procurando cubrir tres rangos de tamaños (longitud total, en cm), a saber: peces pequeños, medianos y grandes. Se desecha el muestreo al azar simple debido a que se tiende a muestrear largamente a los ejemplares más frecuentes en las capturas, que corresponden a los peces de tamaños intermedios. Sin embargo, si se asume que los peces son muestreadores eficientes y predadores oportunistas, por un lado; y, por el otro, que los peces carnívoros marinos tienden a ser ictiófagos con el desarrollo de la ontogenia, entonces interesa muestrear también a los peces grandes, los que son los más infrecuentes en las capturas, pues se trata –a través del análisis del contenido estomacal– de indagar cuánto aportan (en peso y en número) los ejemplares pequeños (reclutas o pre-reclutas) de merluza austral y merluza de cola a la dieta de ambas especies, sea por canibalismo o predación inter-específica. La hipótesis que subyace es que los predadores podrían auxiliarnos en la estimación de un índice de abundancia relativa de pre-reclutas analizando su contenido estomacal, asunto que trataremos de desarrollar en este proyecto.

A cada ejemplar recolectado se le debe determinar el sexo y medir su longitud (LT, cm) y peso total (PT, g). Los estómagos deben extraerse, etiquetarse y congelarse a bordo (Stobbedroup, 1992; Arancibia *et al*., 1998), para luego ser analizados en el laboratorio. El contenido estomacal deber identificarse al nivel taxonómico más bajo (a nivel de especies cuando fue posible) utilizando estereomicroscopio. El bolo alimenticio será analizado utilizando solamente el método gravimétrico (peso), pues los métodos de frecuencia y numérico son poco informativos, siéndolo aún más los índices mixtos, como el índice de importancia relativa (IIR) de Pinkas *et al*. (1971), el que no será considerado en el desarrollo del presente proyecto. En primer lugar, el IIR tiene como desventaja que enmascara variables elementales (y sus unidades de medida) que son más

informativas, como el peso el que se necesita para ser usado en modelos de evaluación de stock multiespecíficos (e.g., Rice et al., 1991). Además, la unidad de medida del IIR no es clara y no corresponde a porcentaje (%) sino a que $\%^2$. Por su parte, los método numérico y frecuencia tienen la desventaja de dar mucha importancia a presas que son de pequeño tamaño y que en términos de flujo de materia hacia pesquerías pueden ser despreciables.

Tamaño muestral

Del proyecto FIP 2008-23 (Arancibia *et al*., 2010) se tiene que el coeficiente de variación del peso del contenido estomacal de merluza austral es C.V.=1,436; y el de merluza de cola es C.V.=2,413. Si se asume que el peso del contenido estomacal se distribuye normal, para un error muestral d=0,2 y t-Student=1,96 (muestra >> 120), se tiene que el tamaño muestral (estómagos con contenido) para el período del crucero (octubre de 2014) es ≥ 198 para merluza austral y ≥ 559 para merluza de cola. Cada tamaño muestral será divido en tercios, correspondiendo 1/3 a estómagos de peces pequeños, 1/3 a medianos y 1/3 a grandes. Para ambas especies, como "peces pequeños" se considerará a los ejemplares bajo la talla media de madurez; los "peces de tamaño grande" corresponderán a aquellos de los 5 grupos de edad más viejos en las capturas; y los "peces de tamaño medio" corresponderán al intervalo entre ambos anteriores. Estas definiciones son operacionales, sin embargo tienen un trasfondo biológico y ecológico. En este sentido, En ambos casos, los peces pequeños son aquellos cuya talla es menor que la talla media de madurez sexual y principalmente planctófagos, los peces medianos son aquellos que se encuentran en la moda o cercanos a la moda principal de la distribución de tallas y con una dieta mixta planctófaga y piscivora. Los individuos grandes son aquellos mayores que la moda principal y en teoría 100% piscívoros.

Los resultados del análisis de contenido estomacal de las especies objetivo de este estudio obtenidos desde el crucero serán complementados con antecedentes disponibles (resultados previos y datos crudos) de la alimentación de merluza austral y merluza de cola en informes de proyectos anteriores financiados por el FIP, en particular el proyecto FIP 2008-23 (Arancibia *et al.*, 2010) y el proyecto FIP 2012-15 (Neira *et al*., 2014), ampliando la escasa base de datos del contenido estomacal de ambos recursos pesqueros.

3. Monitoreo del proceso de reclutamiento basado en la dinámica espacial y en primeras fases del ciclo vital

Índices ictioplanctónicos asociados a reclutamiento

En la presente sección se proponen y fundamentan índices ictioplanctónicos que podrían ser incorporados en futuros cruceros en la zona de aguas interiores de la X región, que tengan entre sus actividades regulares el muestreo de zooplancton. Los índices propuestos cumplen con las criterios de ser de bajo costo (equipamiento disponible en cualquier laboratorio), fácil aplicación (requerir corto entrenamiento y poco tiempo para su implementación anualmente) y fácil interpretación. Cuando nos referimos a costos, se está pensando en costos posteriores a las actividades de muestreo en terreno, y separación de huevos y larvas desde las muestras de plancton, labores inherentes a cualquier método que utilice ictioplancton. Se proponen tres indicadores, a saber:

a. Tamaño de huevo

Se propone utilizar el tamaño de huevo como un indicador de i) calidad del huevo y ii) de la procedencia maternal de los mismos. Varios estudios han demostrado que existe una relación entre el tamaño de los huevos y el tamaño de las larvas a eclosionar. También se ha descrito que larvas eclosionadas de mayor tamaño son más desarrolladas y normalmente pueden tener más movilidad. Esto aumenta su capacidad de responder a ataques de predadores o de movilizarse para capturar alimento. Las larvas provenientes de huevos más grandes tienen normalmente mayor cantidad de vitelo, por lo que pueden nutrirse de éste por mayor tiempo. En algunas especies, los huevos más grandes contienen mayor cantidad de lípidos o proteínas. Esto ha llevado a sugerir que el tamaño de los huevos podría ser, incluso, un rasgo adaptativo determinado maternalmente frente a condiciones tróficas potencialmente desfavorables en algunos ambientes o épocas del año (Castro *et al*., 2009; Figura 17).

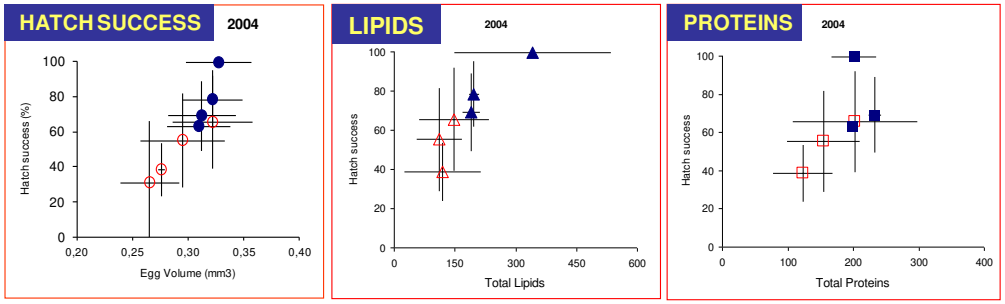


Figura 17. Relación entre el tamaño del huevo de anchoveta, cantidad de lípidos en esos huevos, y cantidad de proteínas con el éxito en la eclosión. (Castro *et al*., 2009).

La obtención del tamaño de los huevos, estimables a partir de medidas realizadas con microscopio (lupa) de ocular graduado o desde imágenes procesables en computadores equipados con analizador de imágenes, es de bajo costo así como su análisis. Con la misma metodología puede obtenerse el tamaño de la gota oleosa (reserva de lípidos) y el espacio perivitelino (incidente en la flotabilidad) (Fig. 18).

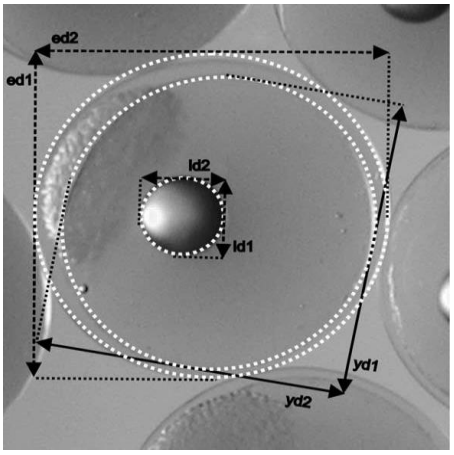


Figura 18. Potenciales mediciones para determinar tamaño de los huevos de merluza, espacio perivitelino y tamaño e la gota oleosa.

Bajo el supuesto que existe una relación entre la talla de las hembras desovantes y el tamaño de los huevos desovados (relación reportada en gádidos), entonces el tamaño de los huevos de la merluza austral y merluza de cola colectados desde el plancton podría servir para deducir la procedencia de las hembras que los generaron. Para esto se debe tomar en cuenta que las hembras de aguas interiores son más pequeñas que las presentes en aguas exteriores, según se mostró en la sección anterior (Lillo *et al*. 2009). Estudios preliminares llevados a cabo en el Laboratorio de

Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción, han mostrado que no ocurren cambios en el volumen del huevo durante su desarrollo. Sin embargo, sí existen diferencias entre los tamaños de huevos de merluza austral desovados en aguas exteriores (huevos más grandes) e interiores (huevos más pequeños) (Fig. 19).

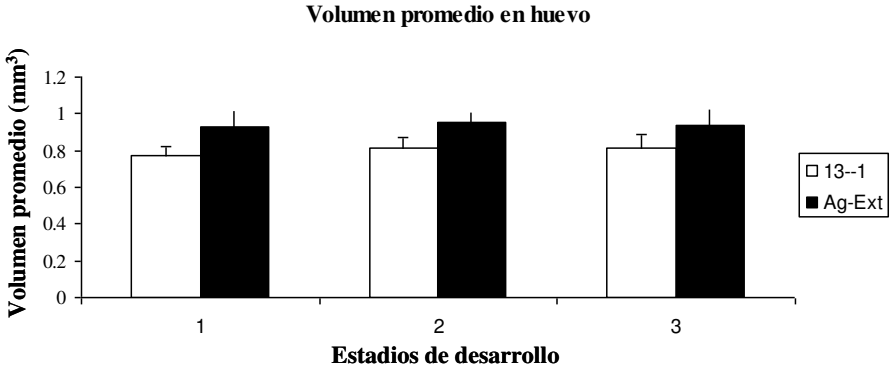


Figura 19 Volumen promedio de huevos colectados en aguas exteriores (Ag-Ext; barras negras) y aguas interiores (Cimar 13-; barras blancas), durante 3 etapas de su desarrollo (principio, medio y final).

Acorde a estas observaciones, en el futuro si llegara a observarse huevos grandes en aguas interiores durante algún año, se podría deducir que éstos provienen de hembras de mayor tamaño y, por lo tanto, de hembras que pudiesen haber ingresado a aguas interiores desde aguas exteriores. Dado que puede existir variaciones inter-anuales en tamaño el huevo dentro de cada zona y para aplicar correctamente el razonamiento de distinción de zona de origen de las hembras, se recomienda obtener muestras de huevos tanto de aguas interiores como exteriores en escala anual. Con esta data es posible verificar los rangos de variabilidad intra-localidad y posteriormente comparar entre-localidades.

b. Proporción de estaciones con presencia de larvas

Con el fin de obtener una idea de la cobertura espacial de las larvas en la zona de monitoreo anual, es posible utilizar como primera aproximación la proporción de estaciones con larvas (estaciones positivas) respecto el total de estaciones muestreadas y comparar interanualmente este valor. Si dentro de la grilla de estaciones a muestrear anualmente se presenta un número alto de estaciones positivas, también podría determinarse el área cubierta mediante análisis geoestadísticos. La proporción de estaciones positivas ha sido regularmente utilizada en los informes de las

evaluaciones de los stocks desovantes de sardina común y anchoveta por el método de producción diaria de huevos (MPDH) en la zona central de Chile como un indicador preliminar de la cobertura de huevos y ha demostrado ser sensible a cambios inter-anuales entre las dos zonas principales de desove en la costa central (Constitución a Golfo de Arauco) vs zona sur (Punta Lavapié a Corral) a lo largo de los años (Cubillos *et al*., 2013, 2011, 2010, 2009) (Fig. 20). Si existiera la posibilidad de muestrear también una red de estaciones en aguas exteriores, entonces podría compararse las variaciones en cobertura espacial de larvas (y huevos) de cada especie entre zonas a lo largo del tiempo (años).

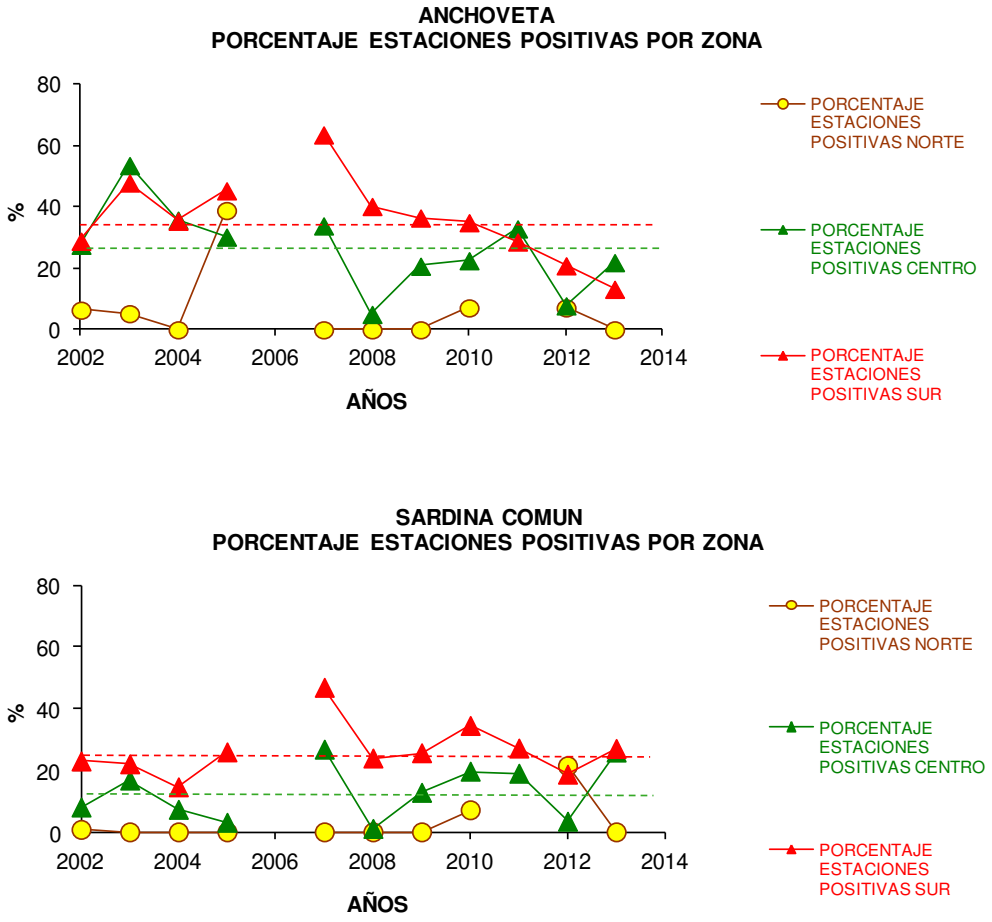


Figura 20. Serie anual de porcentajes de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común en la zona de desove centro-sur de Chile, obtenidas de las evaluaciones mediante MPDH. Se muestra que las variaciones en estaciones positivas difiere entre subzonas en anchoveta, pero concuerda entre subzonas en sardina común (Cubillos et al. 2013).

c. Abundancia promedio de larvas en estado postflexión notocordal

Se propone utilizar el número promedio de larvas en estado postflexión notocordal en las estaciones positivas como indicador de abundancia larval en una zona a muestrear anualmente. Para obtener una primera aproximación de los cambios en abundancia interanuales de larvas de cada especie en la zona de monitoreo anual, es posible utilizar como *proxi* la abundancia promedio de larvas en las estaciones positivas (estaciones con larvas) y comparar estos valores interanualmente y/o entre ambas especies objetivo. Si se presenta un número alto de estaciones positivas también puede determinarse el número total de larvas presentes en la grilla utilizando análisis geoestadísticos. Al igual que la proporción de estaciones positivas, el número promedio de huevos por estación ha sido también reportado históricamente en los informes de las evaluaciones de los stocks desovantes de sardina común y anchoveta por el método de producción diaria de huevos (MPDH) en la zona central de Chile. Se ha utilizado este valor como un indicador preliminar de la abundancia de huevos, identificado razonablemente las tendencias inter-anuales en las dos especies presentes en la costa central (Cubillos *et al*., 2012, 2011, 2010, 2009) (Fig. 21). Si una red de estaciones pudiese muestrearse anualmente también en aguas exteriores de la zona sur y austral, entonces podría compararse las tendencias de abundancias de larvas de cada especie entre zonas a lo largo del tiempo.

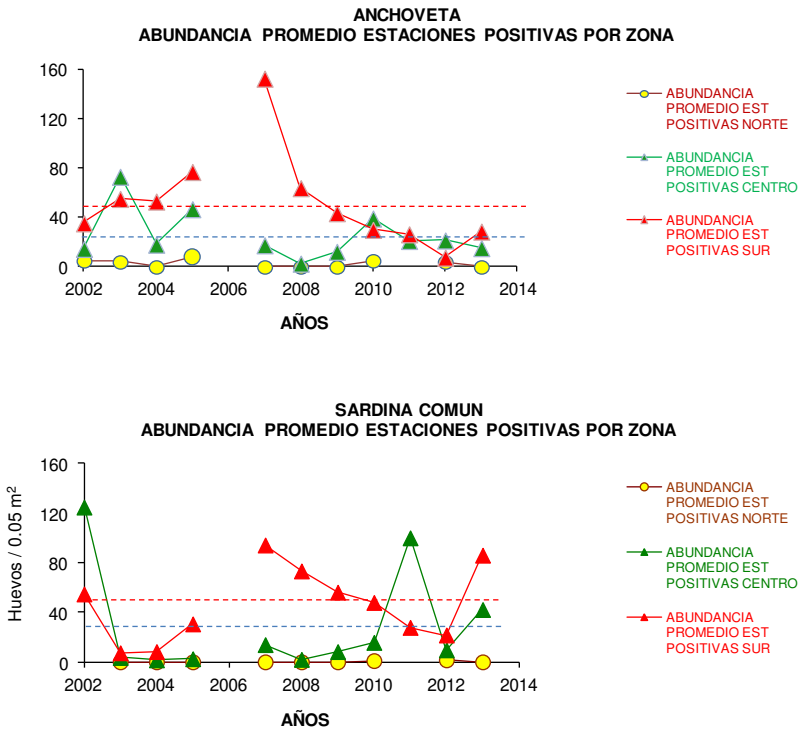


Figura 21. Serie anual de número de estaciones positivas con huevos de anchoveta y sardina común en la zona de desove centro-sur de Chile obtenidas en los cruceros el MPDH. Se muestra que las variaciones en abundancia coinciden en ambas especies en la zona sur (símbolos rojos, caída de abundancia de huevos de ambas especies desde el 2007 al 2012 y aumento en el 2013). Sin embargo, difieren en la zona central (símbolos verdes) (Cubillos *et al*., 2013).

4.2.4. Discusión de resultados

Las metodologías para la estimación directa de abundancia y reclutamiento poseen ventajas y desventajas, así como supuestos (Tablas 1 y 2). El método hidroacústico ha sido utilizado exitosamente en la evaluación de especies símiles en sistemas comparables, así como en Chile para la evaluación de las especies objetivo. Además, presenta la ventaja de ser una metodología factible de utilizar en las condiciones del mar interior que es la zona seleccionada para realizar el crucero piloto (ver Objetivo Específico 1), donde la metodología de área barrida no es aplicable al estar prohibido el arrastre de fondo en esta zona. Otra ventaja es la realización de lances de identificación los cuales junto con ayudar a caracterizar las agregaciones de especies objetivos,

permite colectar muestras de estómagos tanto de merluza austral y merluza de colas así como de otras especies potencialmente importantes como predadores o presas de estas.

Para la selección de las ventanas temporales y espaciales en los cuales se pueda llevar a cabo un estudio de monitoreo conducente a entender variaciones en reclutamiento de la merluza austral y merluza de cola, se tomó en cuenta hitos relevantes de la dinámica espacial durante el ciclo de vida de ambas especies en la zona de estudio (ver Objetivo específico 1 para más detalles).

La información más relevante sobre estacionalidad reproductiva de las merluzas de cola y austral en la Patagonia chilena señala que ambas especies desovarían durante invierno y principalmente en el quiebre de la plataforma continental de la XI región, asociado a cañones submarinos (Balbontín & Bravo 1993; Céspedes *et al*. 1996; Lillo *et al*. 2006, 2009). También existe información adicional que señala la presencia de huevos y larvas de ambas especies en el extremo sur de nuestro país, en la zona de la plataforma continental y canales magallánicos en primavera (Bernal & Balbontín 2003; ver resumen en objetivo específico 1). Sin embargo, debido a que los reportes de ictioplancton han sido llevados a cabo solo ocasionalmente, la importancia relativa del desove (estimada a partir de la presencia de huevos y larvas) sobre la dinámica de los recursos no ha podido ser determinada. Se presume que debería ser menor a la XI región.

En la XI región se ha propuesto que después de desovar en el quiebre de la plataforma continental, los individuos migrarían desde aguas exteriores hacia aguas interiores con fines de alimentación. Lo anterior se infiere principalmente por los cambios en la estructura de tallas de los individuos presentes en aguas interiores. Así, el modelo de dinámica espacial de estas especies propone que la estructura de tallas durante invierno en aguas interiores estaría representada principalmente por individuos juveniles. Esto cambiaría hacia el verano cuando los individuos de mayor tamaño aumentarían en esta zona. Sin embargo, estudios de abundancia de huevos y larvas de ambas especies señalan que en aguas interiores de la X y XI región ocurrirían desoves durante primavera (Balbontín & Bernal, 2003; Balbontín, 2006; Landaeta & Castro, 2006; Bustos *et al*., 2007; Castro *et al*., 2006; 2007, 2008, 2011; Landaeta *et al*., 2009). Más recientemente, Neira *et al*. (2012) recopilan de información de distribución de larvas de merluza austral y merluza de cola en la Patagonia chilena entre el 2005 y 2007, señalando que las más altas abundancias ocurrirían en primavera y no en invierno como en aguas exteriores. Estas observaciones concuerdan con reportes de cruceros acústicos llevados a cabo en septiembre que muestran la presencia de

individuos en aguas interiores (de menor talla que en aguas exteriores), en estado reproductivo a principios de primavera (Lillo *et al*., 2009) (Fig. 22).

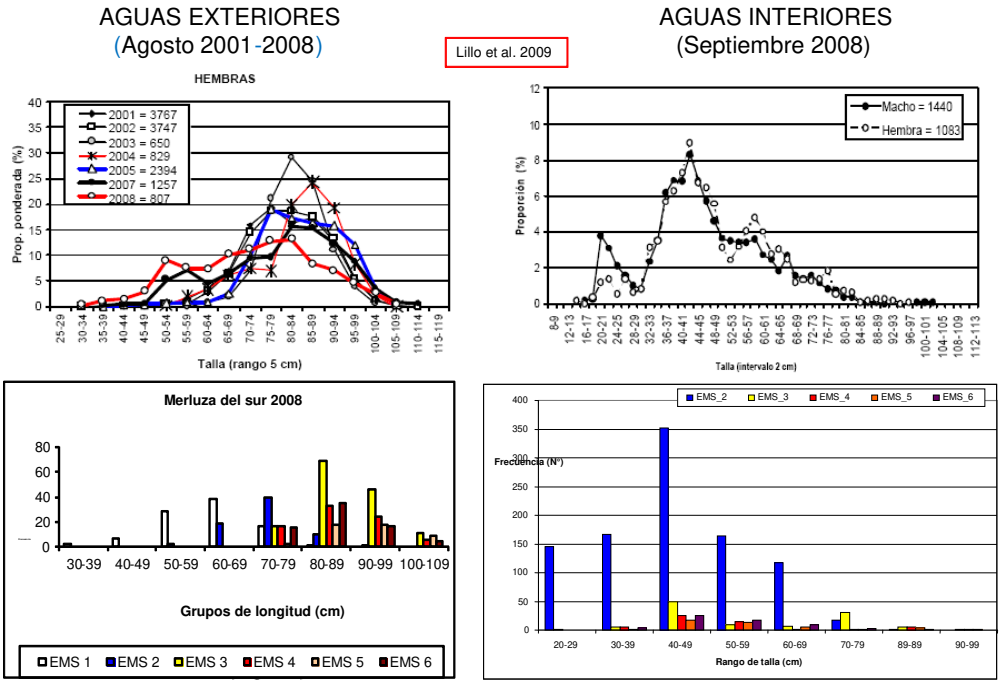


Figura 22. Frecuencia de tallas de hembras colectadas en cruceros de hidroacústica en aguas exteriores (serie anual 2001-2008) e interiores (2008) y estados de madurez determinados en los cruceros de aguas exteriores e interiores, en que se muestra la presencia de adultos más pequeños en estado reproductivo en aguas interiores.

En la Figura 18 y Tabla 3 se agrega nueva data a la reportada por Neira *et al*. (2012) de los cruceros CIMAR con información de presencia de larvas en aguas interiores de las X y XI regiones. La data muestra que tanto el mayor porcentaje de estaciones con larvas como las densidades máximas de las larvas de ambas especies en las regiones X y XI ocurrirían en primavera (Fig. 23, Tabla 3). La información de ictioplancton en la zona, además de sugerir el origen de los futuros juveniles, es importante porque es en los primeros estadios de vida cuando ocurren las más altas tasas de mortalidad en la mayor parte de los recursos pesqueros. Consecuentemente, el análisis de las fluctuaciones (por ejemplo interanuales) en cobertura espacial y abundancia del ictioplancton en conjunto con información de las condiciones

ambientales, podrían mejorar nuestra compresión de las fluctuaciones en el número de individuos que alcanzan el estado juvenil en aguas interiores. Según estos resultados, además de la evidencia de ingreso a la zona del mar interior de juveniles que fueron desovados en la plataforma continental, primavera sería una estación del año adecuada para cruceros de estudios asociados al reclutamiento de ambas especies en aguas interiores.

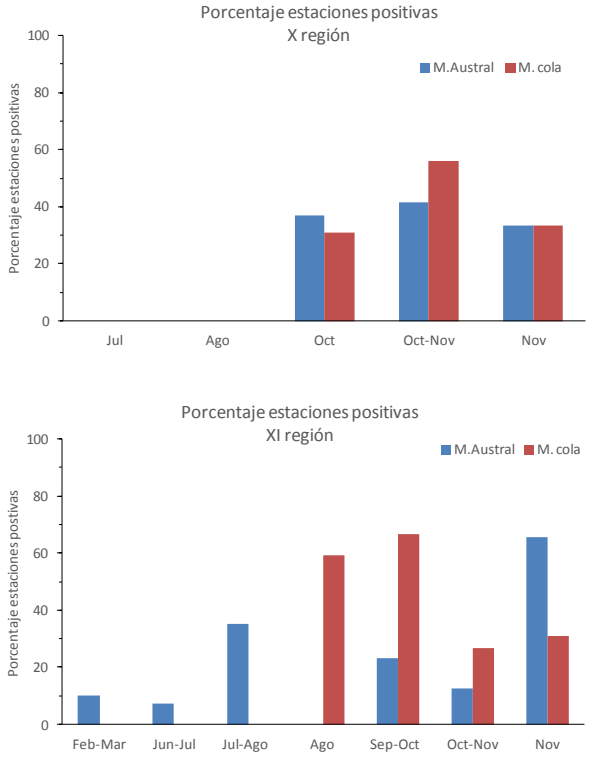


Figura 23. Porcentaje de estaciones con presencia de larvas de ambas especies en la X y XI regiones. (Fuente: Leonardo Castro, Universidad de Concepción, data no publicada de cruceros CIMAR).

Tabla 3. Número y porcentaje de estaciones con larvas de ambas especies, y abundancia promedio en las estaciones positivas en los distintos meses del año. Se indican además, los cruceros y años de muestreo (Leonardo Castro, Universidad de Concepción, datos no publicados).

Abundancia de larvas X region
(promedio de las estaciones positivas)

Proyecto	Periodo		Region	Estacion	Merluza austral				Merluza cola			
					Estacion positiva		Abundancia (10m2)		Estacion positiva		Abundancia (10m2)	
	año	mes		total	n°	(%)	Promedio	DS	n°	(%)	Promedio	DS
CIMAR 19	2013	Jul	X	13	0	0	0	0	0	0	0	0
CIMAR 12	2006	Ago	X	13	0	0	0	0	0	0	0	0
CIMAR 12, 17	2006, 2011	Oct	X	35	13	37	9	6	11	31	76	158
CIMAR 1	1995	Oct-Nov	X -XI	89	37	42	43	43	50	56	46	57
CIMAR 10	2004	Nov	X	6	2	33	7	6	2	33	2	0

Abundancia de larvas XI region
(promedio de las estaciones positivas)

Proyecto	Periodo		Region	Estacion	Merluza austral				Merluza cola			
					Estacion positiva		Abundancia (10m2)		Estacion positiva		Abundancia (10m2)	
	año	mes		total	n°	(%)	Promedio	DS	n°	(%)	Promedio	DS
CIMAR 4-2	1999	Feb-Mar	XI	30	3	10	14	4	0	0	0	0
CIMAR 18	2012	Jun-Jul	XI	27	2	7	8	5	0	0	0	0
CIMAR 13-1	2007	Jul-Ago	XI	20	7	35	5	5	0	0	0	0
CIMAR 9-1	2003	Ago	XI	22	0	0	0	0	13	59	730	1601
CIMAR 4-1	1998	Sep-Oct	XI	30	7	23	25	17	20	67	131	121
CIMAR 2	1996	Oct-Nov	XI	71	9	13	22	25	19	27	14	16
CIMAR 8, 9-2, 13-2	2002, 2003, 2007	Nov	XI	52	34	65	10	13	16	31	3	3

La selección de una zona de monitoreo de reclutamiento de merluza austral y merluza de cola en aguas interiores puede basarse en la información proveniente de: i) cruceros hidroacústicos de llevados a cabo en la zona, ii) nueva información reportada del origen estimado de los juveniles presentes en aguas interiores a partir de data de isótopos estables en otolitos, iii) información sobre biomarcadores lipídicos que revelan el origen de las hembras que desovarían los huevos en aguas interiores, iv) estudios de dieta y v) reportes de cruceros en que se ha determinado las zonas de mayor abundancia de larvas en aguas interiores.

Con respecto a la información hidroacústica, las prospecciones realizadas tanto en invierno como en verano en aguas interiores de la X y XI regiones, han identificado que la distribución espacial de la merluza del sur se concentra hacia los sectores norte y sur de esta zona, estando virtualmente ausente en el sector central del área de estudio. La estructura demográfica de merluza del sur en estos cruceros es dominada por ejemplares jóvenes. Paralelamente, se ha establecido que la estructura de talla de las merluzas de cola determinada en los mismos cruceros también estaría dominada por individuos juveniles. Lo anterior permitiría postular que las aguas

interiores de la regiones X y XI puedan ser calificadas como áreas de reclutamiento de la merluza de cola (Lillo *et al*., 2006; Neira et al., 2012). La información espacial y demográfica obtenida a la fecha sobre ejemplares muestreados durante cruceros hidroacústicos, sugiere que la zona norte del área de aguas interiores es una zona adecuada para estudios de reclutamiento de ambas especies en la zona.

Un estudio reciente basado en información de isótopos estables en otolitos de merluza de cola, sugiere que los juveniles permanecen en la zona de aguas interiores de las X y XI (Niklitscheck *et al.*, 2014). En este estudio, en que se reporta la fracción que representan individuos de 4 posibles zonas de origen (*nursery*) sobre 5 áreas con presencia de merluza de cola, se documenta que sería la zona de aguas interiores de la X región (*Chiloé estuaries*, 0.9 %) aquella que presentaría mayor fidelidad de juveniles, seguido de la zona de aguas interiores de la XI región (*Aysén estuaries*; 83%) (Tabla 4).

Tabla 4. Contribución de individuos de las distintas zonas de crecimiento a las zonas de mezcla en distintas localidades en la Patagonia y sector sur de la Corriente de Humboldt. (copiado de Niklitschek *et al*., 2014).

Table 4. Predicted contributions of hypothetical nursery areas to juvenile mixtures of Patagonian grenadier *Macruronus magellanicus* in the Southeast Pacific Ocean.

	Mean (SE)			
Mixture	**Source I (AE)**	**Source II (CE)**	**Source III (SPS)**	**Source IV (NMS)**
Chiloe Estuaries (CE)	0.07 (0.109)	0.9 (0.082)	0.00 (na)	0.03 (0.137)
Aysen Estuaries (AE)	0.83 (0.077)	0.11 (0.154)	0.03 (0.944)	0.03 (0.960)
Southern Peruvian Shelf (SPS)	0.03 (0.042)	0.03 (0.053)	0.64 (0.091)	0.29 (0.114)
Northern Magellan Shelf (NMS)	0.08 (0.047)	0.19 (0.107)	0.34 (0.071)	0.40 (0.137)
Southern Magellan Shelf (SMS)	0.05 (0.059)	0.34 (0.136)	0.17 (0.077)	0.44 (0.167)

Number of sources, baseline parameters and contributions estimated using an unknown-source finite distribution mixture model. Standard errors (in parentheses) not available (na) when predicted values are exactly 0 or 1.

Estos resultados utilizando isótopos estables en otolitos de merluza de cola, interesantemente, concuerdan con los reportados para merluza austral, pero que fueron obtenidos a partir de biomarcadores lipídicos (ácidos grasos). En este último caso, la presencia de ciertos ácidos grasos en los huevos de merluza austral colectados en el plancton de aguas interiores (ácidos grasos que no ocurrieron en los tejidos gonádico de hembras de aguas exteriores, pero sí en el de hembras de aguas interiores concordantemente con ítems de la dieta en aguas interiores) revelarían que las hembras que los desovaron permanecieron alimentándose en aguas interiores por periodos de semanas a meses, que es el tiempo que toman dichos ácidos grasos en acumularse en los tejidos de los peces (Medina, 2013; Medina *et al.*, 2013).

Respecto al uso de la zona de aguas interiores de las regiones X y XI como áreas de crianza larval, el análisis realizado por Neira *et al*. (2012) de la data disponible de distribución de larvas de ambas especies de merluzas de las primaveras del 1995, 2006 y 2007 muestra, por un lado, una recurrencia de las zonas de mayor densidad de larvas de merluza austral en el sector norte de la X región y, por otro lado, un cambio en la distribución de la larvas de merluza de cola desde una distribución amplia en el año 1995 hacia una distribución más restringida al sector norte de la X región, en el canal Moraleda y la Boca del Guafo durante la primavera del año 2006. Estudios posteriores de ictioplancton en la X región en la primavera el año 2011 (CIMAR 17) ratifican la presencia de larvas de ambas especies de merluzas en el sector norte de la zona de aguas interiores de la X región, esto es Seno Reloncaví y Golfo de Ancud (Castro *et al*., 2012; Fig. 24).

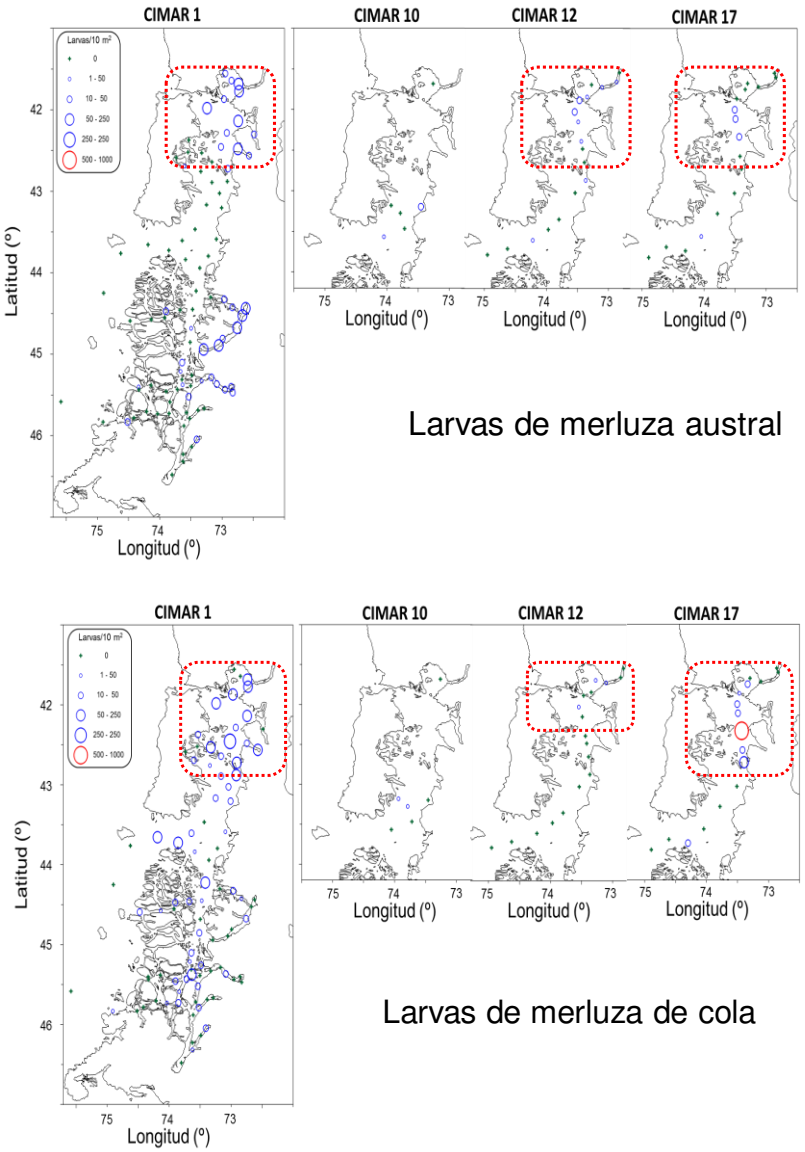


Figura 24. Presencia de larvas de merluza austral y merluza de cola en aguas interiores de la X región en primavera resaltando la zona norte de esta región como la que muestra mayores abundancias de larvas. Panel Superior = merluza austral; panel inferior = merluza de cola. Crucero CIMAR 17 año 2011.

En otras palabras, la zona de aguas interiores reportada hasta ahora como la más recurrente con presencia larvas, juveniles y reclutas de ambas especies correspondería a la zona norte de la X región, más particularmente entre el fiordo del Reloncaví e Islas Desertores (incluyendo Seno del Reloncaví y Golfo de Ancud). Acorde a estos resultados, en el presente estudio se propone esta zona como área de monitoreo del reclutamiento de merluza de cola y merluza austral en aguas interiores, zona que es concordante con la información hidroacústica de juveniles, otolitos y ácidos grasos.

4.2.5. Conclusiones

1. Se revisa y formula tres propuestas metodológicas de monitoreo del proceso de reclutamiento, que permiten obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

2. Las propuestas son: i) estimación de abundancia y reclutamiento a través de acústica, ii) análisis del contenido estomacal de las especies objetivo, e iii) índices ictioplanctónicos.

3. Las metodologías son seleccionadas porque son de fácil aplicación y porque los índices que entregan cumplen con los criterios de ser de bajo costo (equipamiento disponible en cualquier laboratorio), fácil aplicación (requerir corto entrenamiento y poco tiempo para su implementación anualmente) y fácil interpretación.

4.3. Objetivo Específico 3

Realizar una aplicación piloto de la metodología propuesta, basada en observaciones de campo, levantando la información necesaria y calcular los respectivos índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.

4.3.1. Introducción

En este capítulo se presenta los resultados de una aplicación piloto de las metodologías propuestas en este proyecto, para levantar información necesaria para calcular índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio. El capítulo se divide en tres secciones auto contenidas, a saber: Sección A. Crucero de evaluación acústico, Sección B. Estimación de composición de la dieta de las especies objetivo, y 3. Sección C. Crucero de evaluación de ictioplankton.

4.3.2. Sección A. Crucero acústico mar interior X y XI regiones

4.3.2.1. Introdución

Durante las últimas décadas, el uso de sistemas acústicos en el estudio y evaluación de recursos pesqueros, ha permitido obtener estimaciones de indicadores de tamaño del stock independientes de la actividad extractiva. Por lo tanto, la acústica se ha convertido en una importante pieza de información para la evaluación de los stocks de recursos pesqueros, basado en su capacidad de cubrir grandes áreas en períodos reducidos de tiempo y de poder investigar toda la columna de agua.

Bertrand *et al*. (2002), señalan que el enfoque de manejo pesquero de modelación ecosistémica requiere recolectar diferentes tipos de datos y que, en este escenario, el uso de las técnicas hidroacústicas es esencial. Esto porque permite obtener datos cualitativos y cuantitativos de las diferentes comunidades de plancton como de peces, posibilitando estudiar las interacciones que pudieran existir entre ellas en diferentes niveles de espacio y tiempo. Lo anterior unido a los

nuevos métodos y modelos matemáticos, transforman al método acústico en una poderosa herramienta de observación del sistema acuático y en un apoyo sustancial para el manejo pesquero.

No obstante las claras ventajas de observación que permite la acústica, también presenta limitantes. Una de ellas es la distribución del recurso, que por localizarse muy cerca del fondo o de la superficie impide que el sistema acústico los detecte. Otro elemento a considerar lo constituye la fuerza del blanco del recurso en estudio, que aunque puede soslayarse por el uso de relaciones para especies símiles, siempre existe un grado de incertidumbre asociado a su uso (Simmonds y MacLennan, 2005).

Las evaluaciones acústicas de recursos pesqueros requieren combinar datos provenientes de distintas fuentes y que son colectados durante el desarrollo de transectas (Woillez *et al*., 2007). Estos datos son: la densidad acústica (sA), la proporción de especies estimada a partir de lances de pesca o medios ópticos, la composición de tamaños y la relación TS-talla.

4.3.2.2. Metodología

De acuerdo con Lillo *et al*. (2011) y Neira *et al*. (2012) y los resultados del objetivo 1 de esto proyecto, el área de estudio más apropiada para efectuar un crucero de evaluación del reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola es el Golfo de Ancud y/o el Canal Moraleda, ya que en dichos sectores la presencia de ambas especies objetivos es permanente y se ha reportado una alta participación de individuos juveniles. En lo referente al período de estudio, el crucero se realizó entre octubre y noviembre de 2014, dentro del bimestre originalmente planteado en nuestra Oferta Técnica.

Crucero de evaluación acústico

Como plataforma de trabajo se utilizó el B/I Abate Molina, nave de investigación del Estado de Chile administrada por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Esta nave cuenta con un sistema de ecointegración SIMRAD EK 60 conectado a transductores de tipo "split beam" de 18, 38, 120 y 200 KHz, sistemas de muestreo oceanográfico y sistema de pesca de arrastre.

El sistema de ecointegración está conectado al sistema de posicionamiento del B/I Abate Molina y a una red de área local que consta de dos computadores para el almacenamiento de los datos acústicos. La información acústica se registró utilizando el programa computacional Echolog© (V 3.50). El sistema acústico, se calibró al inicio del crucero de acuerdo al procedimiento establecido por su fabricante (Simrad, 2006) que consiste en medir las diferencias en las señales de intensidad de blanco (TS) y ecointegración (sA) provenientes de un blanco estándar de fuerza de blanco conocida que se ubica en el centro del haz acústico. Este método permite alcanzar un nivel de precisión de + 0,1 dB (Foote *et al.*, 1987).

El B/I Abate Molina cuenta con facilidades para utilizar sistemas de pesca que permitan obtener muestras para identificar los peces que están siendo insonificados por el sistema de ecointegración, para tal efecto se operó con una red de arrastre de mediagua. Esta red posee un desarrollo vertical en el centro de su boca de 25 m y horizontal entre la punta de alas de 26 y 30 m (Fig. 25). Considerando, que el objetivo de los lances de pesca de identificación, es obtener capturas que representen la estructura de los recursos objetivos en el mayor rango de tallas, el copo de la red se armó con una cubierta interior (calcetín) de 50 mm de tamaño de malla, lo cual garantiza la captura de la fracción de recluta de las especies objetivos.

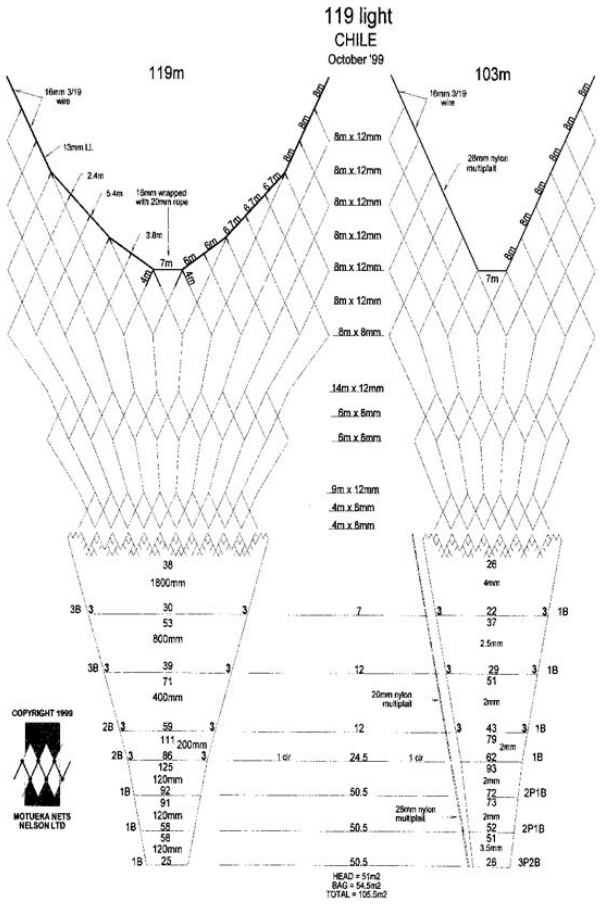


Figura 25. Plano de red de arrastre de mediagua utilizada en los lances de pesca de identificación.

Muestreo acústico

El diseño de una evaluación acústica de un recurso pesquero debe considerar: i) la disponibilidad espacio-temporal del stock objetivo, el cual debería encontrarse dentro de un área definida en un período determinado y, en lo posible, en condiciones monoespecíficas y II) que el diseño de muestreo a desarrollar debe ser concordante con los objetivos y resultados esperados del estudio (Simmonds & MacLennan, 2005; Simmonds *et al*., 1991). La topografía y batimetría de la zona de estudio, siguiendo a Simmonds & MacLennan (2005) y Kalikhman (2001), llevó a considerar que un muestreo de tipo zigzag (Fig. 26), es el diseño que mejor se ajusta a las condiciones del presente estudio. El diseño en transectas dispuestas en zig-zag maximiza el muestreo tiempo efectivo de las transectas en el área de estudio respecto de otros diseños (Rivoirard *et al*., 2000).

Por otro lado, se puede también analizar el efecto del cambio de orientación de la transecta cuando el diseño es zig-zag-paralelo, aunque también significa la pérdida de la mitad de la información cuando se opta por una determinada orientación (Rudstam & Sullivan. Acoustic Unpacked. A general guide for deriving abundance estimates from hdroacoustic data. www.acousticsunpacked.org). Desde el punto de vista de un análisis geoestadístico, el diseño en zig-zag favorece la caracterización de la variabilidad de pequeña escala que se produce en los vértices del zig-zag (Kalikhman y Ostrovsky, 1997; Rivoirard *et al*., 2000; Kalikhman, 2001). Rivoirard *et al*. (2000) concluyeron que cuando el largo de las transectas es más del doble de la separación entre transectas, el diseño de transectas paralelas es más eficiente, de lo contrario, es el diseño en zig-zag el más eficiente. Este diseño es muy frecuente encontrarlo en estudios de lagos, o fiordos (Simmonds y MacLennan. 2005). Dado que en el área de estudio, la longitud de las transectas no duplica la separación entre ellas, se prefirió el diseño en zig-zag.

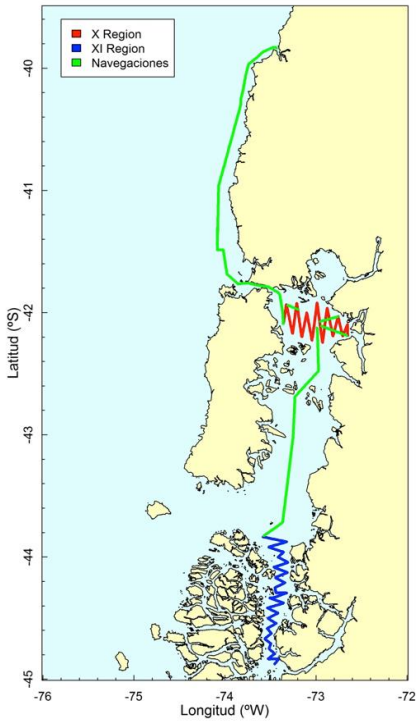


Figura 26. Diseño de muestreo mediante transectas en zigzag en el Golfo de Ancud (líneas rojas) y Canal Moraleda (líneas azules). En verde se muestra la navegación del barco desde el zarpe con profesionales de la Universidad de Concepción.

Durante el crucero, los datos acústicos fueron recolectados de manera georreferenciada, y en forma continua durante las transectas, discretizándose en intervalos básicos de muestreo (I.B.M) de 0,5 millas náuticas. Los datos recolectados son la densidad acústica, expresada en energía retrodispersada (sA), los valores de intensidad de blanco (TS) y la profundidad del fondo.

Lances de pesca de investigación

Los lances de pesca de identificación son parte esencial en las evaluaciones acústica pues permiten validar los registros acústicos y obtener la composición de especies y tamaños de los recursos en estudio. Durante el crucero se realizaron 17 lances de pesca, número que no proviene de un diseño estadístico sino que responde a la disponibilidad de áreas factibles de operar con la red debido a la presencia de faenas de pesca, y a la presencia de recurso. La estimación de la abundancia de peces por especie desde la acústica requiere, en primer lugar, una medida exacta de la energía acústica retrodispersada por los peces en el área de interés y, en segundo lugar, una estimación de la contribución relativa de las diferentes especies. Debido a la dificultad para separar la biomasa acústica total en especies, la clasificación de las agregaciones de peces o conjuntos de especies siempre ha sido una preocupación para los evaluadores acústicos. No obstante Massé & Retière (1995) evaluaron el efecto del número transectas y lances de identificación en la estimación de biomasa, no establecen criterios para calcular un tamaño mínimo de muestra de lances. Massé & Retière (1995) concluyen, sin embargo, que el aumento en el número de transectas no necesariamente aumenta la precisión de la estimación global de la biomasa, particularmente cuando las especies presentan una fuerte estructuración espacial. En este sentido, más importante que el número de lances de identificación, es la distribución espacial de éstos (Fablet *et al*., 2009). Nuestra Oferta Técnica propuso la realización de, a lo menos, 12 lances de pesca. Este número responde a aspectos operacionales como son los días de crucero presupuestados y la disponibilidad de áreas factibles de operar con la red. Finalmente, durante el crucero se realizaron 17 lances de pesca los que, siguiendo lo antes expuesto, procuraron la mayor cobertura espacial del área evaluada.

La captura (kg) de cada lance de pesca fue separada por especie. Cuando la captura fue menor a 10 cajas, ésta fue censada y se procedió a un muestreo en caso contrario, el diseño de muestreo consideró pesar 10 cajas, y luego estimar su peso promedio. La captura total se estimó como el producto entre el número de cajas totales (muestreadas +devueltas al mar) y el peso promedio. La

información de la captura requerida para el cumplimiento del objetivo se generó a partir de los muestreos de longitud y biológico realizados a la captura proveniente de los lances de pesca de identificación. El muestreo de longitud consideró, el registro de la longitud total medido con ictiómetro de resolución 1,0 cm y la identificación del sexo. En el muestreo biológico, los datos registrados corresponden a la talla, sexo y estado de madurez sexual macroscópico.

Procesamiento de los datos e identificación de los ecotrazos

Los datos recolectados durante la prospección acústica fueron procesados mediante el paquete computacional Echoview©. El análisis se realizó utilizando los métodos estándares utilizados en ecointegración (Simmonds & MacLennan, 2005). En primer lugar, dastos fueron examinados visualmente y se aplicó un procedimiento de control de calidad para detectar y corregir errores asociados a la posición geográfica, integración del fondo, interferencia y ruidos. Una vez aceptadas las correcciones, la asignación de las unidades de ecointegración se realizó mediante la inspección de los ecogramas conjuntamente con los datos provenientes de los lances de pesca de identificación. Los criterios de identificación de ecotrazos fueron: a) información de los lances de pesca de identificación, b) tipo de agregación (disperso-estrato-cardumen), morfología y nivel de intensidad del ecotrazo, c) profundidad del ecotrazo y d) información auxiliar, como puede ser la presencia de flota artesanal.

Asumiendo que la composición de la captura y que la composición de tallas de las especies son representativas de la estructura de especies en el área, la asignación de las unidades de ecointegración, se hizo mediante la estimación de proporción acústica propuesta por Simmonds & MacLennan (2005) y Bodholt (1991), la cual plantea, que la densidad acústica local o participación acústica de una especie "*j*" ($Z_{(j)}(x_i)$) a las unidades de ecointegración total ($S_{A_{(T)}}$), es proporcional a su aporte en la captura (w_j) y su sección transversal de retrodispersión acústica $\hat{\bar{\sigma}}_j = 4\pi 10^{\overline{TS}_j/10}$.

$$Z_{(j)}(x_i) = \frac{w_j * \hat{\bar{\sigma}}_j * s_{A_{(T)}}}{\sum (w_j * \hat{\bar{\sigma}}_j)}$$

Abundancia relativa de merluza del sur y merluza de cola en el área de estudio

La abundancia acústica relativa de cada recurso se estimó mediante el método propuesto por Petitgas (1991), el que considera que esta depende de la geometría del área de distribución del recurso y su densidad (Z_V^*) en dicha área (a) se estima como:

$$\hat{Z}_v^* = \frac{1}{a}\int Z_{(j)}(x_i)dx$$

donde Z_V^* es un estimador de la densidad media ponderada de las muestras. En el presente estudio, la densidad media Z_V^* se estimó como el promedio de las estimaciones locales obtenidas para el mapeo de la distribución espacial de cada recurso mediante kriging como:

$$Z_v^* = \frac{\sum_i Z^*(x_0, y_0)}{n}$$

En una región o subzona r y para cada especie objetivo, la abundancia ($\hat{A}_r$) y biomasa $\hat{B}_r$ se estimó según:

$$\hat{A}_r = \frac{a_r \cdot \hat{Z}_{v(r)}^*}{\bar{\sigma}_j} \qquad \hat{B}_r = \hat{A}_r \bar{w}_r$$

y los valores totales como la sumatoria de la biomasa de las diferentes regiones.

$$\hat{A}t = \sum_r \hat{A}_r \qquad \hat{B}t = \sum_r \hat{B}_r$$

donde:

$\hat{Z}_{v(r)}^*$ = estimador de la densidad media en una región r

$\bar{\sigma}_j$ = sección transversal de retrodispersión acústica $\hat{\bar{\sigma}}_j = 4\pi 10^{\overline{TS}_j/10}$ (m^2).

$\hat{A}_r$ = abundancia (N°) en la región r

a_r = área prospectada en la subzona r (mn^2).

$\bar{w}_r$ = peso promedio de cada especie en la región r.

Estimación de la varianza de la abundancia y biomasa

La varianza de la abundancia se estima según (Barnett, 1955):

$$\hat{V}(\hat{A}t_r) = a_r{}^2 \left[\frac{1}{\hat{\bar{\sigma}}_r{}^2} \hat{V}(\hat{Z}_{v(r)}) + \frac{1}{\hat{\bar{\sigma}}_r{}^4} \hat{V}(\hat{\bar{\sigma}}_r)\, \hat{Z}^2_{v(r)} - \hat{V}(\hat{Z}_{v(r)}) \frac{1}{\hat{\bar{\sigma}}_r{}^4} \hat{V}(\hat{\bar{\sigma}}_r) \right]$$

mientras que la varianza de la biomasa se calcula según:

$$\hat{V}(\hat{B}t_r) = \hat{V}(\hat{A}_r)\bar{w}_r{}^2 + \hat{V}(\bar{w}_r)\hat{A}_r^2 - \hat{V}(\hat{A}_r)\hat{V}(\bar{w}_r)$$

La estimación de la varianza de la densidad promedio $\hat{V}\hat{Z}_r$ se estimó mediante el estimador propuesto por Petitgas & Lafont (1997) para datos geográficamente correlacionados mediante la ecuación:

$$\sigma^2{}_E = 2\,\bar{\gamma}(S,a) - \bar{\gamma}(a,a) - \bar{\gamma}(S,S)$$

La varianza σ_e depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos: la geometría del campo para $\bar{\gamma}(a,a)$; la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para $\bar{\gamma}(S,S)$ y la posición de la red de muestreo en el campo para $\bar{\gamma}(S,a)$.

Distribución espacial

La determinación de la distribución o variación espacial de los recursos objetivos se basó en el desarrollo de un modelo probabilístico que consideró la densidad de los recursos como variable regionalizada o geoestadística. Bajo el marco de la teoría de las variables regionalizadas, la densidad es considerada como una variable aleatoria Z(*x*), donde *x* representa las coordenadas espaciales. Los valores observados de Z(*x*) el cual es único para cada posición en el área de estudio, constituye una realización particular de un proceso aleatorio (Rivoirard *et al*., 2000).

En el proceso geoestadístico se distinguen tres pasos que son: i) un análisis exploratorio de los datos, ii) un análisis estructural para estimar su continuidad espacial mediante la estimación del variograma experimental y ajuste de una función teórica que mejor explique su variabilidad espacial y iii) estimación de los valores de densidad en los puntos no muestreados de la grilla de

muestreo teniendo en cuenta los pesos proporcionados por el modelo así como la estructura de correlación espacial de los datos para el mapeo o estimaciones de la abundancia global de un recurso (Rivoirard *et al*., 2000).

El análisis estructural de la distribución espacial se realizó mediante un análisis de variogramas, herramienta que permite investigar persistencias o cambios en la estructura espacio-temporal en la distribución de un recurso (Stelzenmüller *et al*., 2004). El variograma experimental representa la tasa media de cambio de la densidad con la distancia, es decir, describe la relación entre las diferencias de los valores y las distancias entre todos los posibles pares de puntos y constituye el primer paso hacia una descripción cuantitativa de la variación espacial de la densidad mediante la función:

$$2\gamma(x) = E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

El supuesto de estacionaridad de segundo orden en el método intrínseco, es decir, que la media y la varianza de los incrementos sean constantes, permite estimar el variograma experimental $2\gamma^*(h)$ como:

$$2\gamma^*(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_i [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Siendo $Z(x_i)$ el valor experimental en el punto x_i, $Z(x_i+h)$ es otro valor experimental medido a una distancia h de x_i y $N(h)$ el número de pares de datos observados en la distancia h.

El ajuste del variogama experimental a un modelo matemático, se efectuó de acuerdo a la propuesta de Cressie (1993) para los modelos esférico y exponencial como:

Esférico

$$\gamma(h,\theta) = \begin{cases} 0, & |h| = 0 \\ c_0 + c_s\{(3/2)(|h|/a_s) - (1/2)(|h|/a_s)^3 & 0 < |h| \le a_s \\ c_0 + c_s & |h| > a_s \end{cases}$$

Exponencial $$\gamma(h,\theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c_e\{1 - \exp(-h/a_e)\ \}, & h \neq 0 \end{cases}$$

Donde, C_0 corresponde a la variabilidad de microescala (nugget), C_s y C_e representan la varianza estructural de los respectivos modelos de variogramas, y a_s y a_e los rangos o distancias hasta la cual los datos presentan correlación.

La suma de ambas variabilidades (C_0 + (C_s; C_e)), representa el sill o nivel máximo de variabilidad. En el caso del modelo exponencial el rango se asume como el punto en el cual el modelo incluye el 95% del sill, esto puede ser estimado como tres veces el rango teórico ($3a_e$).

El ajuste de los modelos a los datos del variograma experimental, se realizó mediante el método de mínimos cuadrados descrito por Cressie (1993) minimizando la función:

$$\sum_{i=1} \frac{N(h_j)\left[\hat{\gamma}(h_j) - \gamma(h_j)\right]^2}{D(h_j)\left[\gamma(h_j)\right]^2}$$

Cada residuo al cuadrado es ponderado de acuerdo al número de pares de datos $N(h_i)$ utilizados para estimar $\hat{\gamma}(h_i)$ y al inverso de la distancia $D(h_i)$. Lo anterior, tiene la propiedad de aumentar la ponderación de los puntos cercanos al origen del variograma, permitiendo obtener un buen ajuste en las primeras distancias y disminuir la ponderación de los puntos no representativos (Cressie, 1993; Rivoirard *et al*, 2000).

Una vez obtenidos el modelo del variograma que mejor representa los datos espacialmente observados, estos se utilizaron para efectuar un mapeo de la distribución espacial de los recursos objetivos. Esto se realiza mediante la técnica de kriging, que permite la interpolación de los valores de densidad local en los puntos no observados durante el muestreo mediante el producto entre las densidades observadas en puntos vecinos y ponderadores asignados a cada punto muestreado Rivoirard *et al*. (2000). Los ponderadores (λ_i) de los puntos muestreados son calculados mediante un procedimiento de optimización y la estimación de la densidad local en un punto x_0, y_0 de la grilla generada en el área de estudio se estima por

$$Z^*(x_0, y_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i, y_i)$$

Para cada uno de los variogramas modelados se estimó el grado de dependencia espacial (Robertson & Freckmann, 1995) como:

$$SpD = (1 - \frac{nugget}{sill}) * 100$$

Esta información será utilizada para comparar posibles variaciones temporales en el grado de correlación espacial de las distribuciones estimadas para ambos recursos. Este valor varía entre 0 y 100, donde los menores valores representan distribuciones de baja dependencia espacial o con una alta componente aleatoria y los valores mayores representan distribuciones estructuradas. La distribución espacial horizontal de ambos recursos objetivos en el área prospectada, se presenta como una carta de contornos, en donde éstos representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo ver de manera clara las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds & MacLennan, 2005). La distribución en la columna de agua, se determinó mediante perfiles batimétricos en los planos longitudinal y transversal del canal, sobre los cuales se presentarán las densidades locales y la posición en el plano batial de cada recurso en estudio.

4.3.2.3. Resultados

El crucero de evaluación se realizó entre el 24 y 28 de octubre. En la Tabla 5 se resume las principales variables operativas o actividades de muestreo ejecutadas la evaluación acústica en el mar interior de Chiloé y la Región de Aysén.

Tabla 5. Variables operativas de la evaluación acústica piloto en el mar interior de la Región de Los Lagos y Región de Aysén. Merlaus = *Merluccius australis* (merluza del austral o del sur), Macrmag = *Macruronus magellanicus* (merluza de cola)

Variable operativa	X Región	XI Región	Total
Período	24/10/2014 - 28/10/2014		
Lances de identificación	10	7	17
Lances positivos			
Merlaus	10	6	16
Macrmag	10	7	17
Número de peces medidos	877	490	1.367
Merlaus	447	277	724
Macrmag	430	213	643
Número de peces medidos y pesados	759	358	1.117
Merlaus	329	145	474
Macrmag	430	213	643
Captura (kg)	3.443,9	1.944,1	5.387,9
Merlaus	710,0	564,0	1.305,0
Macrmag	2.636,0	1.324,0	3.960,0
Otras especies	66,9	56,1	122,9
Proporción de especies (%)			
Merlaus	21,5	29,0	23,4
Macrmag	76,5	68,1	74,4
Otras especies	2,0	2,9	2,2

Variables operativas de la evaluación acústica

De acuerdo a los antecedentes disponibles, y la restricción presupuestaria del proyecto, la evaluación acústica se concentró en el Golfo de Ancud (X Región) y Canal Moraleda (XI Región)(Fig. 27).

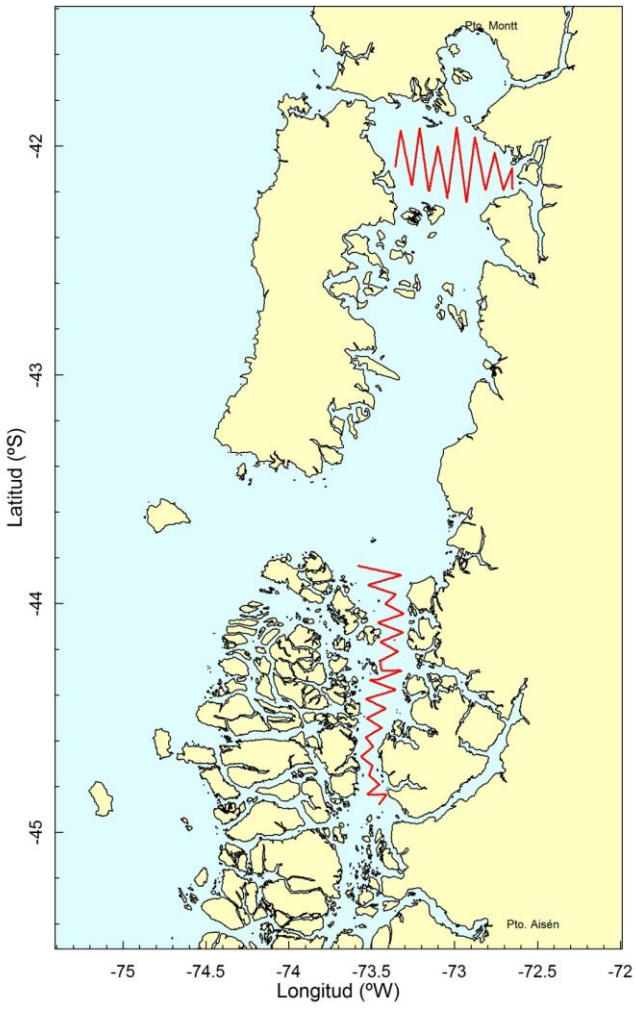


Figura 27. Recorrido acústico (transectas, líneas rojas) en la X y XI Región en octubre de 2014.

Durante el crucero de evaluación se ejecutaron 17 lances de pesca de identificación, 10 en el sector del Golfo de Ancud y 7 en el Canal Moraleda (Tabla 6, Fig. 28 y 29) con red de media agua. La localización de los lances estuvo determinada por la "presencia" de recurso para caracterizar la estructura de tamaños y proporción de especies de la abundancia/biomasa observada durante el barrido acústico.

Las capturas totales estuvieron dominadas por merluza de cola (3.960 kg), y luego por merluza austral (1.305 kg), representando 73,5% y 24,2%, respectivamente. Otras especies representaron solo 2,3% de las capturas totales (Tabla 6)

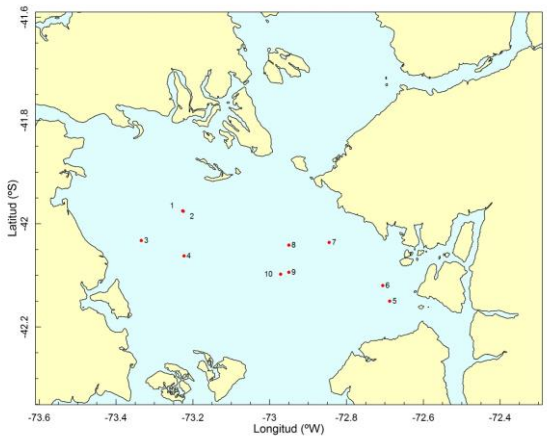


Figura 28. Disposición de los lances de pesca de identificación durante el recorrido acústico en la X Región en octubre de 2014.

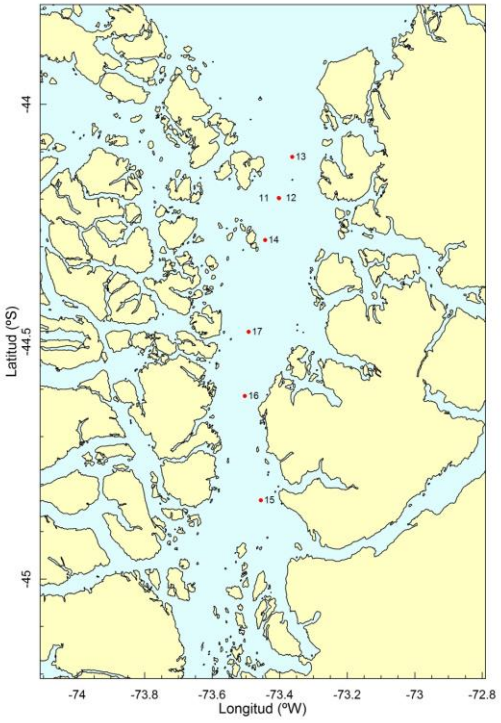


Figura 29. Disposición de los lances de pesca de identificación durante el recorrido acústico en la XI Región en octubre de 2014

.

Tabla 6. Principales variables de los lances de identificación realizados durante la evaluación acústica piloto en el mar interior de la X y XI Región. TAE = tiempo de arrastre efectivo. Merlaus: merluza del austral, Macrmag: merluza de cola.

Región	Lance	TAE (hrs)	Lat.	Long.	Prof. Fondo (m)	Prof .Red (m)	Capturas (kg)			
							Merlaus	Macrmag	Otras	Total
X	1	0:30	-41,97500	-73,22667	256,5	158,0	74,0	216,0	2,145	292,15
	2	0:30	-41,97583	-73,22500	262,0	120,0	5,0	107,0	6,630	118,63
	3	0:30	-42,03250	-73,33417	212,0	169,5	43,0	185,0	7,420	235,42
	4	0:22	-42,06250	-73,22317	260,0	192,5	70,0	298,0	3,800	371,80
	5	0:27	-42,15000	-72,68750	340,0	176,5	1,0	141,0	7,585	149,59
	6	0:30	-42,12000	-72,70583	280,0	225,5	128,0	764,0	9,120	901,12
	7	0:42	-42,03642	-72,84500	333,5	225,0	242,0	161,0	3,935	406,94
	8	0:39	-42,04167	-72,95000	278,5	168,0	21,0	411,0	6,750	438,75
	9	0:30	-42,09417	-72,95000	346,0	275,0	152,0	84,0	5,425	241,43
	10	0:30	-42,09775	-72,97142	342,0	163,5	5,0	269,0	14,057	288,06
XI	11	0:32	-44,19783	-73,40242	303,5	256,0	0,0	187,0	1,421	188,42
	12	0:30	-44,19708	-73,40258	296,0	259,0	53,0	194,0	5,200	252,20
	13	0:30	-44,11067	-73,36317	330,0	300,0	92,0	146,0	35,831	273,83
	14	0:30	-44,28575	-73,44342	352,5	259,5	38,0	383,0	5,441	426,44
	15	0:30	-44,83433	-73,45600	304,0	248,0	263,0	46,0	0,000	309,00
	16	0:30	-44,61417	-73,50333	380,0	485,0	72,0	236,0	6,650	314,65
	17	0:30	-44,47917	-73,49250	347,0	266,5	46,0	132,0	1,518	179,52
Total							1.305,0	3.960,0	122,928	5.387,93

Composición de tamaños y relación talla-peso

La composición de tamaños de merluza del sur en los lances de pesca de identificación de la X Región mostró una estructura bimodal, con moda principal en 47,5 cm LT, y moda secundaria en 22,5 cm LT (Fig. 30). El rango de tamaños fluctuó entre 15 y 89 cm LT, encontrándose 81,6% de los ejemplares bajo la talla media de madurez sexual (TMMS = 60 cm) (Tabla 7). En el caso de la XI Región, la composición de tamaños fue polimodal, con la moda principal en 57,5 cm LT y modas secundarias en 47,5 y 75.0 cm LT. El rango de tamaños observado se encontró entre 41 y 98 cm LT (Tabla 7), con 46% de los ejemplares bajo la TMMS (Fig. 30). La Fig. 31 muestra la composición de tamaños en cada uno de los lances de pesca de identificación.

En el caso de merluza de cola, la composición de tamaños en los lances de pesca de identificación de la X Región la estructura fue unimodal y muy acotada. La moda bimodal se encontró en 37,5 cm LT, con un rango de tallas que fluctuó entre 20 y 64 cm LT (Tabla 7). En la X Región, el 99% de los ejemplares capturados se encontró bajo la talla media de madurez sexual (TMMS = 54 cm) (Fig. 32). En el caso de la XI Región, la composición de tamaños fue bimodal, con la moda principal en 37,5 cm LT y una moda secundaria pequeña en 77,5 cm LT (Fig. 32). El rango de tamaños observado se encontró entre 28 y 100 cm LT (Tabla 7), con 86% de los ejemplares bajo la TMMS (Fig. 32). De forma similar a merluza del sur, la Fig. 33 muestra la composición de tamaños en cada uno de los lances de pesca de identificación.

Respecto de la relación talla-peso de merluza del sur (Fig. 34) y merluza de cola (Fig. 35), ésta se ajustó a un modelo de tipo potencial en ambos recursos y región.

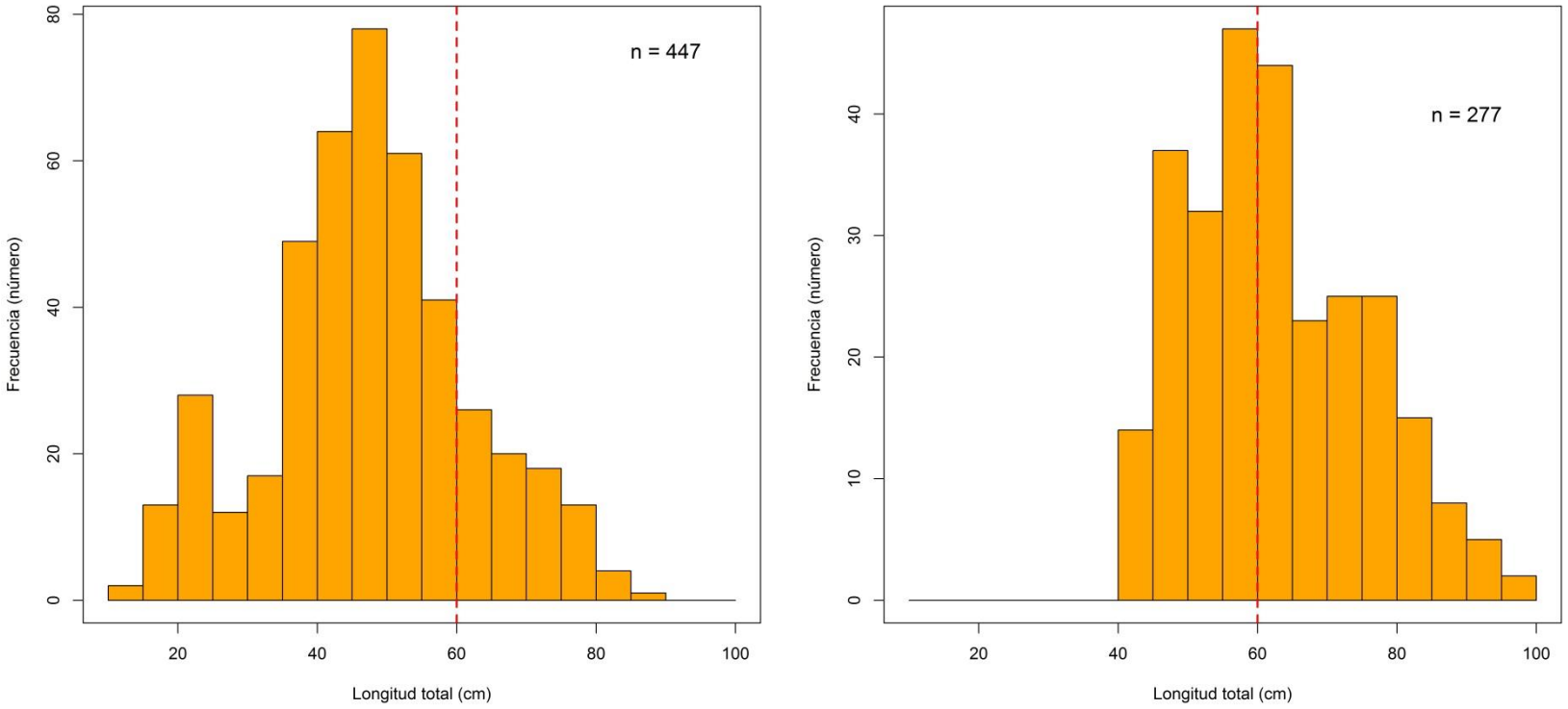


Figura 30. Composición de tamaños de merluza del sur en los lances de pesca de identificación (acumulado) durante la prospección acústica en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014.

Tabla 7. Estadísticos de la longitud total de merluza del sur y merluza de cola en los lances de pesca de identificación durante la evaluación acústica piloto en la X y XI Región en octubre de 2014. Merlaus = *Merluccius australis* (merluza del austral o del sur), Macrmag = *Macruronus magellanicus* (merluza de cola).

Región	Lance	Merlaus					Macrmag				
		Mín.	Máx.	Prom.	D.E.	n	Mín.	Máx.	Prom.	D.E.	n
X	1	15,0	82,0	45,38	11,46	64	31,0	51,0	41,73	3,33	70
	2	18,0	56,0	30,63	13,40	19	20,0	48,0	38,73	4,27	70
	3	22,0	65,0	43,33	10,40	70	29,0	50,0	40,81	4,25	70
	4	31,0	83,0	54,51	12,87	57	36,0	50,0	42,10	3,64	40
	5	16,0	28,0	22,06	2,95	17	28,0	44,0	32,23	3,51	30
	6	24,0	80,0	51,66	11,54	122	28,0	53,0	38,83	5,78	30
	7	33,0	80,0	55,93	11,46	30	28,0	56,0	45,67	5,77	30
	8	39,0	59,0	46,48	4,59	29	30,0	50,0	40,53	4,69	30
	9	16,0	89,0	62,70	19,97	30	30,0	64,0	43,07	7,24	30
	10	15,0	80,0	36,44	18,93	9	28,0	45,0	35,80	4,76	30
XI	11						29,0	40,0	31,70	2,17	33
	12	45,0	92,0	70,79	11,59	19	28,0	80,0	40,37	14,38	30
	13	42,0	94,0	72,70	11,79	30	29,0	100,0	44,23	16,97	30
	14	50,0	86,0	67,56	11,37	16	32,0	56,0	41,47	5,69	30
	15	44,0	98,0	59,69	10,82	157	38,0	69,0	50,73	7,28	30
	16	41,0	98,0	60,95	13,94	41	31,0	61,0	42,53	6,74	30
	17	48,0	93,0	74,43	11,77	14	32,0	48,0	39,23	4,47	30

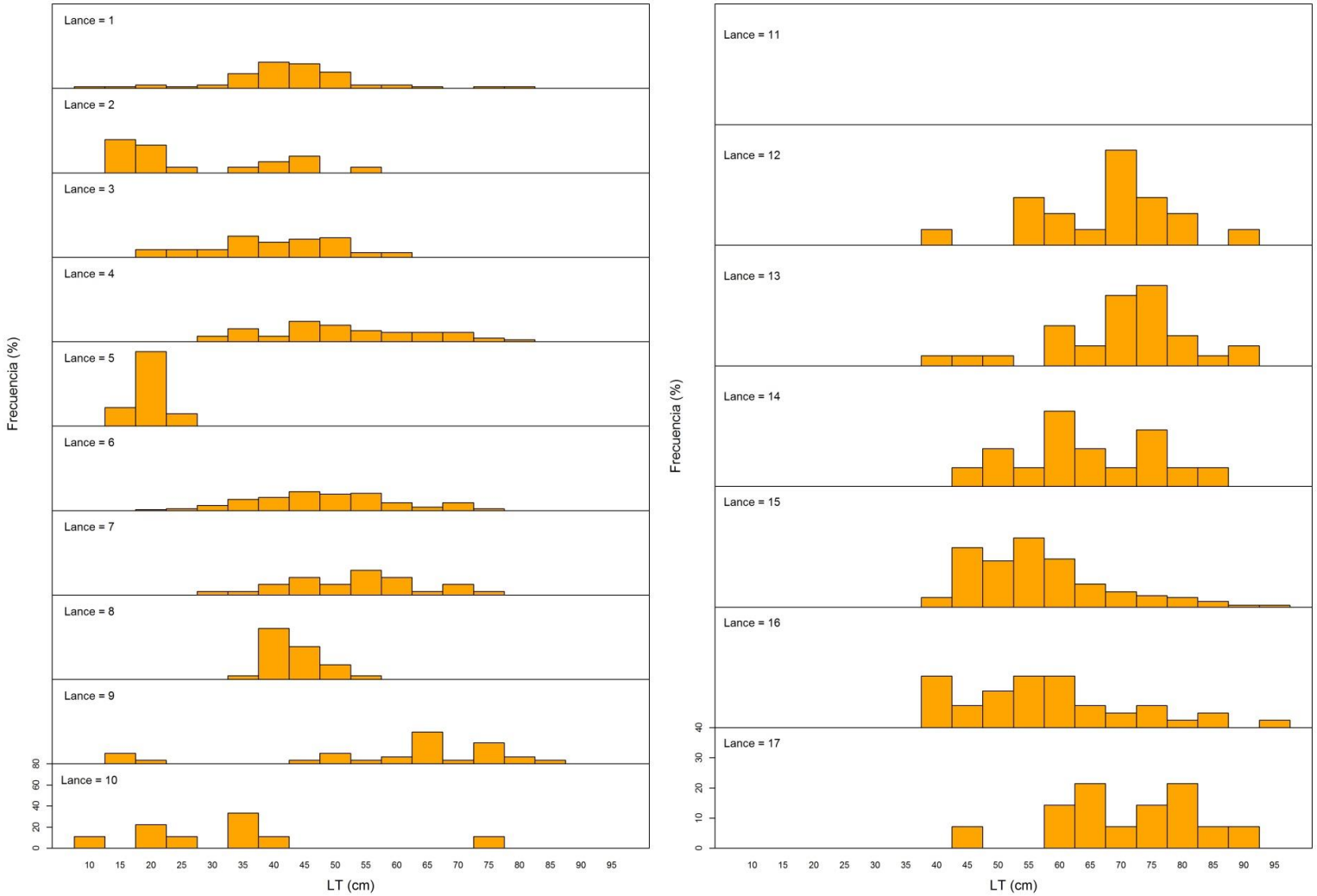


Figura 31. Composición de tamaños de merluza del sur en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014.

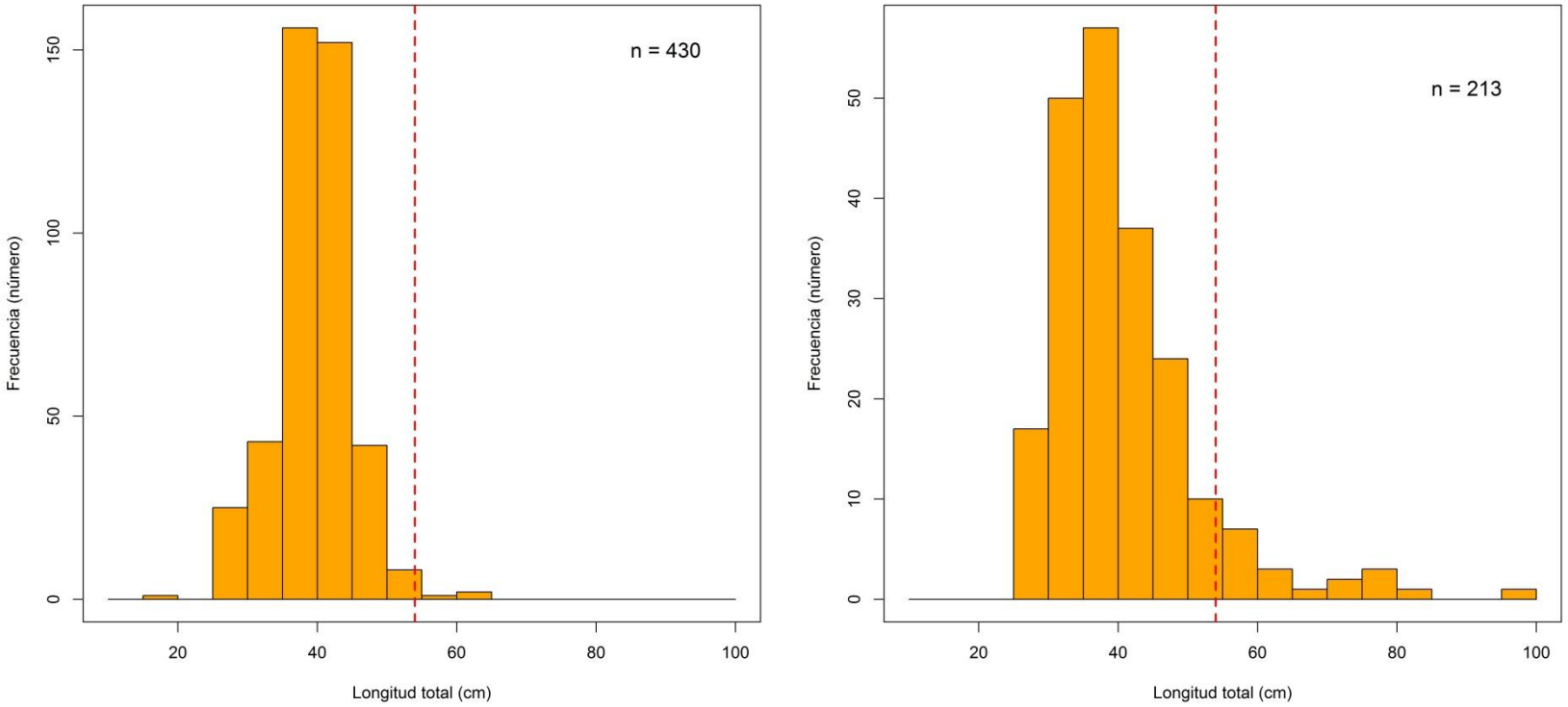


Figura 32. Composición de tamaños de merluza de cola en los lances de pesca de identificación (acumulado) durante la prospección acústica en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014.

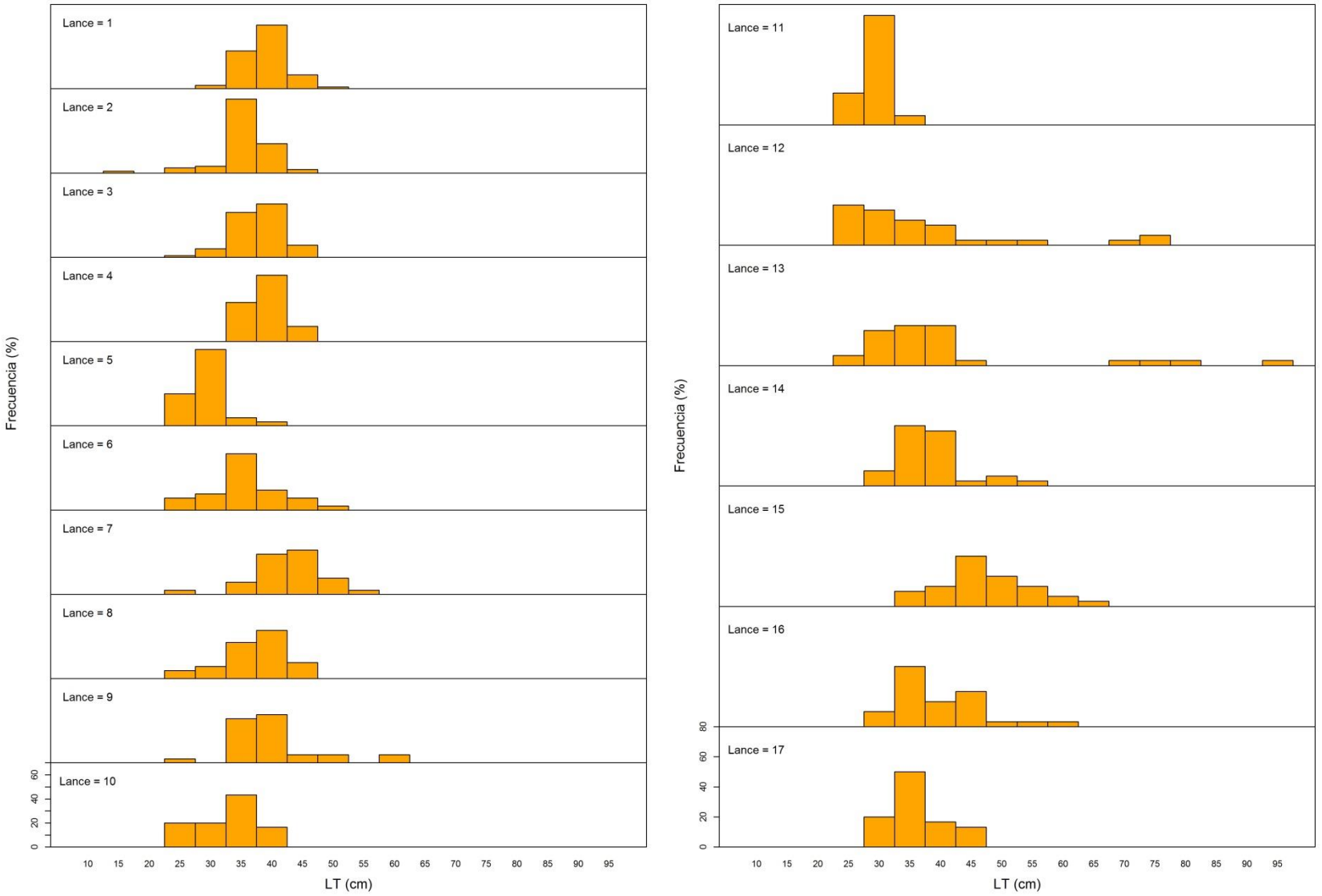


Figura 33. Composición de tamaños de merluza de cola en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014.

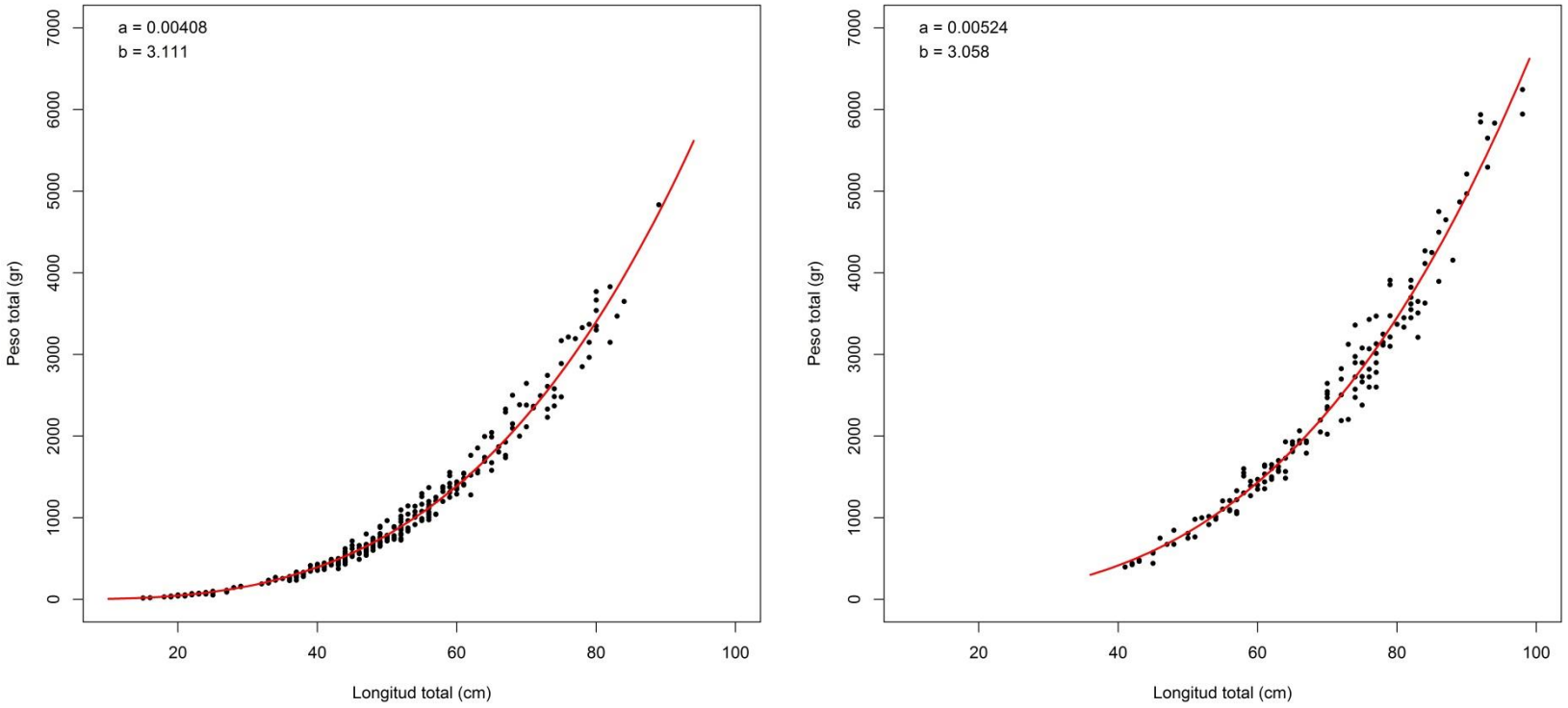


Figura 34. Relación talla-peso de merluza del sur en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014.

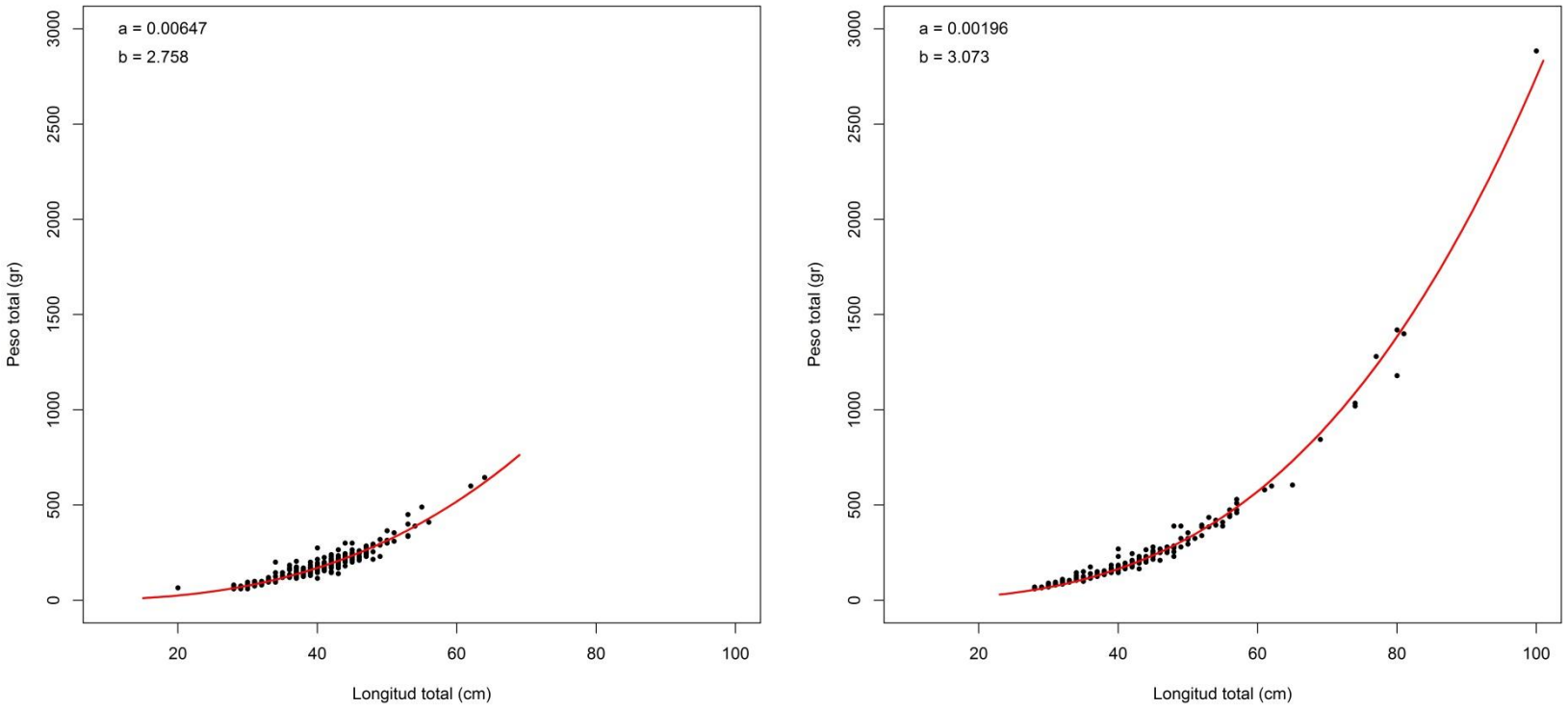


Figura 35. Relación talla-peso de merluza de cola en los lances de pesca de identificación realizados en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha) en octubre de 2014.

Distribución espacial

La distribución espacial de la densidad poblacional de merluza de cola y merluza del sur se analizó mediante análisis de variogramas direccionales independientemente por especie y región de estudio. Al respecto, sólo en caso de merluza de cola en la XI Región se identificó anisotropía geométrica en la dirección Norte-Sur (0º), con tolerancia angular de 15º. En consecuencia, para para caracterizar la distribución espacial de la densidad de merluza del sur se utilizó variogramas isotrópicos en para merluza del sur en ambas regiones y para merluza de cola en la XI Región (Tabla 8). El modelo de variograma teórico que mostró el mejor ajuste, mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados (Cressie, 1993) fue el modelo exponencial en el caso de merluza del sur y merluza de cola en la X Región, y el modelo gaussiano en los mismos recursos de la XI Región (Tabla 8, Fig. 36).

Tabla 8. Parámetros del variograma teórico según el modelo de variograma teórico ajustado a la distribución espacial de la densidad de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región. VNE: Varianza no explicada.

Parámetro	Merlaus		Macrmag	
	X Región	XI Región	X Región	XI Región
Modelo	Exponencial	Gaussiano	Exponencial	Gaussiano
Anisotropía/Dirección	No	No	Si – 0º	No
Rango (Km)	8,133	4,448	3,948	4,267
Sill	3,304	20,921	11,231	29,239
Nugget	0,500	31,743	1,449	33,646
VNE (%)	13,144	60,275	11,427	53,504

Los parámetros del variograma teórico esférico seleccionado y del *kriging* (modelo de covariograma, y geometría de la grilla de interpolación) fueron utilizados para calcular las ponderaciones óptimas asignadas a cada estimación local de la densidad (ton/km^2) de merluza del sur (Fig. 37) y merluza de cola (Fig. 38). Una vez realizada la interpolación, sólo aquellos nodos de la grilla que se encontraban dentro de los polígonos de estimación (área de distribución local), fueron considerados en el mapeo de la densidad y posterior estimación de la densidad media y biomasa regional.

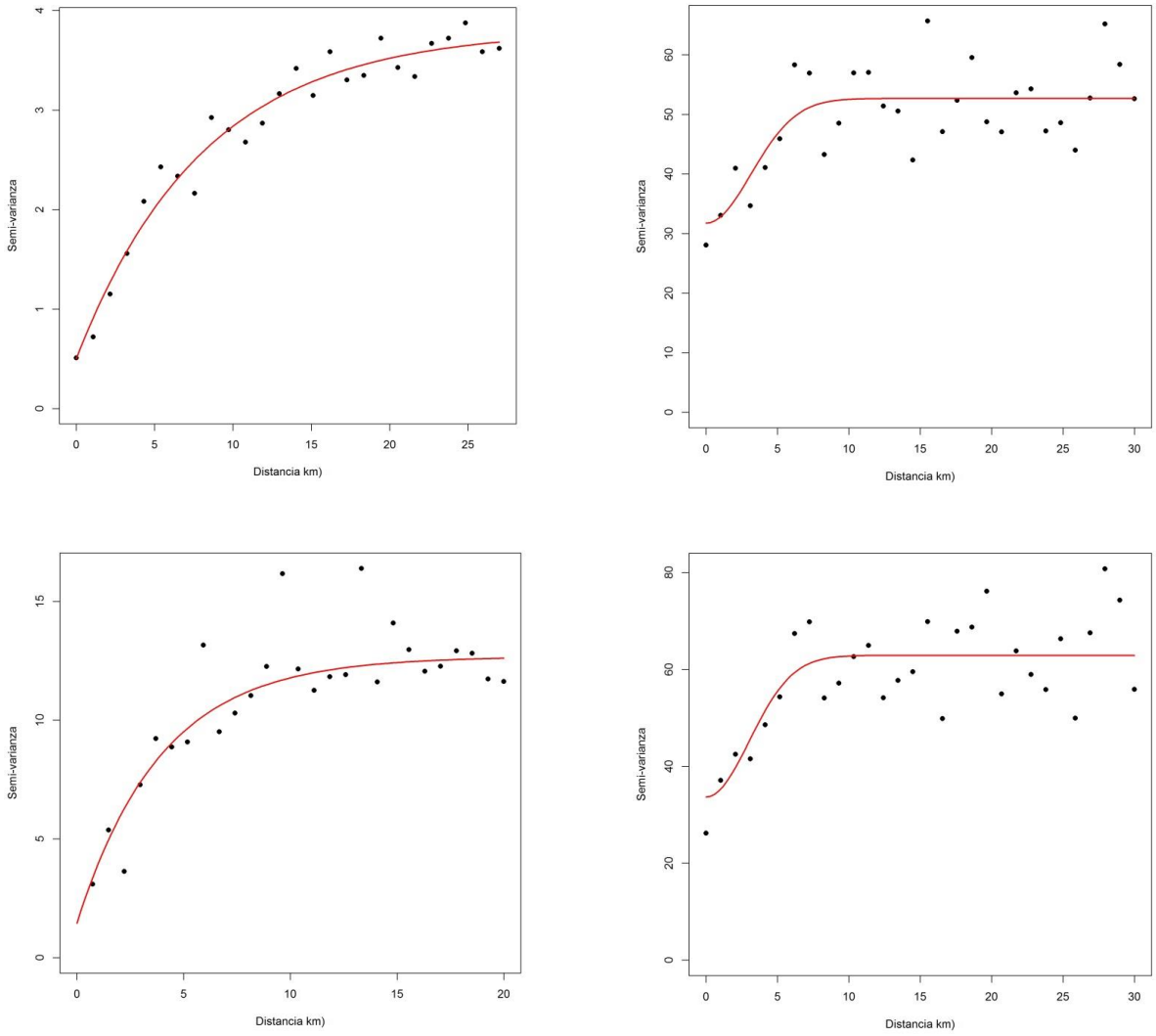


Figura 36. Variograma experimental (puntos) y variograma teórico (línea continua) de la distribución espacial de merluza del sur (arriba) y merluza de cola (abajo) en la X Región (izquierda) y XI Región (derecha).

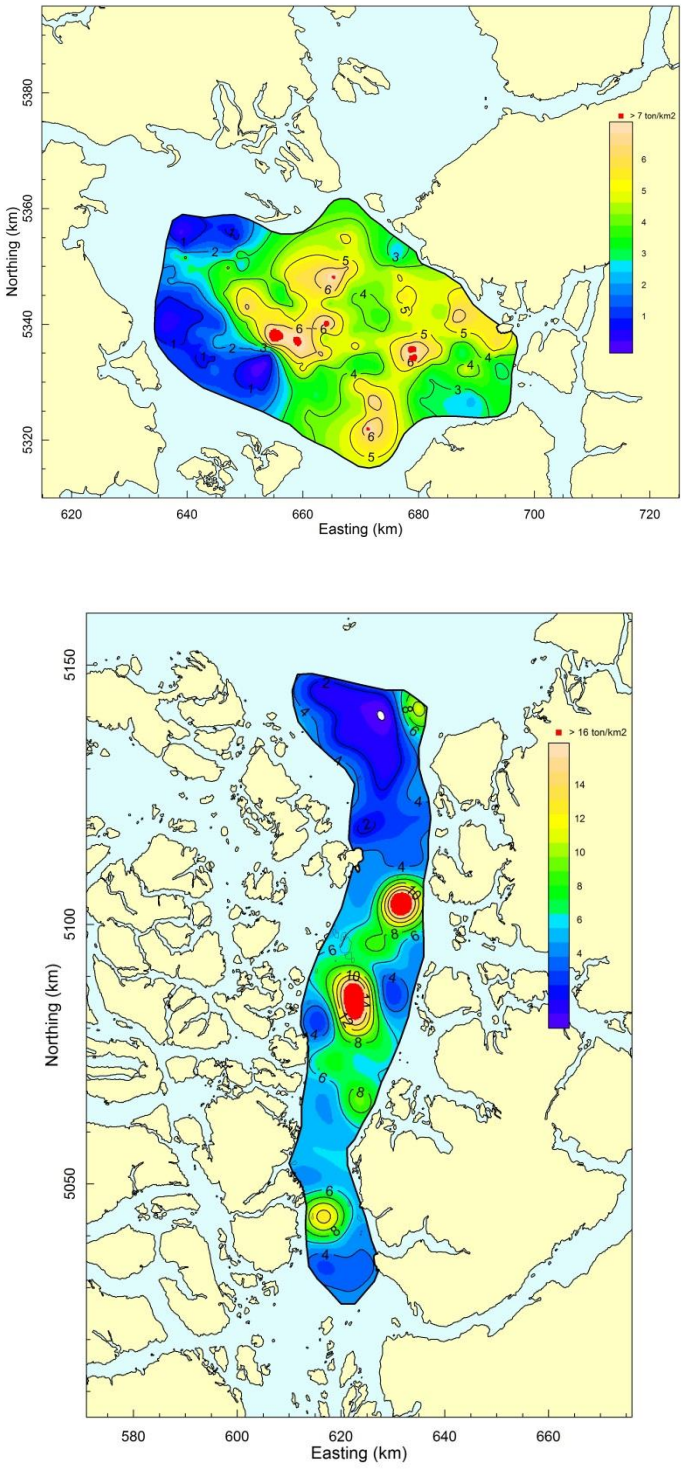


Figura 37. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/km^2) de merluza del sur en la X Región (arriba) y XI Región (abajo).

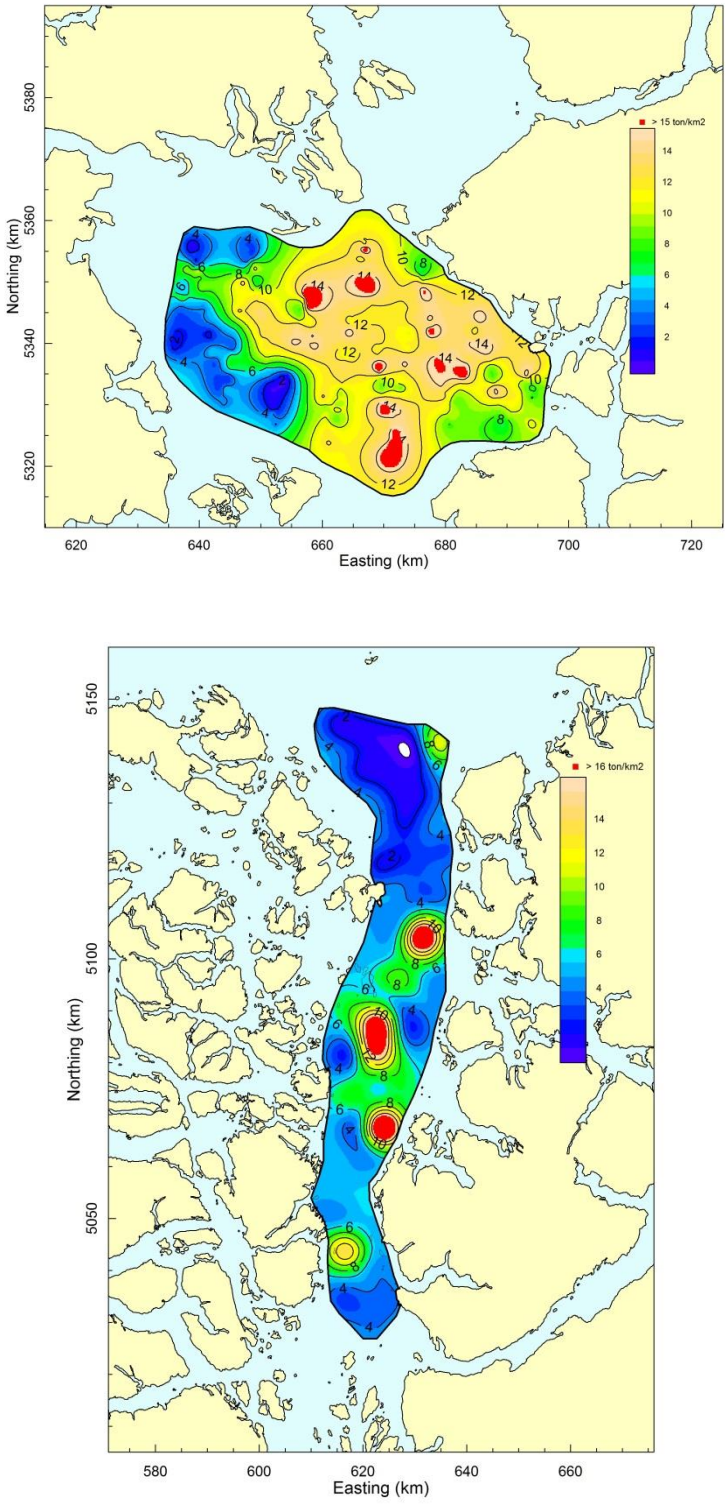


Figura 38. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/km^2) de merluza de cola en la X Región (arriba) y XI Región (abajo).

Estimación de biomasa

La densidad poblacional promedio de merluza del sur y merluza de cola se estimó como el promedio aritmético de los estimadores de densidad local al interior del área de distribución de cada recurso y región. Los valores de los estimadores puntuales de densidad (ton/km^2) fueron generados mediante el método intrínseco aplicando kriging ordinario, con lo que se obtuvo 47.053 estimaciones puntuales de densidad local en la X Región y 46.484 en la XI Región (Tabla 9). Cabe hacer notar que, en la estimación de la densidad promedio por caladero, están incorporados los valores muestreales, siendo una de las propiedades del enfoque geoestadístico por el método intrínseco.

La densidad poblacional promedio de merluza del sur en la X Región alcanzó a 3,747 ton/km^2 y 2,472 ton/km^2 en la XI Región, mientras que en el caso de merluza de cola, la densidad poblacional promedio alcanzó a 8,503 ton/km^2 en la X Región y 4,146 ton/km^2 en la XI Región, respectivamente (Tabla 9). Dado lo anterior, la biomasa total de merluza del sur y merluza de cola alcanzó a 11.646,7 toneladas (D.E. = 4.923,6 tons) y 26.311,7 tons (D.E. = 10.847,0 tons), respectivamente (Tabla 10).

Tabla 9. Área de distribución del recurso, densidad poblacional (ton/km^2) promedio, desviación estándar y tamaño de muestra (n) de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región.

Especie	Región	Área (km^2)	Densidad poblacional (ton/km^2)		
			Estimada	D.E.	n
Merlaus	X	1.882,1	3,747	1,545	47.053
	XI	1.858,7	2,472	1,619	46.484
Macrmag	X	1.882,1	8,503	3,175	47.053
	XI	1.858,7	4,146	2,855	46.484

Tabla 10. Biomasa total (toneladas) de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región y la fracción juvenil y de pre-reclutas.

Especie		Biomasa (tons)					
	Región	Total (D.E.)		Juveniles		Reclutas	
Merlaus	X	7.052,1	(2.907,5)	3.756,7	(53,3%)	948,2	(13,4%)
	XI	4.594,6	(2.016,1)	1.090,6	(23,7%)	62,2	(1,4%)
	Total	11.646,7	(4.923,6)	4.847,3	(41,6%)	1.010,4	(8,7%)
Macrmag	X	16.003,5	(5.540,4)	15.653,4	(97,8%)	1.216,4	(7,6%)
	XI	10.308,2	(5.306,6)	6.757,1	(65,6%)	1.149,5	(11,2%)
	Total	26.311,7	(10.847,0)	22.410,5	(85,2%)	2.365,9	(9,0%)

4.3.2.3. Discusión

La biomasa estimada de merluza del sur y merluza de cola alcanzó a 11.646 toneladas, en el primer caso, y 26.311 tons en el caso de merluza de cola. Estos resultados son comparables con las estimaciones realizadas en el último estudio de evaluación acústica desarrollado en la misma zona de estudio en el año 2009 (Lillo *et al.,* 2011, Tabla 11). En el caso de merluza del sur de la X y XI Región, la biomasa estimada en este estudio es superior (aunque probablemente cae en el intervalo de confianza) a la estimada por Lillo *et al*. (2011). Esta diferencia está determinada por la estimación de biomasa de la X Región (Tabla 11). En el caso de merluza de cola, las estimaciones totales de biomasa son relativamente similares, aunque cambian sustancialmente los aportes regionales entre ambos cruceros (Tabla 11). Estos resultados deben interpretarse con cautela ya que ambos cruceros no fueron desarrollados exactamente en el mismo período, a lo que se suma la variabilidad interanual e intranual en la densidad y distribución de ambas especies en el mar interior de la X y XI regiones.

Tabla 11. Biomasa total (toneladas) de merluza del sur (Merlaus) y merluza de cola (Macrmag) en la X y XI Región estimada por Lillo *et al.* (2011) y este estudio.

Especie	Región	Biomasa (tons)	
		Lillo *et al.* (2011)	Este estudio
Merlaus	X	4.238	7.052,1
	XI	4.502	4.594,6
	Total	8.740	11.646,7
Macrmag	X	19.340	16.003,5
	XI	4.949	10.308,2
	Total	24.280	26.311,7

4.3.2.4. Conclusiones

1. Los resultados de este estudio más la revisión de estudios de abundancia de juveniles en el mar interior (consistente en los registros acústicos de los proyectos FIP 2002-07, FIP 2004-40, FIP 2006-10, FIP 2007-14 y FIP 2009-09) permiten que tanto la época como el área evaluada son las adecuadas para la estimación de índices de reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola.

2. Sin embargo, para la construcción de un índice de reclutamiento que pueda ser incorporado en los modelos de evaluación de stock, se requiere que este tipo de estudios se repita, siendo los resultados acá presentados el punto de partida.

4.3.3. Sección B. Análisis de contenido estomacal

4.3.3.1. Introdución

En lugares donde se explota simultáneamente varios recursos pesqueros por una o más tipos de flotas, como en la zona sur-austral de Chile, las interacciones biológicas (predación) entre especies de peces que son recursos pesqueros puede analizarse mediante modelos de evaluación de stock multiespecíficos como el Análisis de Población Virtual Multiespecífico, APVMS (Sparre, 1991), el que fue aplicado extensamente por primera vez por Pope & Macer (1991) para la comunidad de peces del Mar del Norte para el período 1963 a 1987. En cualquier análisis multiespecífico de evaluación de stock se requiere establecer previamente las relaciones tróficas y su variabilidad entre predadores y presas, análogamente a lo reportado por de Winter (1991). Este tipo de enfoque permite mejorar las estimaciones de la abundancia de reclutas (Gislason, 1991), tal como fue mostrado por Arancibia *et al.* (2010) para recursos pesqueros del sur de Chile. En efecto, el análisis de las interacciones tróficas de merluza austral (*Merluccius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) (Arancibia *et al*., 2010) indica que estas especies son mayormente ictiófagas y que la merluza de cola es el principal ítem presa en merluza austral, congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y merluza de cola (canibalismo), coincidiendo en general con lo reportado por Pool *et al*. (1997).

Arancibia *et al*. (2010) estimaron la abundancia de merluza del sur y merluza de cola con modelos edad-estructurados mediante la aplicación de un modelo de evaluación de la abundancia tipo Análisis de Población Virtual (APV) clásico, por un lado, y uno multiespecífico (APVMS) (Fig. 39). La principal conclusión es que el reclutamiento (abundancia de ejemplares de 3 años de edad) se visualiza mejor y es significativamente más abundante con el APVMS que con el APV simple. Además, se verifica que los reclutamientos exitosos son episodios de baja frecuencia, aunque muy abundantes (año 2004 en merluza del sur; año 1998 en merluza de cola). Entonces, en el presente proyecto se analiza y sintetiza información histórica del contenido estomacal en merluza del sur y merluza de cola, más información de estómagos de ambas especies en el crucero realizado en octubre de 2014.

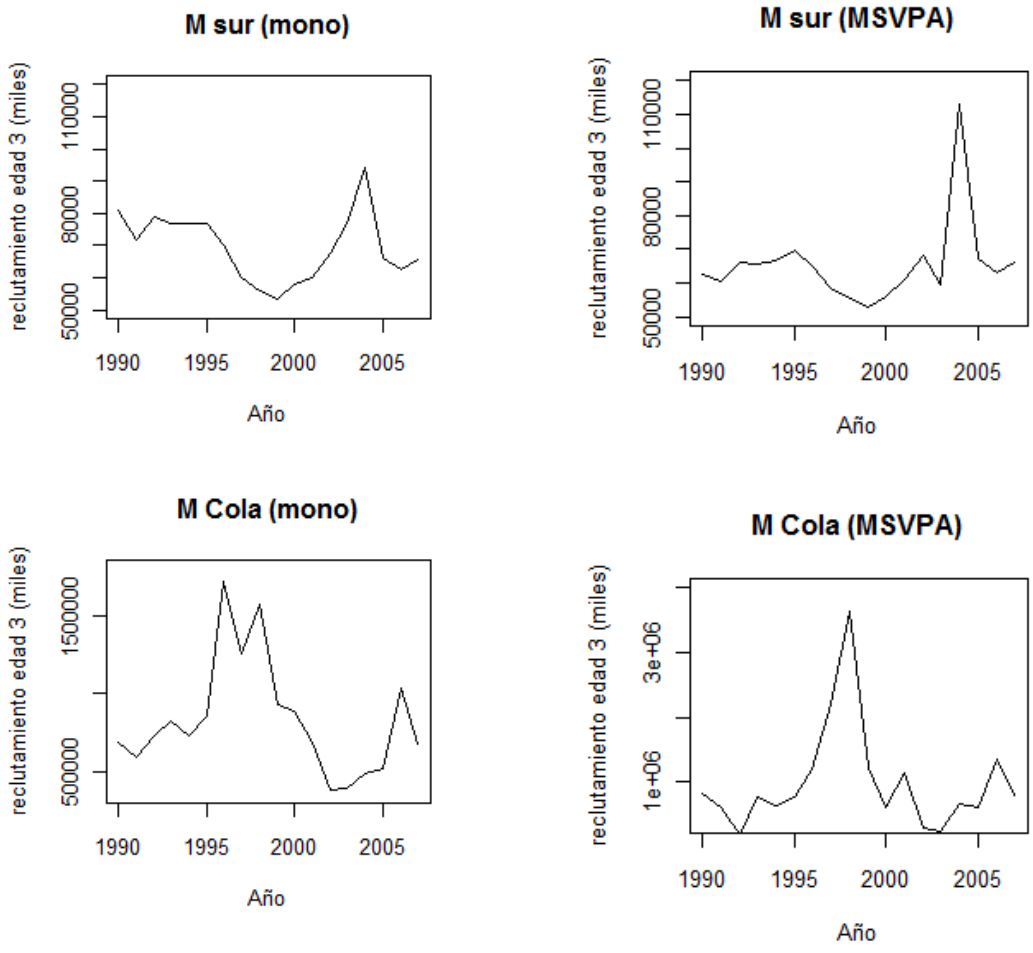


Figura 39. Reclutamiento edad 3 desde 1990 hasta 2007 para merluza del sur (arriba) y merluza de cola (abajo) mediante APV mono-específico (izquierda) y APV multiespecífico, APVMS (derecha). Tomado de Arancibia *et al*. (2010; Figs. 44 y 47).

4.3.2.2. Metodología

Se revisó antecedentes disponibles de la alimentación de merluza austral y merluza de cola en informes de proyectos anteriores financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP). Las muestras de estómagos de merluza austral y merluza de cola de crucero (octubre

de 2014) fueron obtenidas a bordo del B/C "Abate Molina" de lances de pesca de identificación para la estimación acústica de la abundancia en el Mar Interior de Chiloé. No se realizó muestreos del desembarque comercial durante el desarrollo del presente proyecto pues no estaba contemplado hacerlo. El muestreo de estómagos de merluza del sur y merluza de cola, independientemente, fue "al azar estratificado", procurando obtener rangos de tamaños (longitud total, en cm) de peces pequeños, medianos y grandes. Se desechó el muestreo al azar simple debido a que tiende a muestrear largamente a los ejemplares más frecuentes en las capturas, que corresponden a los peces de tamaños intermedios. Sin embargo, si se asume que los peces son muestreadores eficientes y predadores oportunistas, por un lado; y, por el otro, que los peces carnívoros marinos tienden a ser ictiófagos con el desarrollo de la ontogenia, entonces interesa muestrear también a los peces grandes, que son los más infrecuentes en las capturas, pues se trata –a través del análisis del contenido estomacal– de indagar cuánto aportan (en peso y en número) los ejemplares pequeños (reclutas o pre-reclutas) de merluza austral y merluza de cola a la dieta de ambas especies, sea por canibalismo o predación inter-específica. La hipótesis que subyace es que los predadores podrían auxiliarnos en la estimación de un índice de abundancia relativa de pre-reclutas analizando su contenido estomacal, asunto que trataremos de desarrollar en este proyecto.

A cada ejemplar recolectado se le midió su longitud total (LT, cm), se registró el sexo y su peso total (PT, g). Los estómagos fueron extraídos, etiquetados, congelados a bordo (Stobbedroup, 1992; Arancibia *et al.*, 1998), y posteriormente analizados en el laboratorio de la Unidad de Tecnología Pesquera (UNITEP), Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. El contenido estomacal fue identificado al nivel taxonómico más bajo posible utilizando estereomicroscopio. El bolo alimenticio fue analizado utilizando solamente el método gravimétrico (peso), pues los métodos de frecuencia y numérico son poco informativos, siéndolo aún más los índices mixtos, como el índice de importancia relativa (IIR) de Pinkas *et al.* (1971), el que no es considerado en este proyecto.

Tamaño muestral

Del proyecto FIP 2008-23 (Arancibia *et al*., 2010) se tiene que el coeficiente de variación del peso del contenido estomacal (C.V.) de merluza austral es C.V.=1,436; y el de merluza de cola es C.V.=2,413. Si se asume que el peso del contenido estomacal se distribuye

normal, para un error muestral fijo *a priori* d=0,2 y t-Student=1,96 (muestra > 120), se tiene que el tamaño muestral (estómagos con contenido) para el período del crucero (octubre de 2014) es ≥ 198 para merluza austral y ≥ 559 para merluza de cola. Se procuró que cada tamaño muestral fuera dividido en tercios, correspondiendo los tercios a estómagos de peces pequeños, medianos y grandes. Para ambas especies se utiliza referencialmente la talla media de madurez como primer límite. Los ejemplares "grandes" de merluza austral y merluza de cola corresponden a los grupos de edad más viejos en las capturas.

4.3.3.3. Resultados

Número de estómagos

El número de estómagos con contenido que se debía analizar, comprometidos en la Oferta Técnica, fue ≥ 198 de merluza austral y ≥ 559 de merluza de cola. El número de estómagos con contenido, sin contenido y total se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Número de estómagos con contenido, sin contenido y total de merluza austral y merluza de cola muestreados en el crucero de este proyecto.

Nombre vernáculo	Nº de estómagos		Total
	con contenido	sin contenido	
Merluza austral	291	92	383
Merluza de cola	336	125	461
Total	627	217	844

En el caso de merluza austral se sobremuestreó 47% de estómagos con contenido por haber más disponibilidad de ejemplares en las capturas. Por el contrario, en el caso de merluza de cola se muestreó 60% (casi 2/3) del número de estómagos con contenido que se había comprometido originalmente, siendo las principales razones las bajas capturas y la mayor

fracción de peces sin contenido estomacal, lo que no se sabe sino hasta cuando se analiza las muestras en el laboratorio. Sin embargo, el balance general de muestreo es bastante satisfactorio.

Merluza austral

Aunque el muestreo de individuos de merluza austral fue estrictamente al azar estratificado, se revela un sesgo muestral hacia tallas menores e intermedias, con baja frecuencia de muestreo en individuos grandes (Fig. 40). La fracción de estómagos con contenido representó 76% del total muestreado.

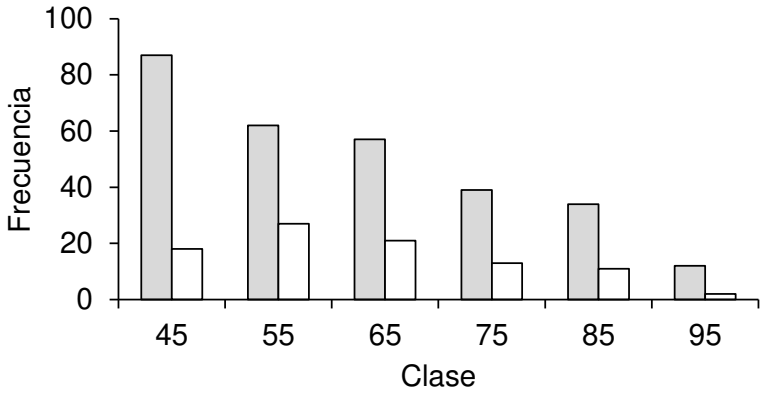


Figura 40. Distribución de frecuencias de tamaños de merluza austral muestreadas para obtención de estómagos con contenido (gris; n=291) y sin contenido (blanco; n=92); n total=383 estómagos.

En el mar interior de Chiloé, el contenido estomacal de merluza austral está ampliamente dominado por merluza de cola (85%) como presa principal (Tabla 13), representando proporcionalmente 8 veces el aporte de la segunda presa, que es *Nansenia* sp. (10,6%). Las otras 5 presas encontradas en el contenido estomacal de merluza de cola aportan marginalmente en conjunto con 4,2%.

Tabla 13. Dieta de merluza austral (en peso).

Especie	Peso	
	(g)	(%)
Euphausiidae	13,8	0,10
Camarón	266,4	1,60
Calamar	1,4	0,01
Peces linterna	114,4	0,70
Nansenia sp.	1767,3	10,60
Merluccius australis	201,2	1,20
Macruronus magellanicus	14278,6	85,20
N. sexspinis	97,2	0,60
Total	16740,4	100,00

Tabla 14. Espectro trófico (porcentaje en peso) por tamaño de merluza austral (longitud total en cm)

Especie	Peso (g)			Peso (%)		
	<70	70-79	≥80	<70	70-79	≥80
Euphausiidae	12,1	0,1	1,6	0,1		0,1
Camarón	214,0	27,6	24,8	2,2	0,7	0,8
Calamar	1,4					
Peces linterna	102,0	8,0	4,4	1,1	0,2	0,1
Nansenia sp.	1333,0	103,9	330,4	13,9	2,7	10,5
Merluccius australis	63,5	95,3	42,5	0,7	2,4	1,4
Macruronus magellanicus	7742,8	3656,6	2727,5	81,0	94,0	87,1
N. sexspinis	958		1,5	1,0		
Total	9564,6	3891,5	3132,6	100	100	100

Consecuentemente, el espectro trófico general de merluza austral en la zona de estudio es extraordinariamente estrecho y muy dependiente de merluza de cola como presa, lo que se confirma y acentúa cuando se observa el contenido estomacal por rango de tamaños del predador (Fig. 41; Tabla 14). Las presas, en general, y los peces, en particular, aparecen en avanzado estado de digestión en los estómagos de merluza austral, no pudiendo registrarse el tamaño de las presas.

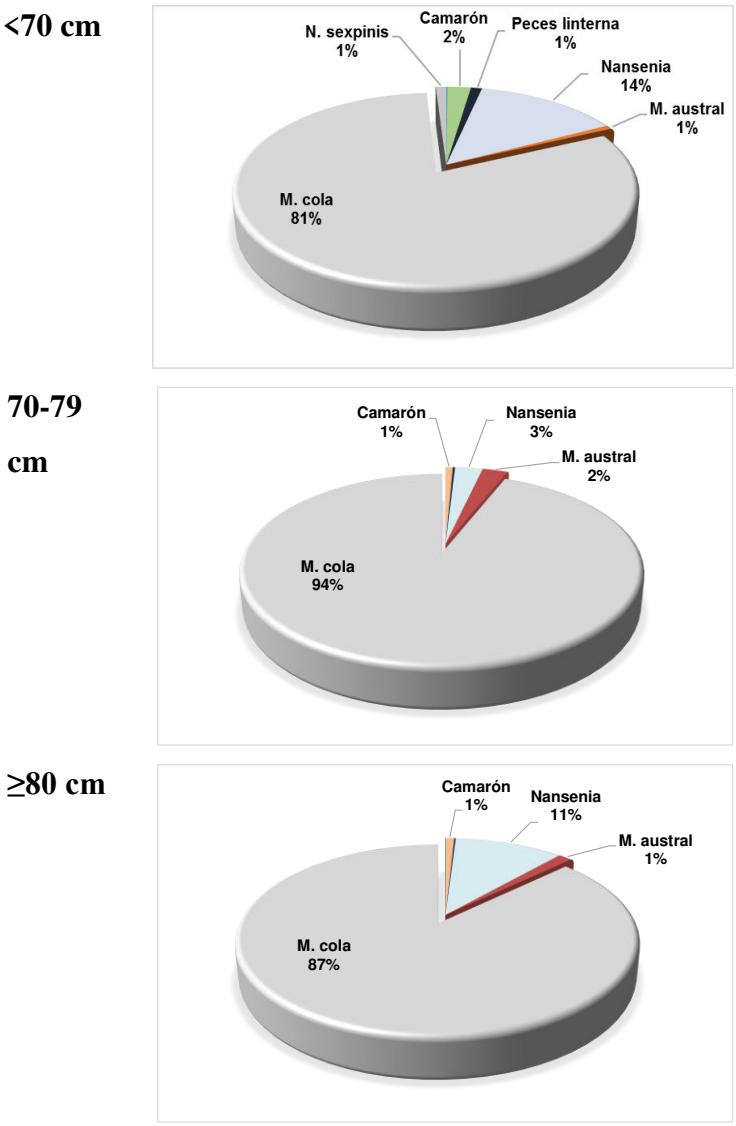


Figura 41. Espectro trófico (porcentaje en peso) por rangos de tamaño (longitud total, cm) de merluza austral durante el crucero investigación. Mar Interior de Chiloé, octubre de 2014. Clave: pequeños: <70 cm; medianos: 70-79 cm; grandes: ≥80 cm.

Merluza de cola

En merluza de cola el muestreo fue también estrictamente al azar, procurando que fuera estratificado. Sin embargo, el rango de tamaños para muestreos del contenido estomacal estuvo dominado fuertemente por ejemplares juveniles (marca de clase: 45 cm; rango: 40 a 50 cm de longitud total). Los ejemplares grandes de merluza de cola estuvieron casi ausentes (Fig. 42). La fracción de estómagos con contenido representó 63% del total muestreado. Recordemos que el muestreo ocurrió en el Mar Interior de Chiloé por lo que es probable que los peces grandes no estén presentes en esta área.

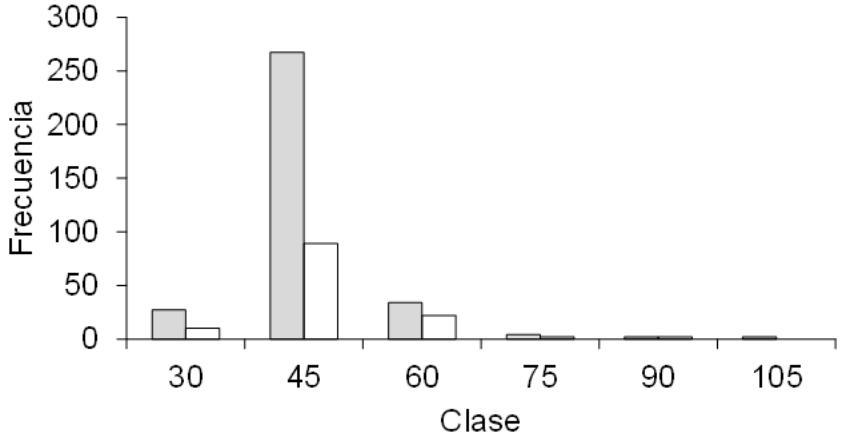


Figura 42. Distribución de frecuencias de tamaños de merluza de cola muestreadas para obtención de estómagos con contenido (gris; n=336) y sin contenido (blanco; n=125); n total=461 estómagos.

El contenido estomacal de merluza de cola estuvo ampliamente dominado por el canibalismo (53%), secundado por el pez *Nansenia* (23,6%) y crustáceos (23,3%; Tabla 15). Estas tres especies de presa aportan con más del 97% del total en peso del contenido estomacal de merluza de cola. Las otras 2 presas (camarón, probablemente *Pasiphaea acutifrons*, y el pez linterna *Maurolicus*) aportan marginalmente al conjunto.

Consecuentemente, el espectro trófico general de merluza de cola fue extraordinariamente estrecho. Las presas en los estómagos de merluza de cola aparecen normalmente en avanzado estado de digestión, razón por la que fue prácticamente imposible registrar el tamaño de las presas.

Tabla 15. Dieta de la merluza cola (en peso).

Especies	Peso	
	(g)	(%)
Euphausiidae	251,9	22,4
Camarón	37,6	3,4
Maurolicus	6,2	0,6
Nansenia	255,3	22,8
Macruronus magellanicus	569,3	50,8
Total	1120,3	100,0

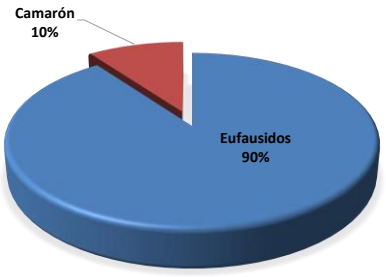
Sin embargo, cuando el análisis se realiza por rangos de tamaño del predador (merluza de cola) se identificó fuertes cambios en el aporte relativo (porcentual) de las principales presas (Fig. 43; Tabla 16). En efecto, en ejemplares pequeños (≤30 cm de longitud total) dominan largamente los eufáusidos (90%), más el aporte solo de camarón, probablemente *Pasiphaea acutifrons* (10%), revelándose que el espectro trófico es extraordinariamente estrecho, esto es, los ejemplares pequeños (juveniles) de merluza de cola dependen solamente de 2 presas. Los ejemplares de tamaños intermedios, aunque inmaduros (31 a 55 cm de longitud total), amplían su espectro trófico incorporándose los peces *Nansenia* (43%) y merluza de cola (canibalismo, 13%), y obviamente disminuyendo el aporte de eufáusidos (39%). Esto implica que los ejemplares de tamaños intermedios de merluza de cola se van haciendo ictiófagos, diferenciándose de los ejemplares más pequeños (≤30 cm). Destacablemente, los ejemplares adultos de merluza de cola (>55 cm) son casi exclusivamente ictiófagos caníbales (98% en peso), aunque el espectro trófico es estrechísimo.

Consecuentemente, en merluza de cola ocurren cambios tróficos con la ontogenia, pasando de carcinófagos estrictos (individuos pequeños) a ictiófagos estrictos (individuos grandes) con los individuos de tamaños intermedios siendo principalmente ictiófagos, aunque con importante presencia de crustáceos (eufáusidos).

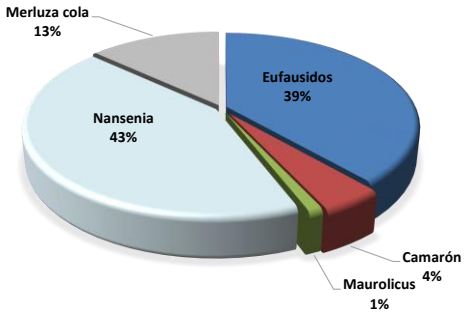
Tabla 16. Espectro trófico (porcentaje en peso) por tamaños de merluza de cola (longitud total en cm).

Especies	Peso (g)			% P		
	≤30 cm	31-55 cm	>50 cm	≤30 cm	31-55 cm	>50 cm
Euphausiidae	23,7	227,8	0,4	90,0	39,0	
Camarón	2,6	26,4	8,6	10,0	4,0	1,5
Maurolicus		6,2			1,0	
Nansenia		252,6	2,7		43,0	0,5
Macruronus magellanicus		77,8	489,7		13,0	98,0
Totales	26,3	590,9	501,3	100	100	100

≤30 cm



31-55 cm



>55 cm

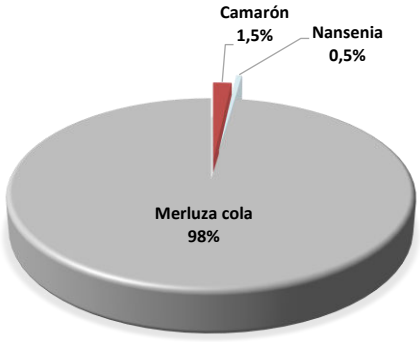


Figura 43. Espectro trófico (porcentaje en peso) por rangos de tamaño (longitud total, cm) de merluza de cola durante el crucero investigación. Mar Interior de Chiloé, octubre de 2014. Clave: pequeños: <30 cm; medianos: 31-55 cm; grandes: >55 cm.

4.3.3.4. Discusión

No existe información histórica del contenido estomacal de merluza austral ni de merluza de cola para el Mar Interior de Chiloé, donde se desarrolló el presente estudio. Por lo tanto, no es posible comparar directamente nuestros resultados con los de otros estudios para la misma zona. Sin embargo, se dispone de pocos resultados del contenido estomacal (en peso) de tales recursos pesqueros para el Mar Exterior de la XI Región (Guafo-Taitao) En el caso de la dieta de merluza austral (Tabla 17) se evidencia la dominancia casi absoluta de merluza de cola como presa. En el caso de la dieta de merluza de cola (Tabla 18) se revela la fuerte dominancia de peces linterna (alrededor de 2/3 de dieta) y la presencia secundaria de pequeños crustáceos (cerca de 1/5, particularmente de *Pasiphaea* y *Sergestes*, aunque en distintos cruceros).

Consecuentemente, la dieta de merluza de cola entre el Mar Interior de Chiloé y el Mar Exterior de la XI Región es parcialmente similar con importante presencia (en peso) de peces linterna. Por otro lado, en la dieta de merluza austral domina largamente (en peso) la merluza de cola, tanto en el Mar Interior de Chiloé como en el Mar Exterior de la XI Región, revelándose como una especie particularmente clave en ambos ecosistemas.

En el muestreo de una semana no se obtuvo indicadores que permitieran probar la hipótesis relacionada con que los predadores (merluza austral y merluza de cola) podrían auxiliar en la estimación de un índice de abundancia relativa de pre-reclutas analizando su contenido estomacal. Una explicación para lo anterior es que el período de muestreo fue muy corto (por ser un piloto) y se debería aumentar la escala espacial del muestreo. Si se desea que la data a ser colectada sea representativa para la población total presente durante un período de tiempo dado, un primer requerimiento para cualquier esquema de muestreo adecuado futuro sería que se cubra toda el área de los predadores. El segundo requerimiento es que la data de contenido estomacal debería estructurse por clases de edad tanto para predadores y presas, de forma de que pueda utilizarse en análisis de tipo cohortes (e.g., MSVPA). Idealmente la data de contenido estomacal debiera colectarse en una base anual, tal como se hace con la información de desembarques. En la práctica, un esquema de este tipo es poco factible debido a restricciones de tiempo, esfuerzo y recursos. Bajos ciertos supuestos, sin

embargo, es posible extrapolar los resultados de dieta de los predadores en un año determinado a otros años. Un buen ejemplo de lo que se podría implementar en la zona de estudio, corresponde al ICES en su proyecto de muestreo de estómagos que comenzó en los años ochenta y que en su primera etapa se extendió entre 1980 y 1984 (5 años), para obtener resultados cuantitativos del contenido estomacal de especies recurso del Océano Atlántico Norte tales como cod, whiting, haddock, herring, Norway pout, sandeel, sprat, mackerel, y saithe. Para más detalles se puede revisar este programa en http://www.ices.dk/marine-data/data-portals/Pages/Fish-stomach.aspx).

Tabla 17. Dieta de merluza austral (porcentaje en peso) en cruceros de varios años, mar exterior XI Región (tomado y adaptado de Lillo *et al*., 2005; Lillo *et al*., 2009; y Lillo *et al*., 2010).

	Proyecto	FIP 2009-10	FIP 2008-11	FIP 2004-07
	Localidad	Guafo-Guamblín	Guafo-Taitao	Guafo-Taitao
	Año	Agosto 2009	Agosto 2008	Sept. 2004
	Muestra (n)	318	365	88
Taxon	*Loligo gahi*	0,2	0,3	6,8
	Cefalopoda (i)	0,3		1,4
	E. superba	0,1		
	P. acutifrons	0,2	0,1	
	Crustacea (i)	0,1		
	Nansenia	0,3	0,1	
	Symbolophorus	0,2		
	M. australis	0,8	3,8	
	M. magellanicus	80,0	93,3	74,2
	Salilota	0,9		
	Pisces (i)	16,8		14,1
	M. parvipinis		0,1	
	Myctophidae		0,1	
	Coelorinchus		0,1	0,9
	Merluccius gayi		2,0	
	Micromesistius			2,5
	Brótula			0,1

Nota: probablemente el ítem Pisces (i) corresponde a merluza de cola (*Macruronus magellanicus*).

Tabla 18. Dieta de merluza de cola (porcentaje en peso) en cruceros de varios años, mar exterior XI Región (tomado y adaptado de Lillo *et al*., 2005; Lillo *et al*., 2009; y Lillo *et al*., 2010).

	Proyecto	FIP 2009-10	FIP 2008-11	FIP 2004-07
	Localidad	Guafo-Guamblín	Guafo-Taitao	Guafo-Taitao
	Año	Agosto 2009	Agosto 2008	Sept. 2004
Taxon	Muestra (n)	106	423	49
	Amphipoda	0,2		
	Euphausia	0,2	9,1	0,7
	Sergestes arcticus			22,6
	Pasiphaea	22,3		0,7
	Crustacea (i)			5,5
	Munida gregaria	3,6		
	Nansenia		3,3	
	Symbolophorus	43,7		
	Talismania aphos		1,2	
	Pisces (i)		45,6	50,3
	Maurolicus	21,6		6,1
	Myctophidae	8,6	24,5	14,2

Nota: probablemente el ítem Pisces (i) corresponde a peces linterna (*Maurolicus* y Myctophidae).

En este estudio, tanto en merluza austral como en merluza de cola el espectro trófico es muy estrecho, lo que hace más marcado cuando el análisis se realiza por grupos de tamaños. En ambas especies los ejemplares pequeños predan preferentemente sobre crustáceos pequeños (eufáusidos, *Pasiphaea*) y los ejemplares grandes son casi exclusivamente ictiófagos. La transición ocurre en los ejemplares de tamaño medio, pues se combinan como presas principalmente los peces seguidos de los pequeños crustáceos. Entonces, se verifica claramente cambios tróficos con la ontogenia del predador.

Estas características de estrecha trama trófica y cambios tróficos con la ontogenia tanto en merluza austral como en merluza de cola ocurren tanto en el Mar Interior de Chiloé (X Región) como en el Mar Exterior de la XI Región. Ambas características serían un patrón de estos predadores, ya que pueden ser registrados en ecosistemas completamente distintos. Sin embargo, lo que cambia claramente son algunas presas en tamaños medios de los predadores.

La trama trófica del Mar Interior de Chiloé parce ser simple y probablemente frágil, pues son muy pocas las especies que participan de aquella. Las posibles implicancias son evidentes, pues se confirma que la merluza de cola es una especie de presa clave tanto para merluza austral como para la propia merluza de cola (canibalismo). Nosotros postulamos que la recuperación de la abundancia del stock (fracción explotable de la población) de merluza austral y merluza de cola no ocurrirá sino hasta cuando se recupere la abundancia de la población completa de merluza de cola, esto es, tanto de la fracción del stock como de los ejemplares que no pertenecen aun al stock pesquero o que ya no están disponible al arte de pesca o que abandonaron la zona de pesca. Este es un trade-off trófico con implicancias pesqueras que debería ser monitoreado regularmente en las pesquerías del sur de Chile (arrastreras y espineleras).

Los resultados de este estudio, provenientes de muestreos en tan cortísimo plazo en un breve crucero de poco más de una semana a bordo de un buque científico, no permiten probar la hipótesis que los predadores (merluza austral y merluza de cola) podrían auxiliarnos en la estimación de un índice de abundancia relativa de pre-reclutas analizando su contenido estomacal, asunto que tratamos de desarrollar sin éxito en este proyecto. Básicamente la causa fundamental puede ser la baja cobertura temporal del muestreo (una

semana), la que podría ampliarse a muestreos a bordo de naves de la flota comercial y combinar ambas fuentes de información

La Ley General de Pesca y Acuicultura, en su Artículo 1, establece que el enfoque ecosistémico es el marco en el que se debería manejar los recursos pesqueros en Chile. Dado que ese es un mandato, entonces debemos establecer las bases sobre las que se aplicará este enfoque a recursos pesqueros y sus pesquerías. Basados en Brander & Bennet (1987), se tiene dos tipos de interacciones que deben ser resueltas conceptualmente y luego medidas, y son las interacciones biológicas entre especies (mortalidad por predación) y las interacciones técnicas entre flotas (mortalidad por pesca por las flotas arrastrera y espinelera en la zona sur austral de Chile). Las interacciones técnicas pueden medirse a través de buenos registros de capturas y tamaños de los ejemplares capturados. Las interacciones biológicas se miden exclusivamente a través de las relaciones predador-presa que ocurren en los ecosistemas que se está explotando.

4.3.3.5. Conclusiones

1. Se concluye que la dieta de merluza austral y de merluza de cola en el Mar Interior de Chiloé presenta cambios con la ontogenia, predominando crustáceos de pequeño tamaño en peces juveniles, cambiando a mixta con predominio de peces en tamaños medios del predador, siendo los ejemplares grandes casi exclusivamente ictiófagos.

2. Además, las tramas tróficas de merluza austral y merluza de cola en la zona de estudio son extraordinariamente estrechas y probablemente las relaciones tróficas son muy sensibles, pues parece haber una dependencia fuerte del predador sobre pocas especies de presas.

3. Se concluye también que la merluza de cola es una especie clave como presa en el ecosistema del Mar Interior de Chiloé, pues es la presa más abundante en la dieta de merluza austral y merluza de cola (canibalismo).

4.3.4. Sección C. Crucero de ictioplancton e hidrografía

4.3.4.1. Antecedentes

El presente informe entrega resultados de las distribución de huevos y larvas e hidrografía obtenidos a partir del crucero de ictioplancton llevado a cabo durante el periodo (primavera) y área (aguas interiores de la X región desde el Fiordo del Reloncaví hasta las Islas Desertores) históricamente de mayor abundancia larval de las especies objetivo, definidos en el informe de avances anterior. También se entrega un análisis de algunos potenciales indicadores de ictioplancton que podrían ser de relevancia en el proceso de reclutamiento. Como un ítem adicional, se entrega también información de huevos y larvas de merluza común, *Merluccius gayi*, especie que concurre en el área norte de distribución de las dos especies objetivo pero cuyas áreas principales de desove y crianza larval están ubicadas más al norte frente a las costas de la VIII región (Landaeta & Castro 2012; Vargas & Castro 2001).

Esta sección tiene como objetivos i) Determinar la extensión espacial de la zona de desove e Identificar zonas de mayor concentración de huevos y larvas de merluza austral y de cola en aguas interiores de la X región, desde Fiordo del Reloncaví a Islas Desertores, durante primavera; ii) Determinar la distribución vertical de huevos y larvas de merluza austral y de cola en aguas interiores de la X región; iii) Caracterizar oceanográficamente las zona de mayor abundancia de larvas de merluza austral y de cola en aguas interiores de la X región; iv) Determinar la estructura de tallas de las larvas de merluza austral y de cola en aguas interiores de la X región; y v) Proponer indicadores ictioplanctónicos relevantes al reclutamiento de ambas especies en aguas interiores de la X regiones.

4.3.4.2. Metodología

Crucero de ictioplancton

El crucero se desarrolló en la embarcación Huracán I durante el mes de noviembre del 2014 (Figura 44, Tablas 19 y 20). El área estudiada abarcó una grilla de estaciones ubicadas

desde el Seno del de Reloncaví hasta las Islas Desertores, y una transecta desde el mismo fiordo pero extendiéndose hasta el final el Golfo Corcovado. En la grilla se realizaron un total de 42 estaciones en las cuales para la colección de ictioplacton se realizó un muestreo oblicuo con redes Bongo (60 cm diámetro boca, 300 µm trama, con flujómetro digital), desde superficie a 200m de profundidad. A lo largo de la transecta se realizaron 12 estaciones en que se efectuó un muestreo estratificado (0-25m, 25-50m, 50-100m, 100-200m) con una red Tucker Trawl (1m lado de boca; 300 µm trama, equipada con flujómetro digital) (Figura 44; Tabla 20). Del total de estaciones (grilla más transecta), 2 estuvieron en el Fiordo del Reloncaví, 11 en el Seno del Reloncaví, 20 en el Golfo de Ancud y 9 en las proximidades de las Islas Desertores (Canal Desertores). Todas las muestras fueron fijadas a bordo usando formaldehido 4%. Con el objetivo de caracterizar las condiciones hidrográficas de la columna de agua en la zona de estudio, en todas las estaciones se realizaron perfiles con un CTD SBE 19Plus V2 desde la superficie hasta un máximo de 200m de profundidad.

Paralelamente, durante el crucero se obtuvo imágenes de temperatura superficial del mar (TSM) a partir del producto de alta resolución de los satélites infrarrojos (AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer) que tiene una resolución temporal diaria y espacial de ¼ de grado (http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/griddata.php). Imágenes de la clorofila-a (chl-a) derivadas de satélites fueron obtenidas del sensor MODIS a bordo del satélite Aqua que permiten con una resolución espacial de 4 km^2 por píxel y que se obtienen de la NASA (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/).

Análisis en laboratorio

Hidrografía

En laboratorio, con el objetivo de identificar posibles diferencias en características hidrográficas entre las zonas con mayor abundancia de huevos y las zonas adyacentes con escaza presencia de huevos, se graficó perfiles de cada una de las variables oceanográficas (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila a) utilizándose grupos de estaciones dentro y fuera de las zonas de mayor abundancia de huevos, en cada una de las regiones de estudio. Paralelamente, con la data hidrográfica se estimó en cada estación la

estabilidad promedio de la columna de agua utilizando la frecuencia de Brunt-Väisälä. Este parámetro determinar la estratificación de la columna de agua y, de acuerdo a *Stewart* (2002), se define como:

$$N^2 = -gE,$$

donde *N* es la frecuencia de la estabilidad o frecuencia de Brunt-Vaisala, *g* es la gravedad y *E* es la estabilidad de la columna de agua, que se calcula de según la expresión:

$$E = -\frac{1}{\rho}\frac{\delta\rho}{\delta z},$$

donde, ρ es la densidad del agua (1025 kgm^{-3}) y *z* la profundidad.

A partir de la data de hidrografía se identificó mediante diagramas T-S las masas de agua presentes en las zonas de mayor abundancia de huevos y en distintas áreas de las regiones del estudio: en el Fiordo del Reloncaví, Golfo de Ancud, zona intermedia entre Golfo Corcovado. Los diagramas T-S, además de identificar las masas de agua, serán luego utilizados en la sección de asociación de distribución de huevos con características ambientales.

Se confeccionó mapas horizontales de distribución de las características oceanográficas (temperatura, salinidad, densidad, fluorescencia (clorofila a) y estabilidad) en superficie y a 50 m. Paralelamente, se realizó secciones verticales de distribución de las mismas características a lo largo de una transecta que incluyó el Fiordo el Reloncaví, Seno del Reloncaví, Golfo de Ancud, Islas Desertores y Golfo de Corcovado (transecta coincidente con las zonas de mayor abundancia de huevos y larvas ,y que además coincide con la utilizada en el Programa CIMAR Fiordos). Todas las secciones (horizontales y verticales) se realizaron utilizando el programa Ocean Data View (ODV).

Análisis de muestras de zooplancton

a.- Distribución de huevos y larvas, y características hidrográficas.

En laboratorio los análisis del ictioplancton incluyeron la identificación y la cuantificación de los huevos y larvas de las especies de peces objetivos de este estudio. Las larvas de cada

especie, adicionalmente, fueron clasificadas según su desarrollo notocordal como larvas pre-flexión (larvas tempranas) y post-flexión notocordal (larvas tardías).

La distribución horizontal de huevos y larvas de las especies objetivo y determinación de zonas de mayor agregación se realizó mediante la confección de mapas de distribución donde la abundancia de cada especie por estadio de desarrollo se representó en forma de círculos de tamaños proporcionales a su abundancia, utilizando el programa Surfer 8.0 y considerando todas las estaciones de muestreo con red Bongo. La distribución vertical de huevos y larvas de cada especie fue graficada a modo de perfiles verticales de abundancia (promedio y desviación estándar) por estadio de desarrollo, utilizando la data del total de estaciones muestreadas con red Tucker Trawl a lo largo de la transecta norte sur que cubre las cinco zonas de muestreo (F Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo de Ancud, Canal Desertores y Golfo de Corcovado). La existencia de deferencias diferencias en abundancia de cada estadio de desarrollo de cada especie entre zonas y/o entre estratos en la vertical se probó usando análisis de varianza (ANOVA si la data sigue una distribución normal; Kruskal-Wallis en caso contrario).

La existencia de relación entre las zonas de mayor abundancia de huevos y larvas y las variables hidrográficas, se exploró mediante tres métodos gráficos. Primero se procedió a superponer gráficamente las abundancias de cada estadio y especie (círculos de distinto tamaño según abundancia) sobre las secciones horizontales de las variables hidrográficas (temperatura y salinidad) obtenidas con ODV. Paralelamente, la distribución vertical de los huevos y larvas fue representada gráficamente sobreponiendo a las secciones verticales de variables hidrográficas de cada zona, las abundancias de huevos y larvas representadas también mediante círculos de diferentes tamaños dependiendo de la abundancia en cada estación. Estos procedimientos gráficos han sido ampliamente utilizados para describir distribuciones verticales de huevos y larvas peces en la zona misma zona de estudio de esta propuesta (Landaeta & Castro 2006; Bustos *et al*. 2008, Castro *et al*. 2008, Castro *et al*. 2011).

Un segundo método gráfico permitió identificar los rangos de temperatura y salinidad en que ocurren las mayores abundancias de huevos y larvas. El método consistente en la sobreposición de las abundancias de huevos y larvas (círculos escalados de abundancia) sobre diagramas T-S (Checkley, 2000). Este método, sugerido en los talleres de SPACC

(Small Pelagics and Climate Change; van der Lingen *et al*. 2001, 2005) ha sido empleado tradicionalmente en los proyectos del Método de Producción Diaria de Huevos (DEPM) para estimar los rangos de salinidad y temperatura en que se encuentran huevos de anchoveta y sardina común en la zona central de Chile (Cubillos *et al*., 2010).

El tercer método es un análisis de frecuencia de ocurrencia de huevos y larvas a las distintas salinidades y temperaturas o Single factor Quotient Analysis (van der Lingen *et al*., 2001, 2005; Drapeau, 2004). El método utiliza la temperatura (o salinidad) media de cada uno de los estratos muestreados de ictioplancton, dividiendo la data de temperatura (o salinidad) en rangos de clases iguales y determinando la frecuencia de ocurrencia de cada clase de temperatura (o salinidad). Luego se estima el número de huevos encontrados en las muestras en cada clase de temperatura (o salinidad) y se expresa su frecuencia en porcentaje del número total de huevos colectados en el crucero. Finalmente se estima un cociente para cada rango de temperatura, entre la frecuencia de ocurrencia de esa temperatura y la frecuencia huevos encontrados en esa temperatura. Si el cociente para cada temperatura (o salinidad) es mayor a 1 (mayor al intervalo de confianza determinado por remuestreo computacional; Bernal *et al*., 2007), se asume que esa temperatura es positivamente seleccionada. Por otros lado, si es significativamente <1 entonces dicha temperatura es seleccionada negativamente.

b.- Índices ictioplanctónicos.

La elaboración de índices ictioplanctónicos que puedan servir para entender posibles variaciones en reclutamiento de las especies objetivo, requiere contar con data colectada en series de tiempo (ojalá anualmente) y luego compararla con data de reclutamiento propiamente tal (eg. hidroacústica u otra) y, eventualmente, data de tipo ambiental (hidrográfica, satelital). En ausencia de series de tiempo, en este trabajo se calculó tres indicadores ictioplanctónicos que podrían ser monitoreados en el futuro:

i) Porcentaje de estaciones positivas (con presencia de larvas) en la zona total de muestreo; ii) Abundancia promedio de larvas en estado postflexión notocordal en la zona de muestreo y, iii) Razón entre la abundancia promedio larvas en estado postflexión notocordal y la abundancia promedio de larvas totales en la zona de muestreo.

Los dos primeros índices (pero basado en huevos en vez de larvas) son reportados anualmente en los informes FIP de los proyectos de estimación de biomasa desovante utilizando el Método de producción diaria de huevos (MPDH) en la zona central de Chile, mientras que el tercero se propuso en este estudio tomando en cuenta que requiere información de la abundancia de las larvas en estado más avanzado posible, lo cual debería haber sido posible de obtener con el tipo de redes empleadas en este estudio (Tucker Trawl de 1 m^2 de área de boca y red tipo Bongo de 60 cm de diámetro).

El número de larvas capturadas de las especies objetivo en estado avanzado fue, sin embargo, muy bajo por lo que los tres índices debieron llevarse a cabo utilizando el total de larvas, sin clasificar por estadio de flexión notocordal. Acorde a lo anterior, y para lograr una pequeña serie de tiempo de ictioplancton de exactamente la misma zona con valores de estos índices, se procedió a estimarlos a partir de data de ictioplancton colectada a lo largo de la transecta y compararlos con estimaciones obtenidas de cruceros CIMAR Fiordos en que se usó la misma transecta y el mismo tipo de muestreador (red Tucker Trawl de 1 x 1 m de área de boca y, 300um trama de red).

4.3.4.4. Resultados

Estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas

De las 42 estaciones muestreadas con red Bongo (Tabla 21), 26 estaciones (62%) presentaron huevos de merluza austral, 2 estaciones (5%) merluza de cola, 10 estaciones (24%) merluza común. 12 estaciones presentaron huevos de merluza, pero no se logró identificar la(s) especie(s) debido a falta de caracteres distinguibles (denominadas aquí como Merluza sp). El número de estaciones con larvas de todas las especies fue bajo: 5 con larvas de merluza austral, 1 con merluza de cola y 3 con merluza común (Tabla 21).

El mayor número de huevos totales (Tabla 22) correspondió a merluza austral (1998 huevos), seguido de merluzas no identificadas (653 huevos merluza sp), merluza común (323 huevos) y merluza de cola (38 huevos). La mayor densidad promedio de huevos en la estaciones positivas correspondió a merluza austral (77 ± 74 h x 1000m^{-3}), seguido de merluzas no identificados (54 ± 49 h x 1000m^{-3}), merluza común (32± 22 h x 1000m^{-3}) y merluza de cola (19 ± 17 h x 1000m^{-3}). Las densidades promedio de larvas de la tres

especies en las estaciones positivas fue baja y semejante entre especies (9-13 larvas x 1000m^{-3}) (Tabla 22).

Distribución horizontal por zonas

A partir de los muestreos con red Bongo se constató que los huevos de merluza austral ocurrieron en el Fiordo y Seno de Reloncaví, Golfo de Ancud y en las proximidades de las Islas Desertores (Figura 45). El mayor porcentaje de estaciones positivas ocurrió en el Fiordo de Reloncaví (100%), seguido de Seno de Reloncaví (73%) y luego el Golfo de Ancud y Canal Desertores con porcentajes similares (50-56% respectivamente) (Tabla 23). Las mayores densidades promedio de huevos en las estaciones positivas ocurrieron en el Seno de Reloncaví (110 h x1000m^{-3}) y en el Fiordo del Reloncaví (85 h x 1000m^{-3}) (Tabla 24). En cabio las larvas de esta especie ocurrieron sólo en el Golfo de Ancud (promedio 10 larvas x 1000m^{-3}) y Canal Desertores (promedio 14 larvas x 1000m^{-3}) (Figura 46) (Tabla 25). Los huevos de merluza de cola colectados con red Bongo se presentaron en el Seno el Reloncaví y Canal Desertores (Figura 45). Los porcentajes de estaciones positivas fueron similares entre ambas zonas (9-11 %) (Tabla 23), pero las densidades de huevos en las estaciones positivas fueron en promedio mayores en el Seno del Reloncaví (32 vs 6 h x 1000m-3) (Tabla 24). Las larvas de merluza de cola sólo ocurrieron en el Golfo de Ancud en una estación de 20 (5% de estaciones positivas), con una baja densidad (9 larvas x 1000m^{-3}) (Tabla 25) (Figura 46).

Se colectó huevos de merluza común con red Bongo en las 4 zonas con un mayor porcentaje de estaciones positivas ubicadas en el Fiordo del Reloncaví (50%) y el Seno el Reloncaví (36%)(Tabla 5)(Figura 2). Las densidades promedio de huevos en las estaciones positivas de estas dos zonas fueron similares (38 y 41 h x 1000m^{-3}, respectivamente), seguido del Golfo de Ancud y el Canal Desertores (Tabla 6). Las larvas de merluza común ocurrieron en el Seno del Reloncaví y Golfo de Ancud, siendo el porcentaje de estaciones positivas mayor en el Seno del Reloncaví (18% vs 5%). Sin embargo, las densidades de larvas por estación fueron semejantes entre ellas (13 y 11 %, respectivamente) (Tabla 25) (Figura 46).

Distribución vertical

Los huevos de las tres especies de merluzas identificadas (merluzas austral, de cola y común) se presentaron desde el estrato superficial hasta los 200 m de profundidad, con mayores densidades promedios entre la superficie y 50 m de profundidad (Figura 47). Los huevos de merluzas no identificadas ocurrieron solamente bajo los 50 m de profundidad. Las larvas de merluza austral y merluza común se presentaron en toda la columna de agua muestreada (0 a 200 m); las pocas larvas de merluza de cola, sin embargo, solo ocurrieron entre los 25 y 100 m de profundidad (Figura 48).

La distribución vertical de los huevos de merluza austral varió entre las zonas muestreadas. En el Fiordo Reloncaví las mayores densidades ocurrieron en el estrato más somero, mientras que en el Seno Reloncaví ocurrieron en el estrato intermedio y en el Golfo de Ancud en el estrato más profundo (Figura 49). En el Canal Desertores las mayores abundancias ocurrieron en los estratos intermedios, mientras que en el Golfo de Corcovado en el estrato más profundo (100 a 200 m). En cuanto a las larvas de merluza austral, estas ocurrieron en el Golfo de Ancud en los dos estratos profundos (50-100 y 100-200m), mientras que en el canal Desertores ocurrieron en los estratos intermedios y en el Golfo de Corcovado solo en el estrato somero con baja densidad (Figura 50).

La distribución vertical de los huevos de merluza de cola no presentó un patrón tan claro de profundización desde el Fiordo del Reloncaví hacia el mar interior de Chiloé (Figura 49). En el Fiordo del Reloncaví, los huevos se presentaron más abundantemente en el estrato más somero. Sin embargo, en el Seno del Reloncaví los huevos se presentaron en densidades similares en toda la columna de agua. En las otras zonas se ubicaron entre superficie y los 100 m de profundidad. Las larvas sí presentaron un patrón entre las zonas muestreadas, en cuanto ocurrieron siempre en los estratos intermedios (25-50 y 50-100 m de profundidad) (Figura 50).

En el caso de los huevos de merluza común, la distribución vertical de los huevos variable entre zonas. En el Fiordo Reloncaví ocurrieron en el estrato 50 a 100 m y en el Seno Reloncaví desde superficie hasta el estrato profundo. En los demás zonas los huevos se ubicaron hasta los 100m, con excepción del Golfo Corcovado (Figura 49). Las larvas de merluza común se ubicaron en toda la columna de agua, tanto en el Fiordo como en el Seno y Golfo de Ancud (Figura 50).

Estructura de tallas de larvas por zona

El número de estaciones positivas con huevos de merluza austral, al igual que sus abundancias, fueron disminuyendo desde el Fiordo y Seno del Reloncaví hacia el Golfo Corcovado. También se observó una profundización de los huevos desde aguas someras en el Fiordo hacia aguas más profundas en el Golfo de Ancud, Canal Desertores y Golfo Corcovado (sección anterior). Paralelamente, las tallas de las larvas de esta especie colectadas a lo largo de la transecta muestreada con red Tucker fueron aumentando desde el Golfo de Ancud al Golfo Corcovado, sugiriendo una dispersión y disminución en abundancia en sentido norte-sur (Figura 51). Las larvas habrían ocurrido en aguas de profundidades intermedias en el sector central y sur.

Si bien ocurrió una profundización de huevos a larvas de merluza de cola (y también en los huevos desde el Seno del Reloncaví hasta en Canal Desertores, ver sección anterior), el patrón latitudinal de dispersión de larvas no fue tan claro como en merluza austral debido al bajo número de estaciones positivas con larvas de esta especie. Entre los dos sectores que sí ocurrieron larvas, sin embargo, sí hubo un aumento en las tallas de éstas hacia el sur entre el Seno del Reloncaví y Canal Desertores (Figura 51).

Finalmente, en merluza común sólo se observó una disminución en el número de huevos y larvas desde el Fiordo del Reloncaví al Golfo de Ancud. Sin embargo, no se registró un aumento en la talla de las larvas hacia el sur (Figura 51) ni tampoco una profundización de los huevos ni de las larvas entre zonas hacia el sur (ver sección anterior).

Condiciones oceanográficas

En el área de muestreo, la temperatura superficial del mar (TSM) obtenidos a partir de las mediciones *de balde* mostró los más altos valores (> 14^{o}C) en el sector costero continental de la X región, zona de fiordos Reñihue y Cumau, y en el sector nor-este del Seno del Reloncaví (Figura 52). Esta distribución fue muy coincidente con las imágenes promedio de TSM satelitales para el mes de noviembre (Figura 53). Para el mismo periodo, las concentraciones de clorofila-a obtenidas también de satélite mostraron valores más altos en la zona exterior frente a la zona sur de Chiloé y frente a la XI región. En aguas interiores las concentraciones fueron mayores en la zona norte del área de muestreo (Seno Reloncaví,

norte de Chiloé) y en el borde costero continental (este) donde se encuentran los fiordos Comau y Reñihue (Figura 53).

La data hidrográfica obtenida a partir de CTD en terreno, mostró que en el sector de la costa de la Isla de Chiloé y Golfo Corcovado se presentaron en superficie salinidades mayores a 32 (Figura 54). La densidad (sigma-t) presentó una distribución similar a la salinidad. Dada esta distribución superficial de densidad, la zona presentó una marcada estratificación (Brunt-Vaisala) en los sectores del Seno y Fiordo Reloncaví en el área norte. La fluorescencia presentó mayores valores en el sector central y oeste del Golfo de Ancud al norte de la Isla de Chiloé, cerca del Canal Chacao. A 50 m de profundidad, las variaciones en todas las características hidrográficas fueron estrechas (Figura 55). La salinidad y densidad fueron levemente mayores en el sector más cercano al norte de Chiloé (frente a Canal de Chacao) y cadenas de Islas Butachauques.

La sección vertical de características hidrográficas obtenida a lo largo de la transecta note-sur, muestra las variaciones de estas características en ese eje (Figura 56). Las mayores temperaturas y menores salinidades fueron observadas en superficie en el Fiordo y Seno del Reloncaví y en sector norte del Golfo de Ancud. Las menores temperaturas y mayores salinidades ocurrieron en profundidad mayor a 100 m el sector sur (Golfo del Corcovado). Los máximos de fluorescencia ocurrieron también cercanos a superficie en el sector norte (Fiordo y Seno del Reloncaví), disminuyendo sus valores hacia el sur y profundizándose hasta el comienzo del Golfo Corcovado. Al final del este Golfo, se observó un aumento de fluorescencia en superficie.

En la zona se estudio se pudo identificar la presencia y dominio de las siguientes masas de agua: i) Agua Subantártica Modificada (ASAAM) con salinidades de 31 a 33 psu en profundidades mayores a 20 m en todas las zonas; ii) Aguas Estuarinas (AE) en el Seno y Fiordo Reloncaví con salinidades menor a 31 psu en el estrato más somero, y iii) Aguas Subantárticas (ASAA) con salinidades mayores a 33 psu en el Golfo de Corcovado y en las cercanías del Canal de Chacao, que son zonas de mayor comunicación con la zona oceánica adyacente (aguas ausentes en la Figura 57).

Relación de la distribución de huevos y larvas con las condiciones oceanográficas

Al sobreponer la distribución horizontal de huevos (mapas) sobre las secciones horizontales de temperatura y salinidad y los diagramas T-S, se puede inferir que los huevos de merluza austral ocurrieron en un amplio rango de temperaturas (11-14,2 ºC) y salinidades (7-33 psu). Sin embargo, la zona de mayor abundancia de huevos coincide con las mayores temperaturas y menores salinidades en superficie (Figura 58). La inspección de las distribuciones verticales de huevos y secciones verticales de temperatura y salinidad señalan, sin embargo, que los huevos habrían estado en un rango de profundidades más amplio (Figura 61). Al sobreponer las distribuciones de huevos con las secciones hidrográficas horizontales a 50 m de profundidad, y con las secciones verticales por otro lado, se observa que la mayor parte de los huevos habría estado en temperaturas alrededor de 11 ºC y salinidad de 32-33 psu. Lo anterior es coincidente con lo observado en los diagramas T-S (Figura 21). En el caso de las larvas, que estuvieron principalmente en el Golfo de Ancud y Canal Desertores pero a mayor profundidad, estas habrían ocurrido en un rango total más estrecho de temperatura (12-13,5 ºC) y salinidad (31-33 psu) que los huevos, tal como lo sugieren más claramente los diagramas T-S.

El mismo análisis integrando indica que para merluza de cola se observa que los rangos de temperatura (12-13ºC) y salinidad (30-33 psu) a los que se encontraron los huevos de esta especie en superficie (Figura 59), fueron mucho más acotados que en las otras dos especies. Esto podría ser una consecuencia de la baja frecuencia de estaciones donde ocurrieron sumado a sus muy bajas abundancias. A 50 m de profundidad, los rangos de temperatura y salinidad en que estuvieron presentes huevos y larvas coincidieron con los de merluza austral (Figuras 62 y 64).

Los huevos de merluza común habrían ocurrido en superficie en un rango de temperaturas levemente más alto (12-14,2 ºC) y mucho más estrecho en salinidades (18-33 psu) que merluza austral (Figura 60). A 50 m de profundidad, los rangos de temperatura y salinidad de huevos y larvas fueron semejantes entre las tres especies tal como lo señalan los diagramas T-S, a pesar de las diferencias en extensión horizontal de sus distribuciones (Figura 63 y 65).

En el análisis de quoting se observa los valores máximos y mínimos de temperatura y salinidad durante este estudio, la frecuencia en que estos valores (expresados como

intervalos) ocurren en las estaciones de muestreo (barras en el gráfico), y el valor estimado de quoting (razón entre la frecuencia de ocurrencia de huevos y larvas en muestras colectadas a cada temperatura y salinidad y la frecuencia de esas variables en el medio; líneas de colores) (Figura 66). Una primera inspección revela que los valores de temperatura más frecuentes en la zona estuvieron entre 11,5 y 14,2 ºC, y que las salinidades más frecuentes en superficie estuvieron entre 29 y 33 psu. No se pudo realizar el análisis de quoting en huevos de merluza de cola por la baja frecuencia de estaciones positivas.

Huevos de merluza austral ocurrieron en superficie en todo ese rango de temperatura y sus mayores frecuencias fueron en agua con temperaturas entre 13,5 y 14,5ºC (Figura 66). En términos de salinidad, en cambio, las mayores frecuencias de huevos ocurrieron en salinidades menos frecuentes, entre 18 y 25 psu, razón por la cual los valores de quoting de salinidad en superficie fueron los únicos significativos indicando cierto nivel de selección (Tablas 26 y 27). Al usar la data de temperatura de 25 m, se observa un rango más estrecho de temperaturas y salinidades en el medio. Además, se observa que la mayor frecuencia de huevos de merluza austral habría ocurrido a temperaturas más bajas (cercanas a 11 ºC) y en salinidades más altas (entre 32,3 y 32,6 psu).

Los huevos de merluza común ocurrieron en un rango de temperaturas levemente superior a los de meluza austral, pero presentándose en mayor frecuencia en un rango más amplio (12,7 a 14,56 ºC) y salinidades levemente inferiores (18-22 psu) (Figura 66). Al utilizar la data de 25 m de profundidad, los valores de mayor frecuencia de presencia de huevos fueron similares entre ambas especies. Al igual que en merluza austral, los únicos valores significativos de selección evidenciados por el análisis de quoting ocurrieron en salinidad en superficie (Tablas 26 y 27).

Indicadores ictioplanctónicos relevantes para el reclutamiento

A. Tamaño promedio de huevos y de gota oleosa por zona

Históricamente se ha reportado una relación positiva entre el tamaño de los huevos y el tamaño de las larvas al eclosionar. Paralelamente, se señala que las larvas más grandes al eclosionar tendrían mayor capacidad de movimiento, mayor tamaño de saco vitelino y, en general, mayor posibilidad de sobrevivencia comparada con las larvas de menor tamaño.

Adicionalmente, se ha señalado que en algunas especies, el tamaño de la gota oleosa podría ser también un determinante de las probabilidades de sobrevivencia en peces. Finalmente, se ha reportado que el tamaño de los huevos podría tener relación con el tamaño de las hembras adultas y de este modo, ser indicadores cambios de talla en los reproductores entre diferentes zonas. En merluza austral, por ejemplo, se ha observado que huevos colectados desde el plancton en aguas exteriores de la X Región serían de mayor tamaño que huevos de aguas interiores y esto coincidiría con las diferencias en talla de las hembras desvoantes fuera y dentro de los canales y fiordos.

El rango promedio de tamaños (diámetro) de los huevos de merluza austral fue entre 1,09 y 1,20 mm (Tabla 28), observándose diferencias entre sectores (Tabla 29). El mayor diámetro correspondió a un reducido número de huevos colectados en el Golfo de Corcovado (Figura 67). Se encontró diferencias en el diámetro de las gotas oleosas entre sectores, concordando con los mayores tamaños de huevos del Golfo de Corcovado (Tablas 28 y 29) (Figura 68).

Los huevos de merluza de cola fueron más grandes que los de merluza austral (Tabla 28) con un rango entre 1,52 y 1,87 mm. Se encontró diferencias en los diámetros entre sectores, pero no se observó una tendencia de cambio en los diámetros de los huevos ni en el diámetro de la gota oleosa (Tablas 28 y 29) desde la zona más interior (F. Reloncaví) a la más exterior (G. Corcovado) (Figura 67 y 68).

El rango de tamaños de los huevos de merluza común varió entre los 1,10 y 1,18 mm de diámetro (Tabla 28). No se encontró diferencias en el diámetro de huevos entre sectores ni tampoco se observó una tendencia de cambio de tamaños desde zonas interiores a exteriores. Los promedios de los diámetros de la gota oleosa (Tabla 29) tampoco mostraron una tendencia definida (Figuras 67 y 68).

B. Frecuencia (%) de estaciones positivas con huevos y larvas durante el crucero e interanualmente

En esta sección se presenta una pequeña serie de tiempo de 5 años con datos de ictioplancton obtenida en el presente estudio, en cruceros CIMAR Fiordos y FIP de prospección acústica. Todos los muestreos se realizaron en la misma estación del año (primavera) y en la misma zona a lo largo de la transecta norte-sur, desde el año 2010 al

2014. En todos estos cruceros se usó el mismo tipo de red de plancton (Tucker Trawl de 1 x 1 m de área de boca y 300 um trama de red). El número de estaciones muestreadas cada año varió entre 6 y 18 (Tablas 30 y 31).

Las frecuencias de estaciones positivas de huevos de merluza austral variaron entre 17% y 75%, en meluza de cola entre 0 y 83%, y en merluza común entre 17 y 89%. Las frecuencias de estaciones con presencia de huevos (positivas) fueron normalmente mayores en merluza común, seguidos de merluza austral y finalmente merluza de cola (Tabla 30) (Figura 69). La frecuencia de estaciones con larvas sigue la misma tendencia, excepto en el año 2011 cuando las larvas de merluza de cola fueron más abundantes que las de las otras dos especies (Tabla 31). Al respecto, es interesante destacar que, a diferencia de merluza austral y merluza común, en merluza de cola la frecuencia de estaciones positivas con larvas siempre fue mayor que la frecuencia de estaciones con huevos (Figura 69).

C. Abundancia (%) de huevos y de larvas durante el crucero e interanualmente

A lo largo de la transecta, las densidades promedio de huevos fueron diferente entre especies, observándose en general, muy bajos valores en merluza de cola (Tabla 30). Los rangos en las densidades promedios de huevos fueron semejantes entre merluza austral (5 - 349 h/1000 m^3) y común (3 – 474 h/1000m3) y, en general, las variaciones interanuales fueron parecidas excepto el 2011 en que los huevos de merluza común fueron dominantes (Figura 70). En larvas, sin embargo, la tendencia inter-anual fue diferente: mientras las larvas de merluza común aumentaron progresivamente desde el 2010 al 2011, los valores de abundancia de larvas de merluza austral se mantuvieron bajos durante todo el periodo (Figura 70; Tabla 31).

D. Razón abundancia de huevos/abundancia de larvas durante el crucero e interanualmente

La serie de tiempo con las razones entre la abundancia promedio de huevos y larvas muestra diferencias entre especies (Figura 71). En merluza austral la razón fue >1 en todos los años (Tablas 30 y 31) esto es más huevos que larvas, indicando desove reciente. En merluza común solo se observó una mayor abundancia de huevos (razón >1) en el primer año de la serie, lo que sugiere desove previo al periodo de muestreo. En merluza de cola los

valores fueron fluctuantes. Sin embargo, las bajas abundancias de huevos y larvas registrados en los cinco años impiden alcanzar conclusiones robustas respecto a la estacionalidad reproductiva.

4.3.3.5. Discusión

Las tres especies de merluza presentaron huevos y larvas durante el crucero, lo que indica que la zona elegida para el estudio corresponde efectivamente a una zona reproductiva durante primavera. Esto confirma el análisis histórico presentado en el informe de avance de este proyecto a partir de literatura especializada para las especies y zonas en estudio (Balbontín & Bernal 2003, Balbontín 2006, Landaeta & Castro 2006, Bustos *et al*. 2007, Castro *et al*., 2006, 2007, 2008, 2011; Landaeta *et al*., 2009; ver revisión en Neira *et al.,* 2012). Las abundancias encontradas de huevos y larvas están dentro de los valores previamente encontrados para esas especies en esa zona (Tabla 31). Las distribuciones de huevos y larvas observadas coinciden con trabajos anteriores en cuanto en que en la zona norte del sector de aguas interiores de la X región contendrían mayores abundancias de ictioplancton (por ejemplo, cruceros CIMAR Fiordos que han muestreado la misma transecta norte-sur). Sin embargo, el muestreo realizado en este proyecto es poco comparable espacialmente con la mayoría de otros estudios (excepto CIMAR 1 en el año 1995) ya que la grilla de nuestro crucero es un caso extraordinario por su alta densidad de estaciones durante primavera. Durante el crucero CIMAR 1, se colectó huevos de merluza austral y merluza de cola en todos los sectores muestreados en nuestro estudio. Sin embargo, las abundancias fueron mayores a las reportadas en este estudio. Los cruceros CIMAR posteriores (Tabla 31) reportaron las abundancias comparables a las encontradas por nosotros.

Los resultados de distribución horizontal y vertical de huevos y larvas, así como los cambios en estructura de tallas larvales entre sectores observados en el presente estudio, sugieren un patrón de dispersión primero en huevos y luego en larvas de merluza austral desde los sectores ubicados más al norte (Fiordo y Seno del Reloncaví) hacia el Golfo de Ancud y Canal Desertores dentro la zona norte de aguas interiores de la X región. Los

cambios en distribución horizontal estarían también siendo acompañados por cambios en distribución vertical, desde una mayor fracción de huevos en los estratos someros en el Fiordo y Seno del Reloncaví hacia una distribución más profunda hacia el sur. Aparejado a estos cambios, las condiciones ambientales en que se encuentra el ictioplancton varió desde mayores temperaturas y menores salinidades en superficie en el área norte, hacia aguas más saladas, de menor temperatura y más profundas hacia el sur. Este patrón aparentemente claro en el sector norte es, sin embargo, menos claro en el sector sur debido a que en las cercanías de las Islas Desertores también se encontró altas abundancias de huevos de esta especie en un rango amplio de profundidades. Un cambio en distribuciones norte-sur semejante podría estar ocurriendo con merluza de cola (a juzgar por la distribución de las larvas que se ubicaron solo en el sector sur). Sin embargo, el bajo número de estaciones positivas en toda la zona no permite conclusiones robustas sobre posibles desplazamientos en esta especie.

En merluza común se observó altas abundancias de huevos y larva en el sector norte, y sólo se observó una disminución en el número de huevos y larvas desde el Fiordo del Reloncaví al Golfo de Ancud. Sin embargo no se registró aumento de tallas larvales hacia el sur, lo que sugiere que el ictioplancton de esta especie estaría siendo más eficientemente retenido en el sector norte.

Los análisis de tamaño (diámetro) de huevo y gota oleosa permitieron establecer que los valores obtenidos en el presente estudio estuvieron en el límite superior de los valores reportados para merluza austral, en el rango inferior de los valores reportados para merluza de cola y dentro del rango de los reportados para merluza común. Los diámetros reportados en literatura para cada una de las especies son: Merluza austral: diámetro = 0.90 - 1.12 mm y gota oleosa = 0.19 - 0.27 mm (Bustos *et al*., 2005); merluza de cola: diámetro = 1.3 mm y gota oleosa = 0.25 - 0.30 mm; Merluza común: diámetro = 0.98 - 1.23 mm y gota oleosa = 0.21 - 0.30 mm (Fisher, 1959; Santander & de Castillo, 1969). Ecológicamente, los resultados son interesantes por cuanto indican que hubo diferencias en los diámetros de huevo y gota oleosa de merluza austral (y merluza de cola) entre sectores. Esto es importante por cuanto se había observado previamente que los huevos presentes en aguas exteriores presentaban valores mayores a los colectados en el plancton en aguas interiores. En el presente estudio los huevos colectados en el Gofo del Corcovado presentaron mayor

diámetro, concordando con la proposición original de un aumento en tamaño de huevos hacia aguas exteriores donde ocurrirían hembras de mayor tamaño (Lillo *et al*., 2009).

Los índices de ictioplancton basados en frecuencia de estaciones positivas y abundancias de huevos y larvas de las especies objetivo, arrojaron los siguientes resultados de interés: i) las variaciones en las frecuencias de estaciones positivas fueron concordantes en dos especies, ii) las variaciones en frecuencia de estaciones positivas y abundancia fueron concordantes en merluza austral, y iii) a diferencia de merluza austral y merluza común, en merluza de cola siempre la frecuencia de estaciones positivas con larvas fue mayor que la frecuencia de estaciones con huevos. Por otro lado, iv) las variaciones en abundancias de huevos de merluza austral y de merluza común (excepto el 2011) siguieron un patrón inter-anual semejante. Sin embargo en las larvas la tendencia inter-anual fue diferente, ya que v) mientras las larvas de merluza común aumentaron progresivamente desde el 2010 al 2011, los valores de abundancia de larvas de merluza austral se mantuvieron bajos durante todo el periodo. A modo de síntesis general, existen semejanzas en los cambios ocurridos a nivel de huevos en merluza austral y merluza común, lo que podría sugerir procesos ambientales operando sobre ambas especies en este estado. Sin embargo, existirían diferencias en los patrones de variación de abundancia en las larvas de ambas especies. Estas semejanzas aparentes en la etapa de huevos que luego cambian en el estado larval, podrían relacionarse con los cambios de hábitat detectados entre ambas especies: las larvas de merluza austral se dispersarían hacia el sur mientras que las de merluza común estarían siendo retenidas en el sector norte.

4.3.4.2. Conclusiones

1. Los resultados permiten concluir que que la zona elegida para el estudio piloto es de hecho una zona reproductiva durante la primavera.

2. La abundancia de huevos y larvas fue comparable con estudios previos en la zona del mar interior de Chiloé, mientras que la distribución de los estadíos tempranos de

ambas especies indicó mayores abundancias de huevos y larvas en la zona norte del mar interior de Chiloé.

3. Se observó un patrón que indica dispersión de huevos y luego larvas desde los sectores de la zona norte (Fiordo reloncaví y Seno relocaví) hacia el Golo de Ancud y el Canal Desertores. Este patrón se asocia con mayores temperaturas superficiales y menores salinidades en la zona norte, y con aguas salinas y frías en el sur.

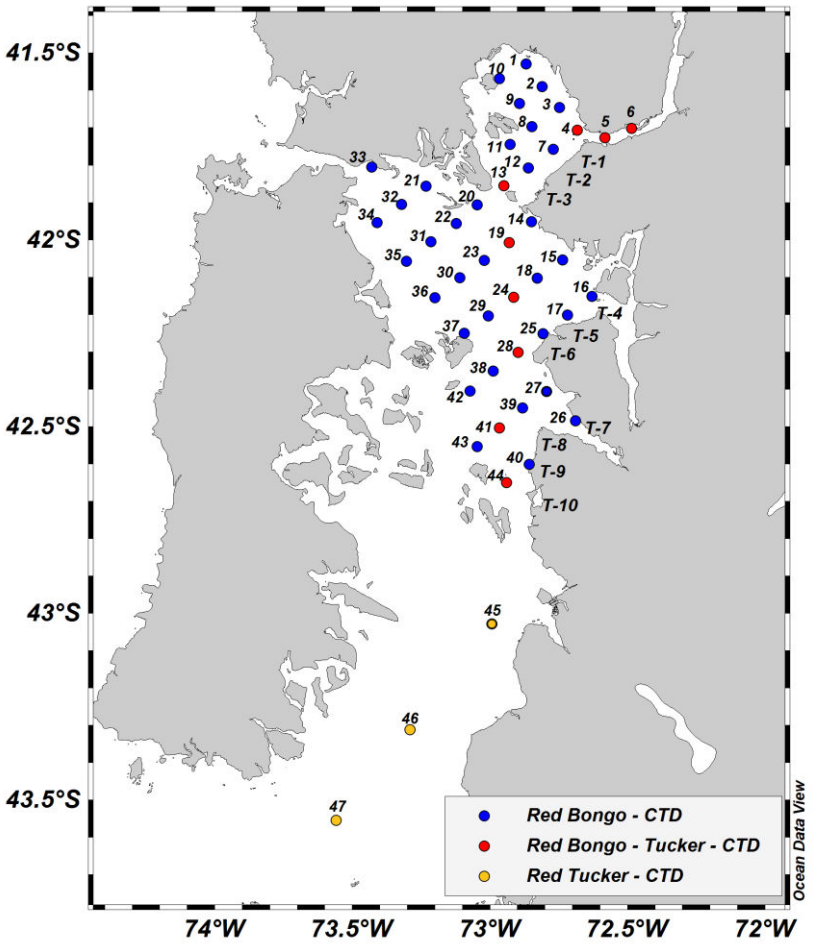


Figura 44. Estaciones bio-oceanográficas (plancton-CTD) efectuadas en la X región durante el crucero de noviembre del 2014 (Círculo azul: Muestreo con red Bongo y CTD; Círculo rojo: Muestreo con red Bongo, Red Tucker y CTD; Círculo amarillo: Muestreo con red Tucker y CTD).

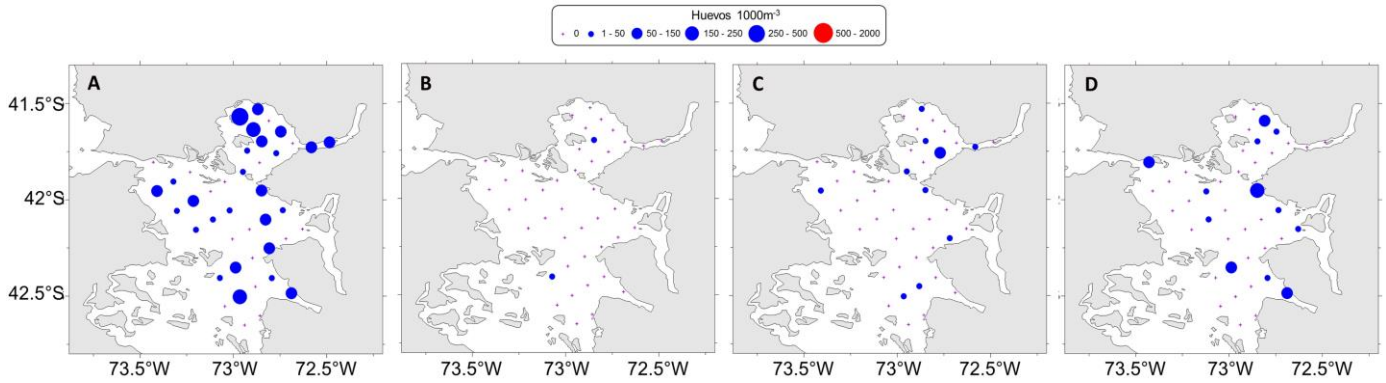


Figura 45. Abundancia de huevos de merluza austral (A), merluza de cola (B), merluza común (C) y merluza sp (D) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Bongo).

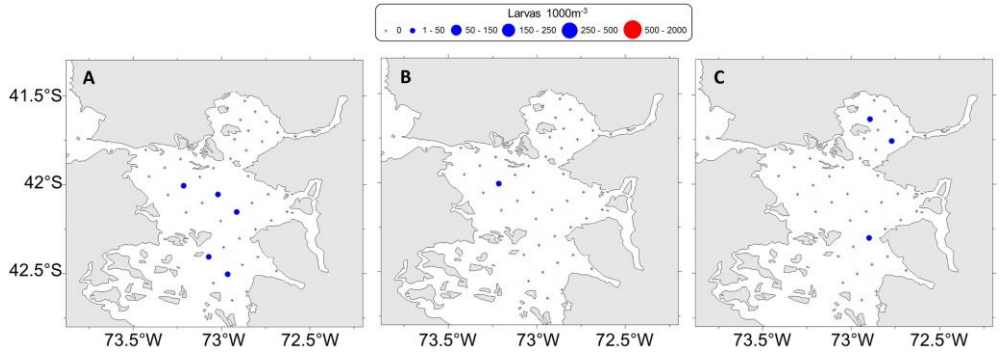


Figura 46. Abundancia de larvas de merluza austral (A) y merluza de cola (B) y merluza común (C) durante el crucero de noviembre 2014 (Red Bongo).

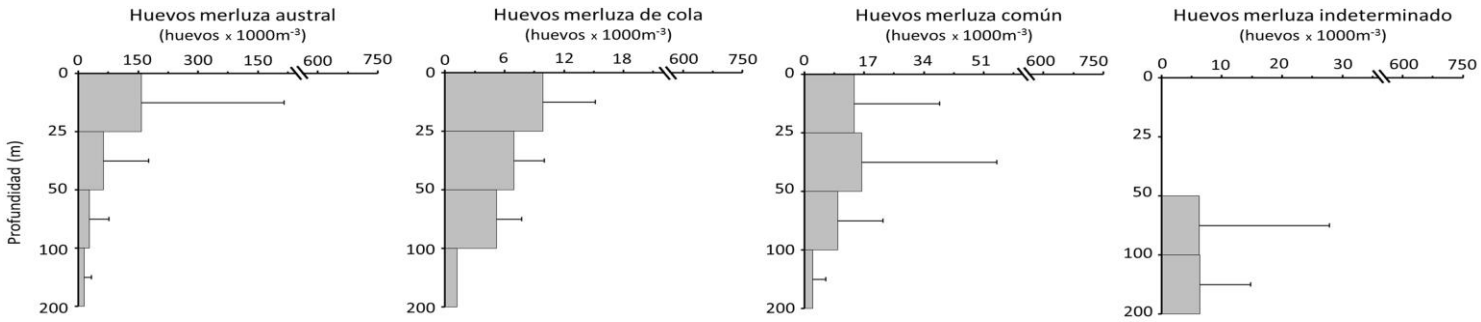


Figura 47. Abundancia promedio de huevos de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp obtenidos del área de estudio. (Red Tucker).

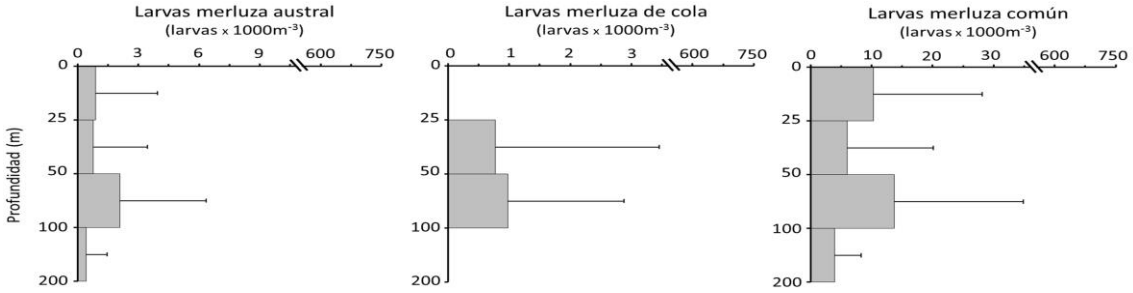


Figura 48. Abundancia promedio de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común obtenidos del área de estudio. (Red Tucker).

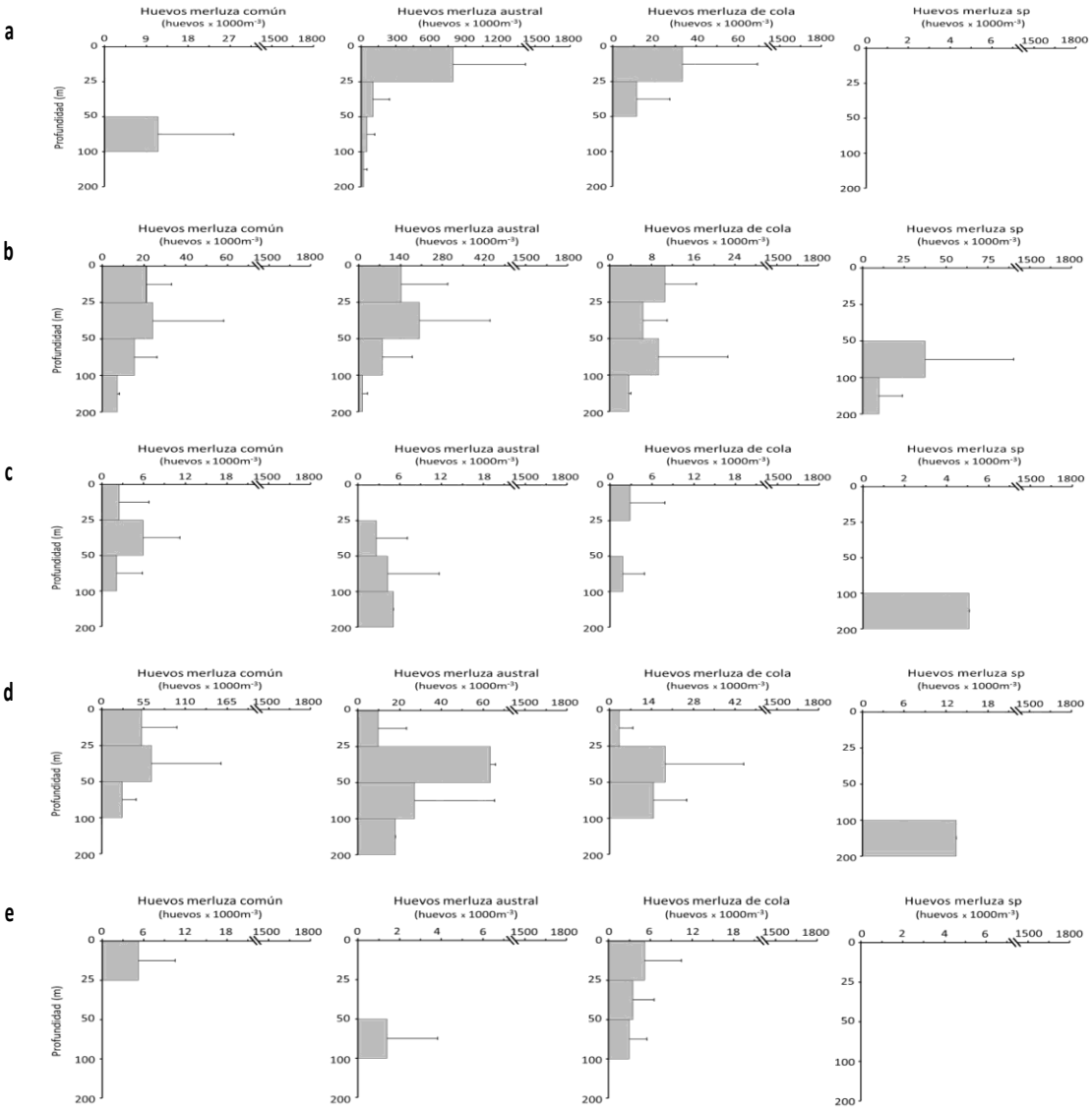


Figura 49. Abundancia promedio de huevos de merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza sp., obtenidos en la zona de a) Fiordo Reloncaví, b) Seno Reloncaví, c) Golfo de Ancud, e) Canal Desertores. (Red Tucker).

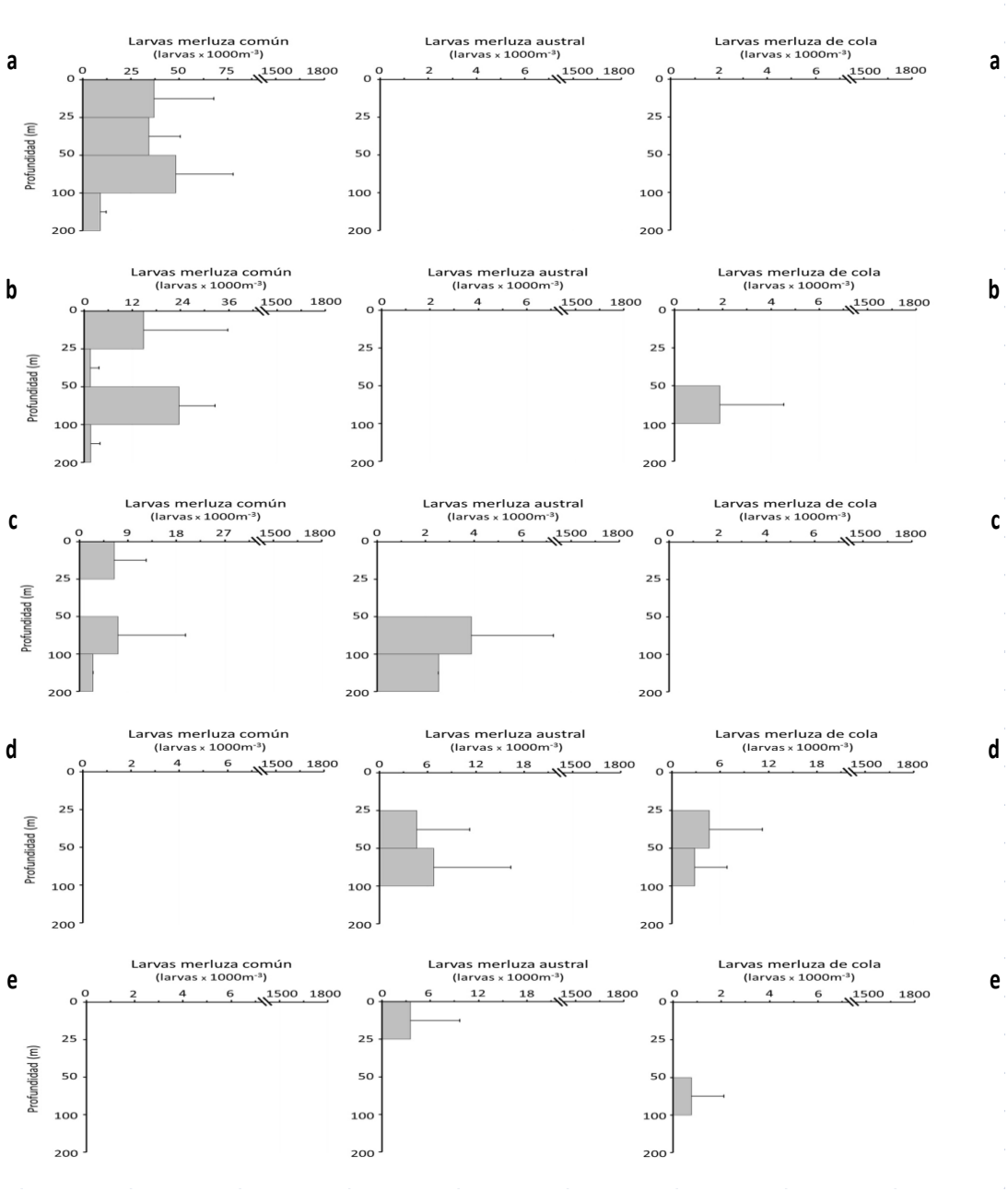


Figura 50. Abundancia promedio de larvas de merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza sp., obtenidos en la zona de a) Fiordo Reloncaví, b) Seno Reloncaví, c) Golfo de Ancud, e) Canal Desertores. (Red Tucker).

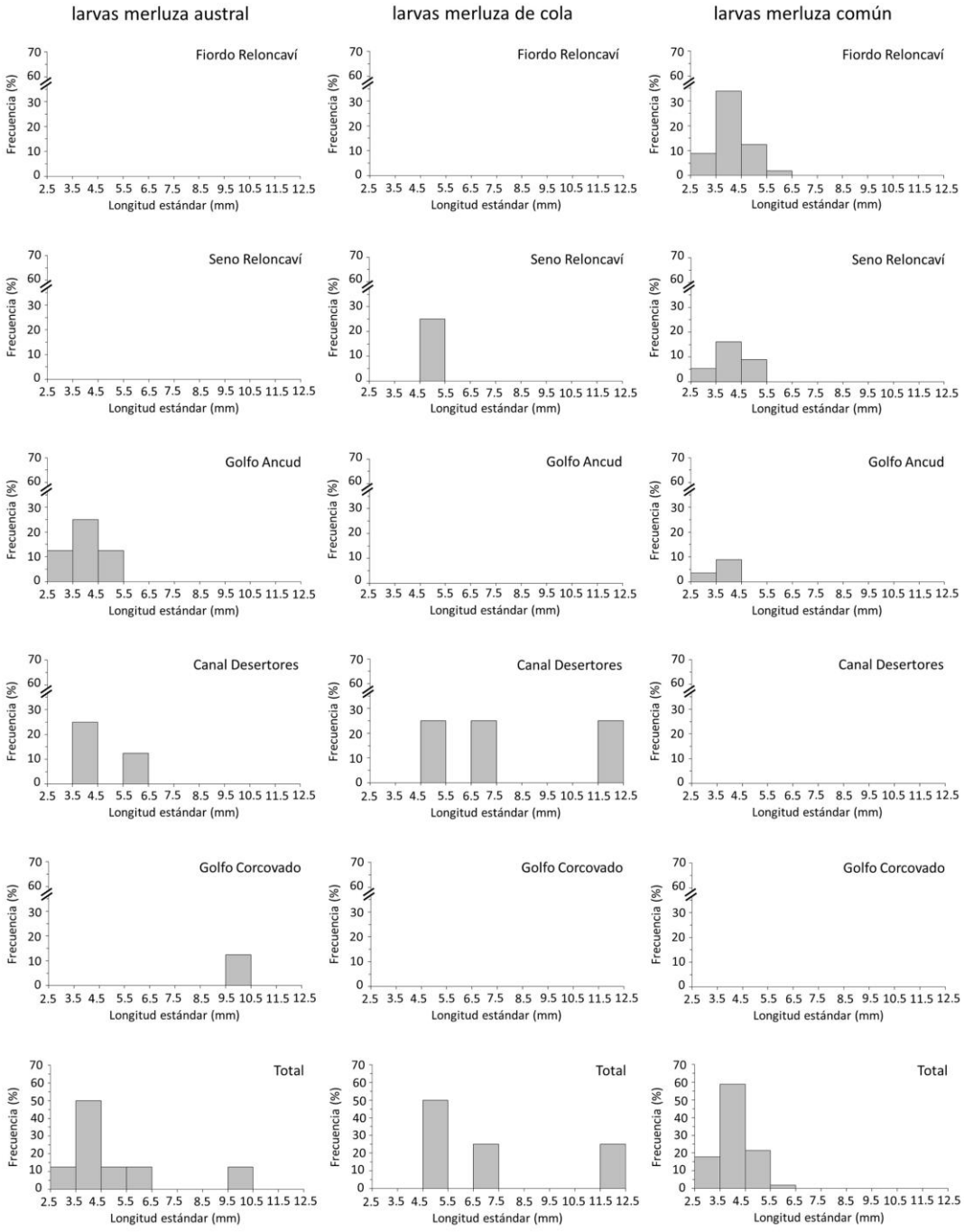


Figura 51. Longitud estándar (mm) de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común en los diferentes sectores (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Canal Desertores, Golfo Corcovado) de la X región. (red Tucker).

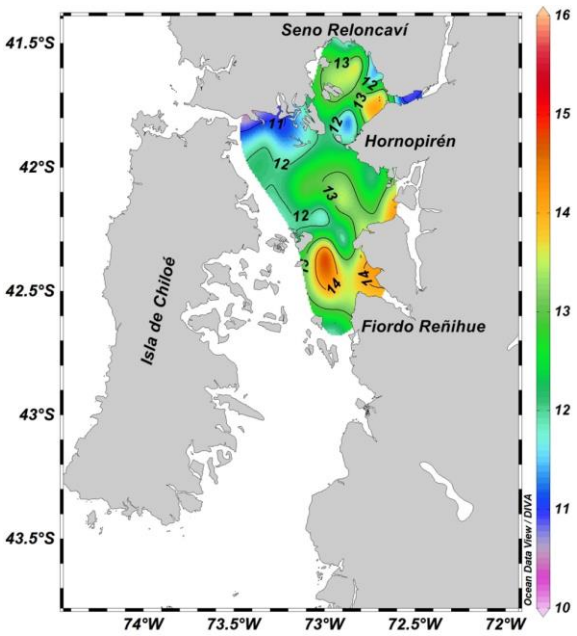


Figura 52. Temperatura superficial del mar (°C) *de balde* en la zona austral de Chile (41°50'S-42°43'S) durante el crucero de ictioplancton (noviembre 2014).

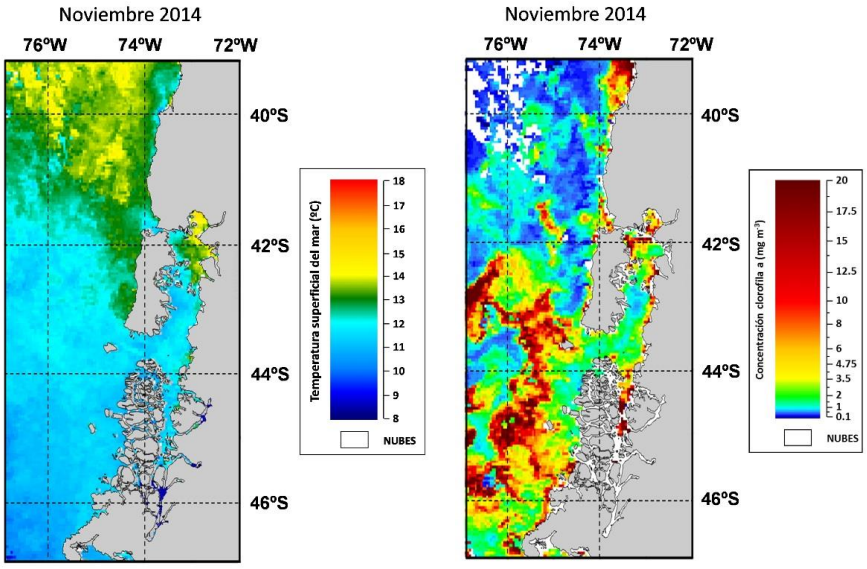


Figura 53. Imagen satelital mensual de temperatura superficial del mar (ºC) y clorofila a, durante el periodo de muestreo, noviembre 2014.

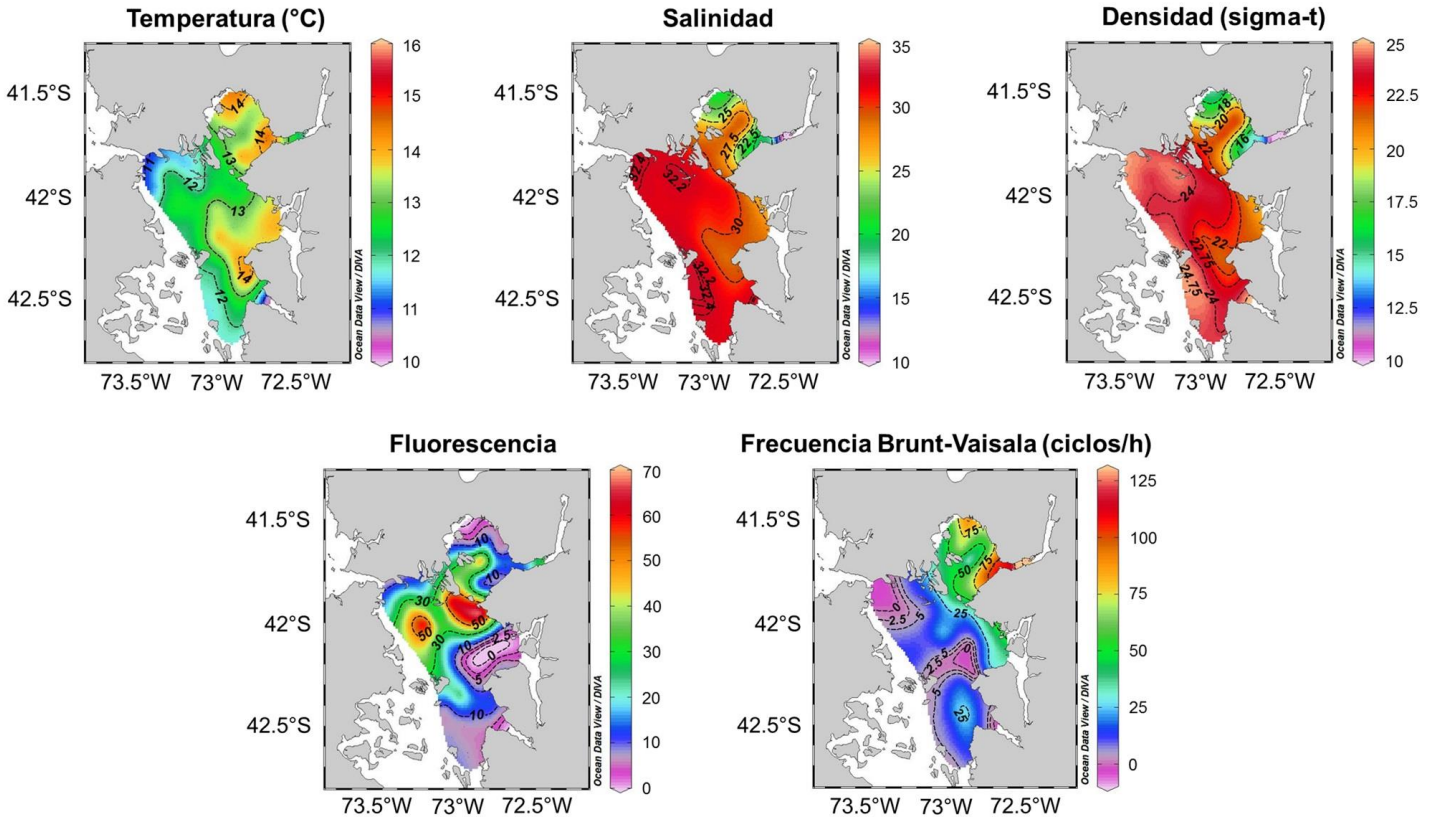


Figura 54. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) en superficie (1m). (red Bongo)

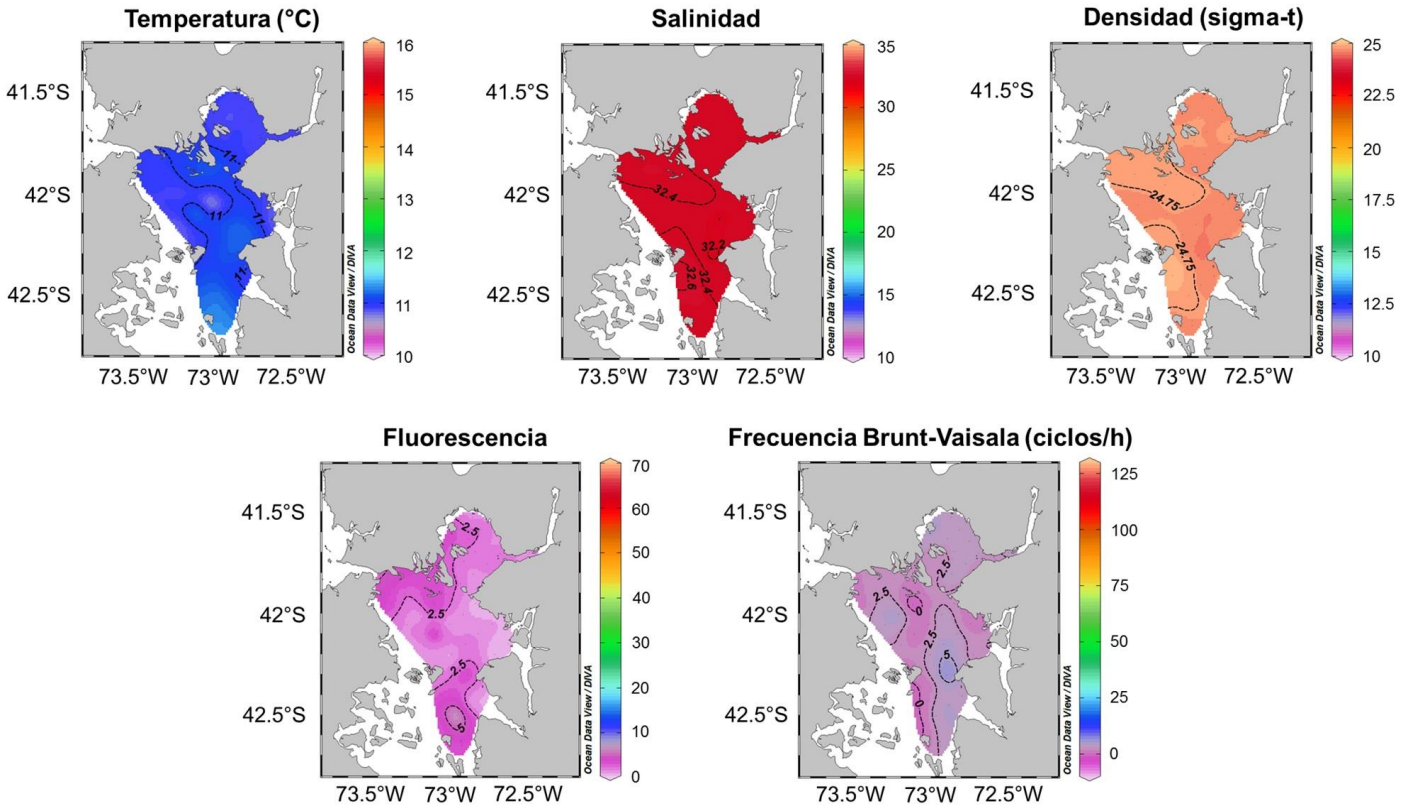


Figura 55. Mapa horizontal de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) a la profundidad de 50 m. (Red Bongo).

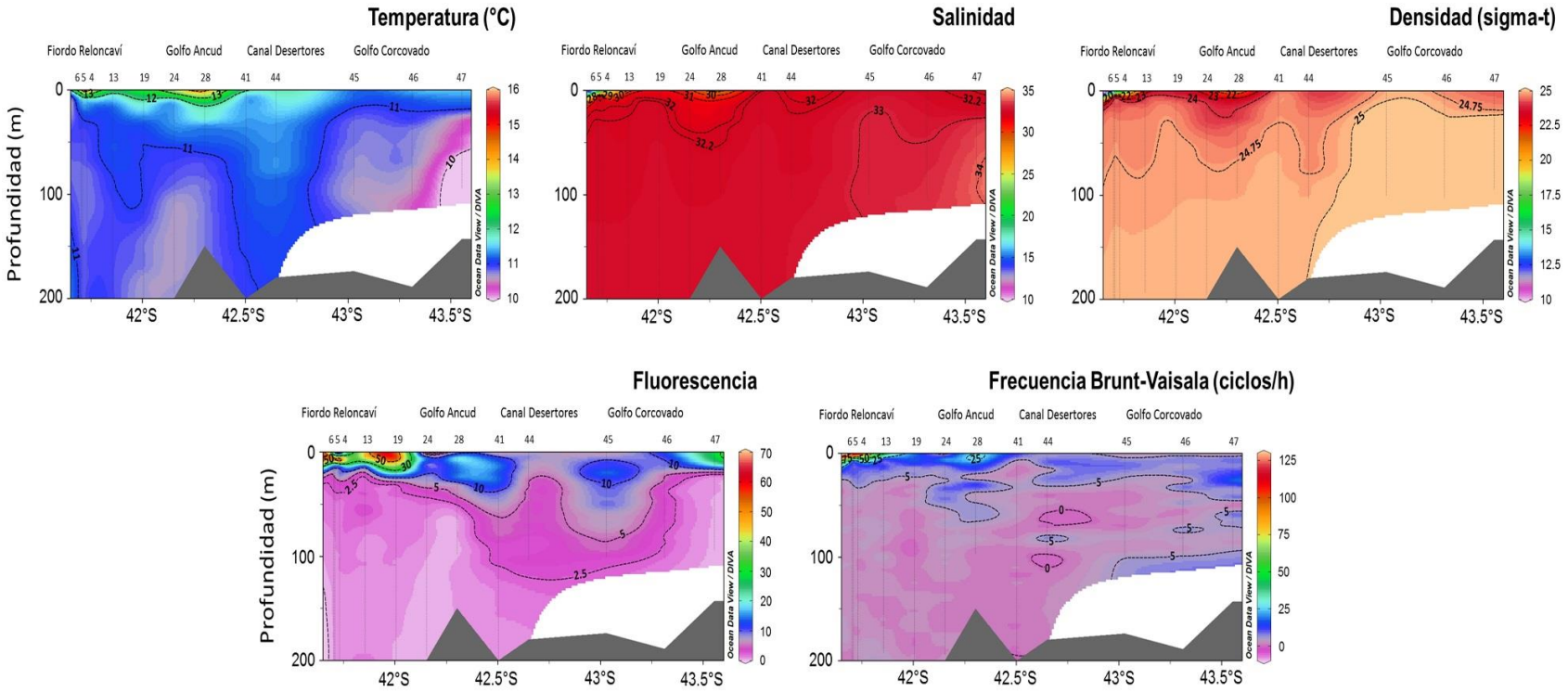


Figura 56. Sección vertical de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (ciclos/hora) en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (Red Tucker).

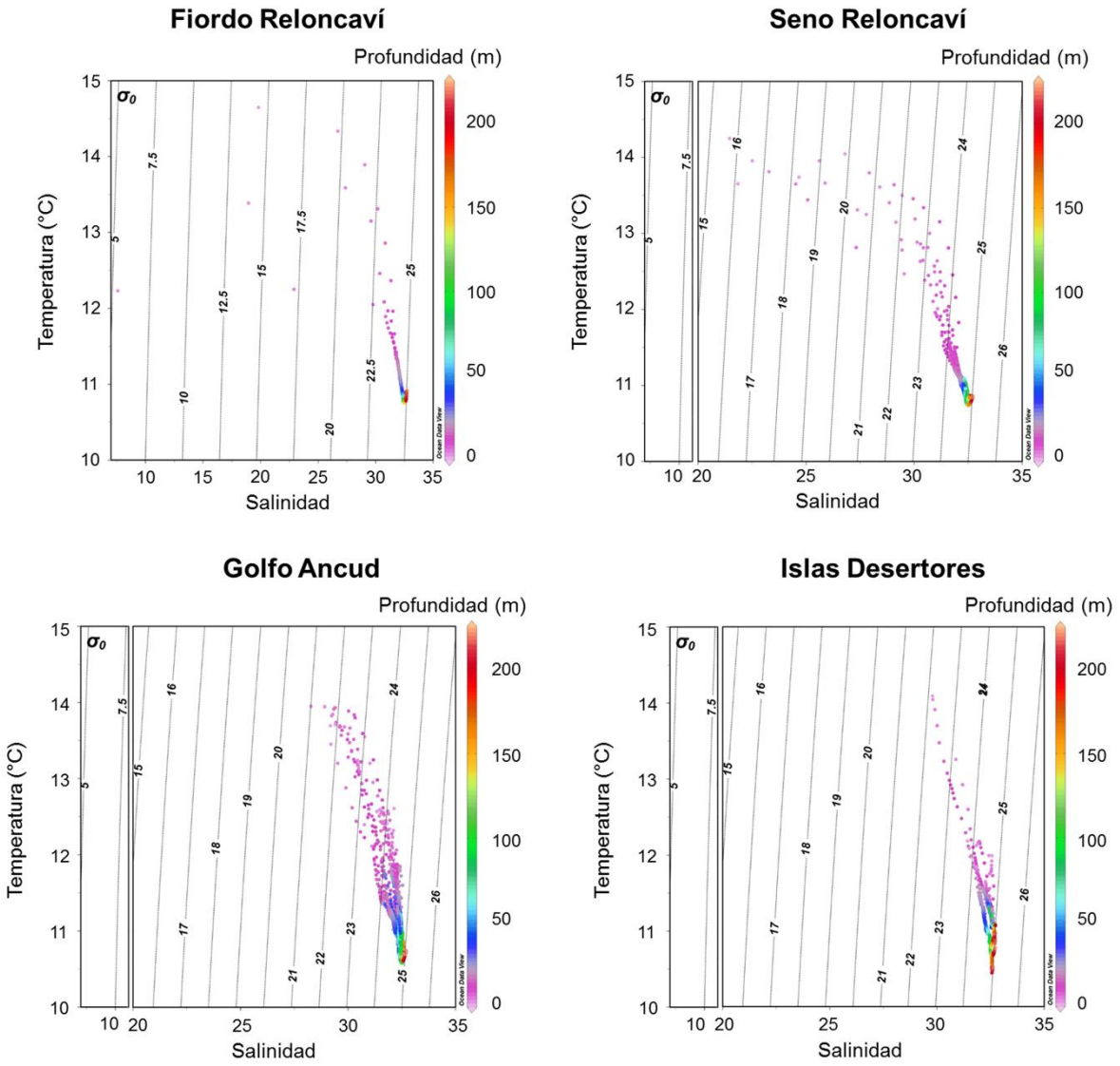


Figura 57. Diagrama T-S de todas las estaciones agrupadas por sector (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Islas Desertores) en primavera 2014

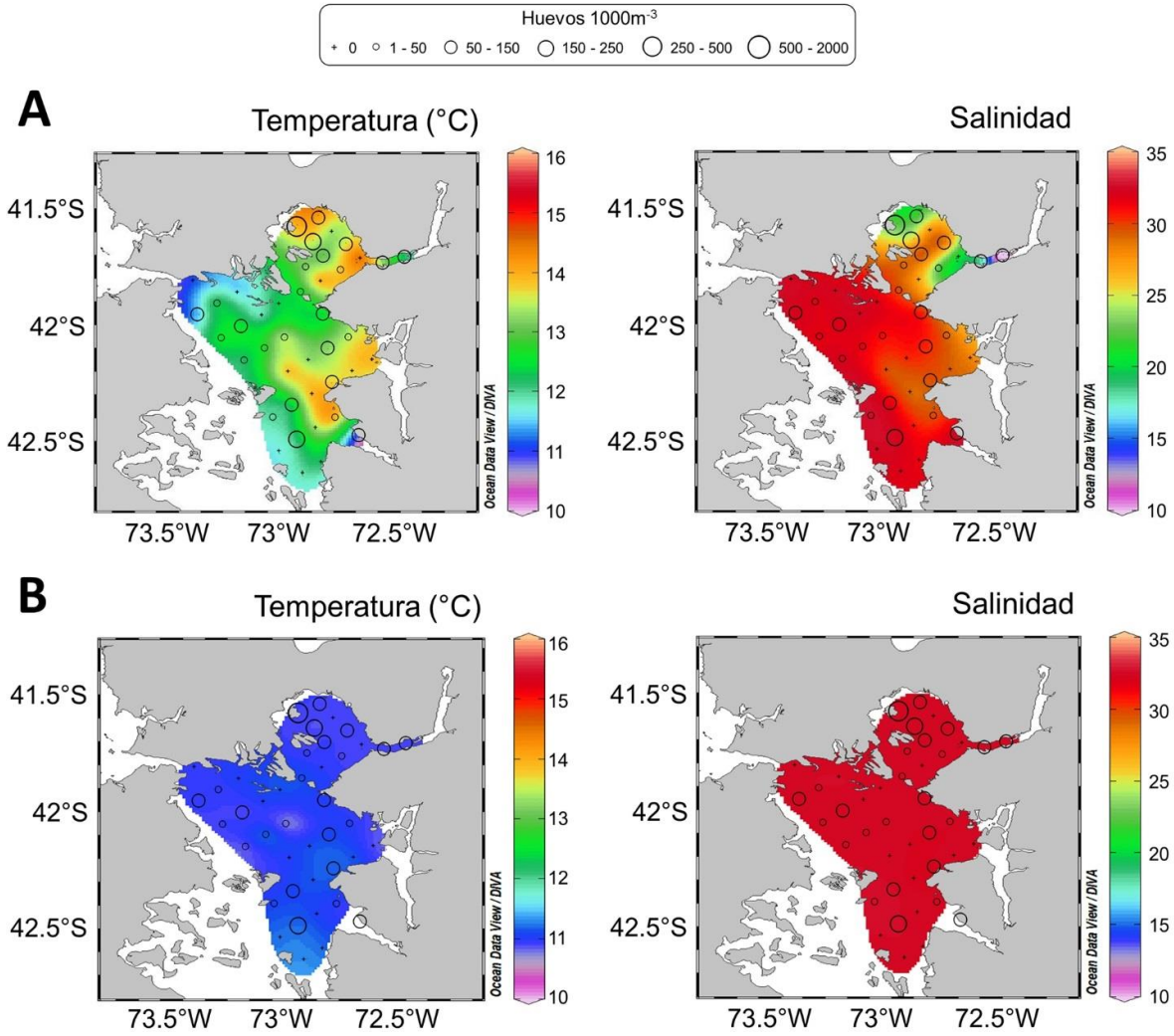


Figura 58. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza austral sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 1 m (A) y 50 m (B) de profundidad (red Bongo).

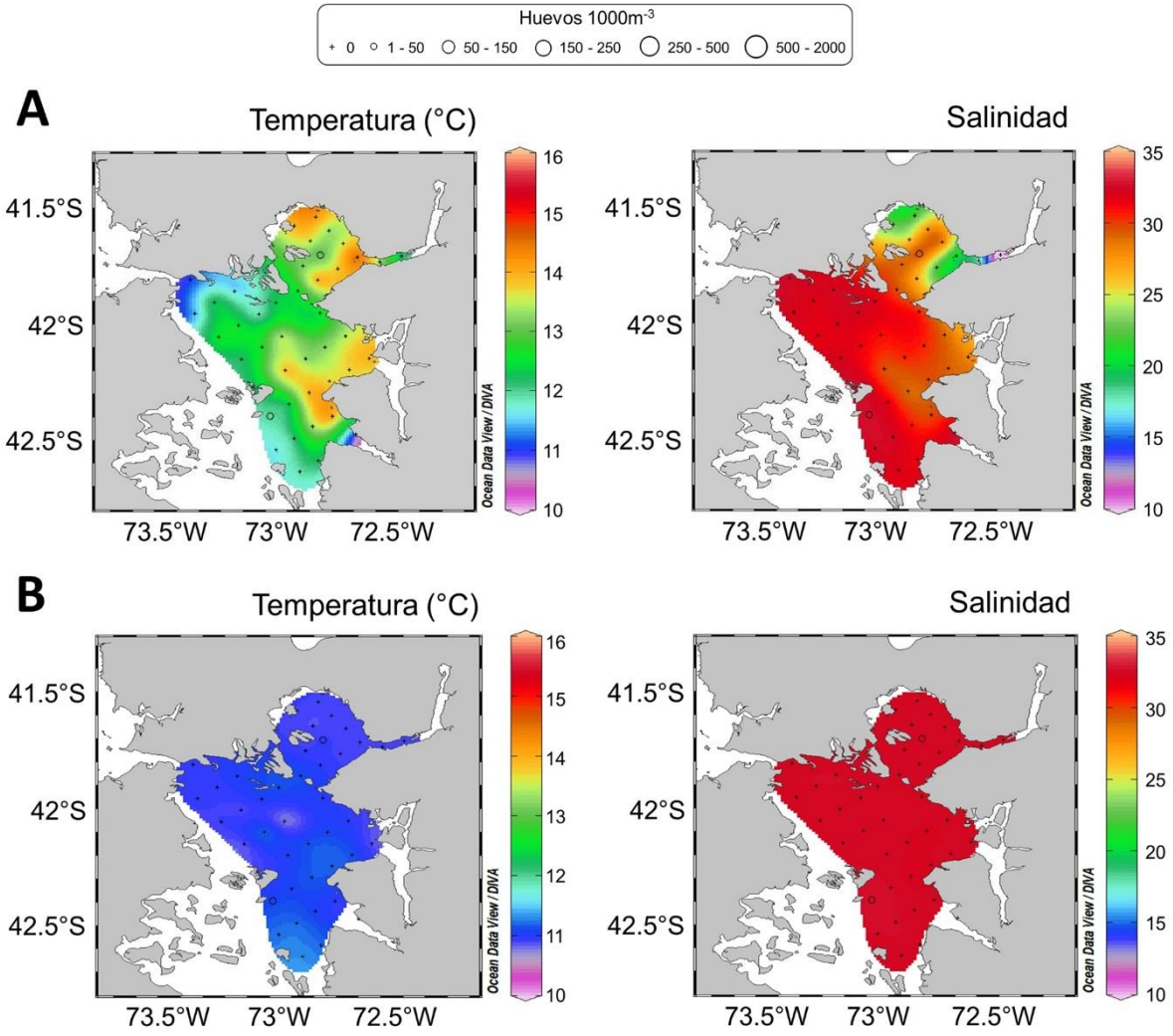


Figura 59. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza de cola sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 1 m (A) y 50 m (B) de profundidad (red Bongo).

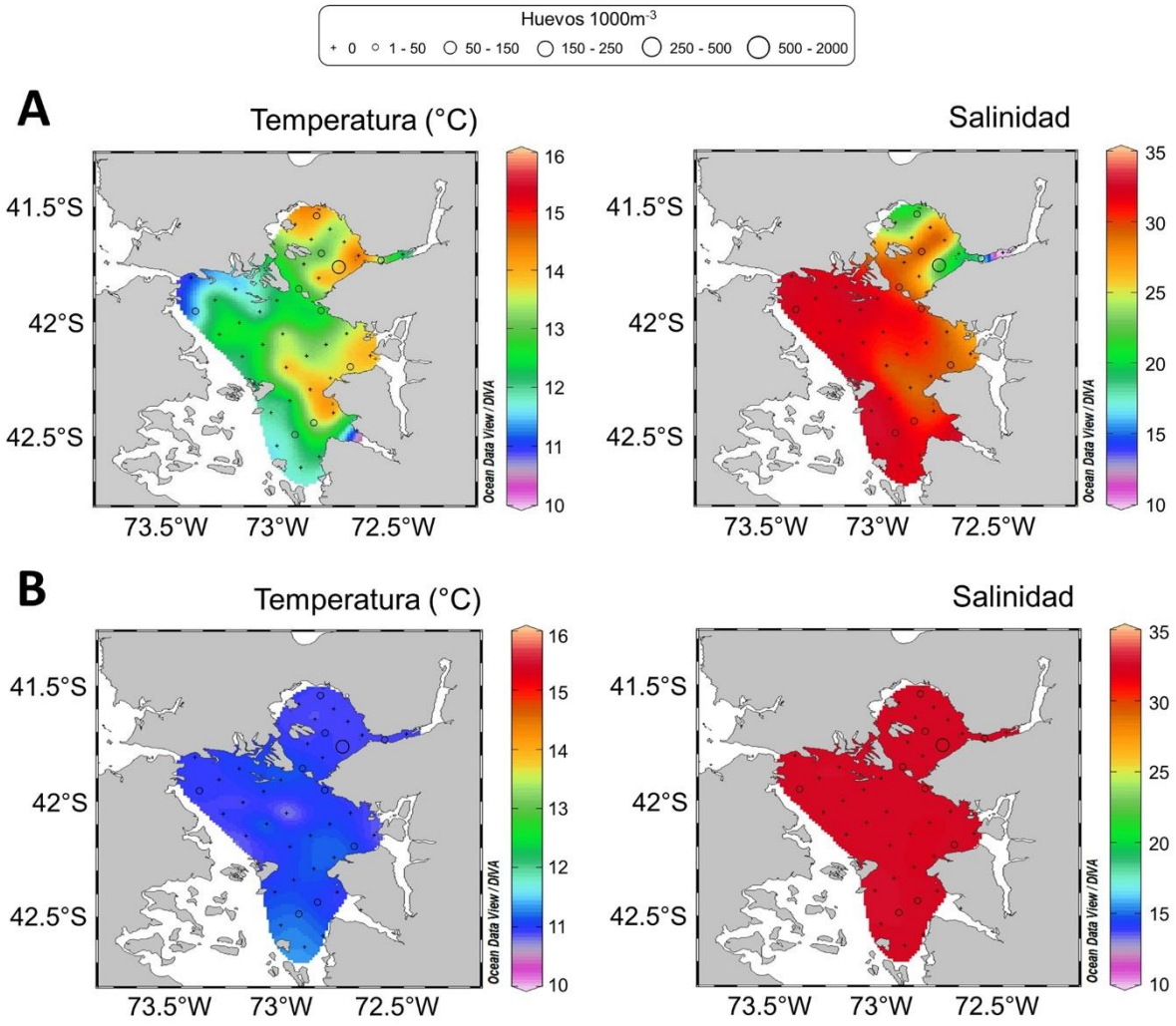


Figura 60. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza común sobre secciones horizontales de temperatura y salinidad a 1 m (A) y 50 m (B) de profundidad (red Bongo).

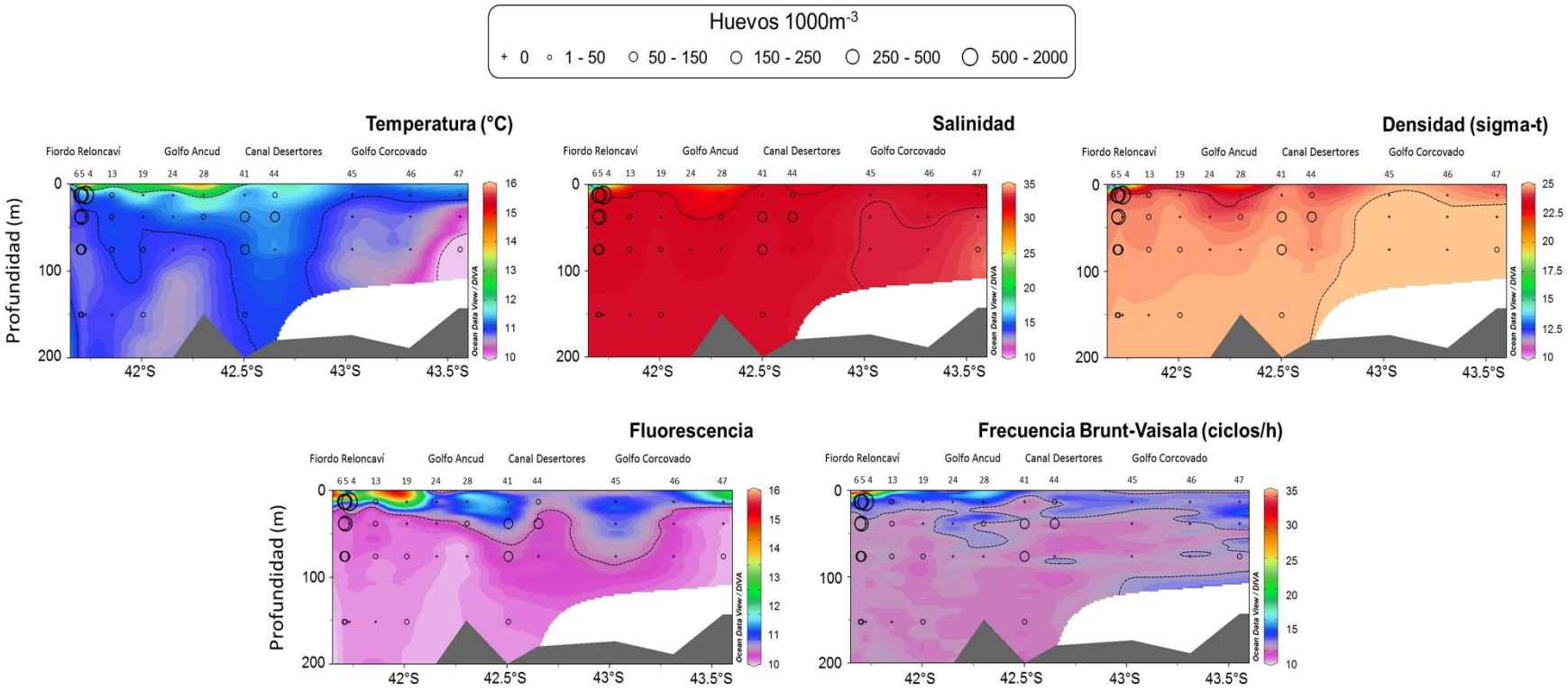


Figura 61. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza austral sobre secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (red Tucker).

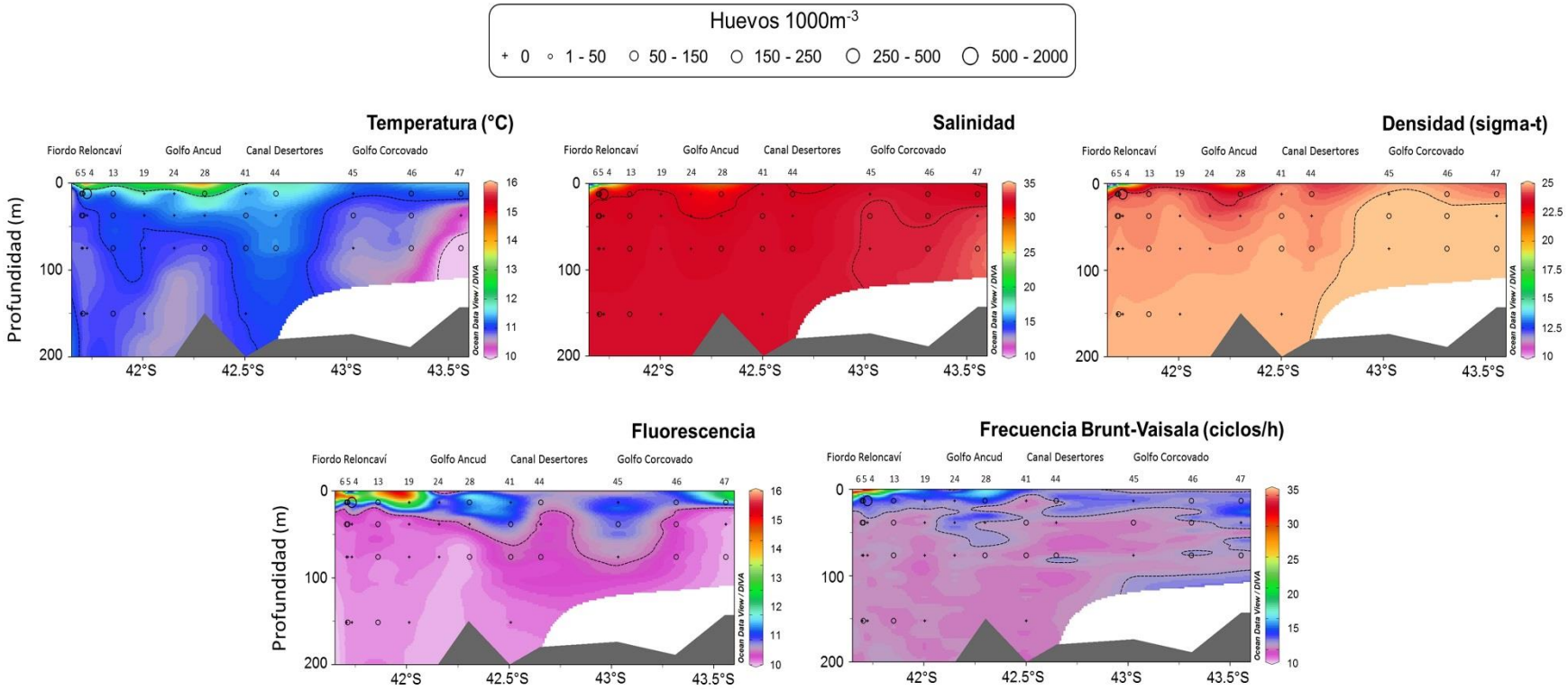


Figura 62. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza de cola sobre secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (red Tucker).

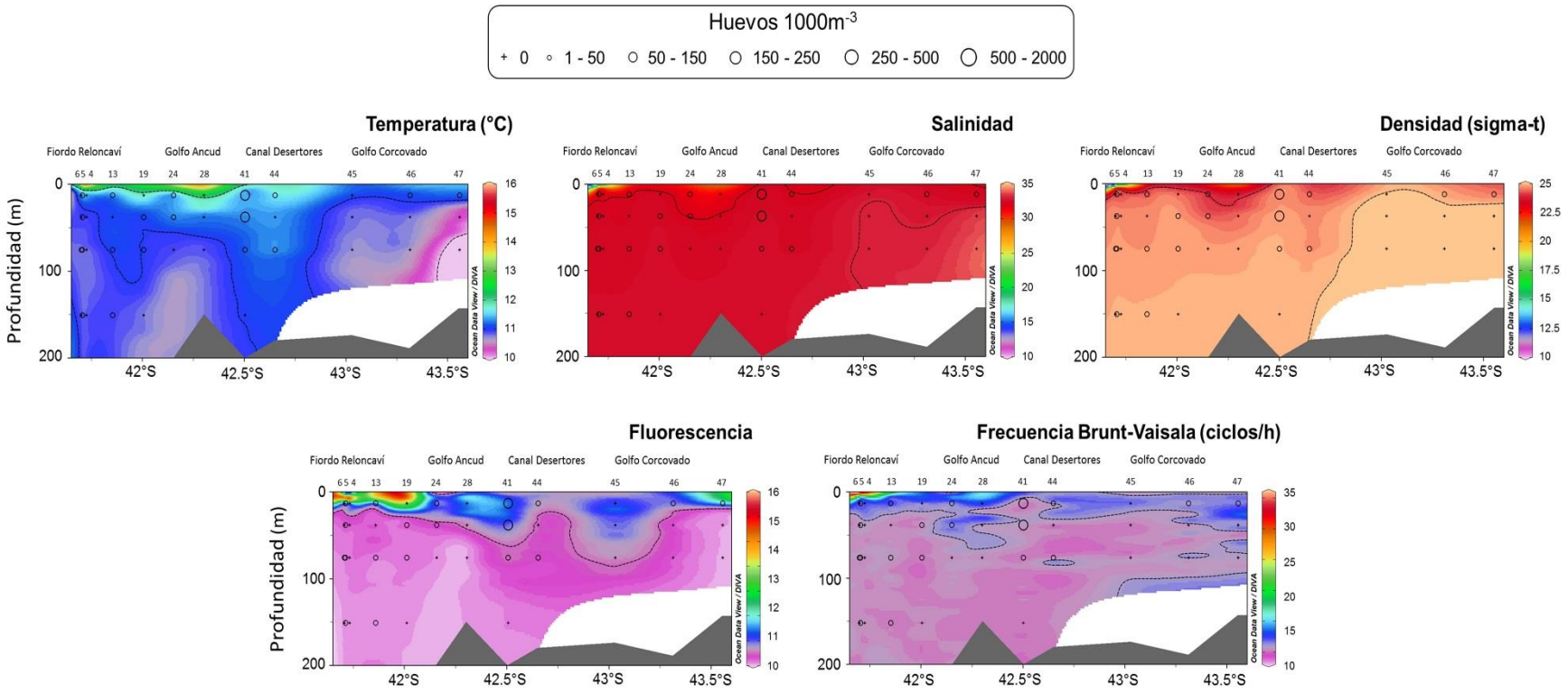


Figura 63. Sobreposición de abundancia de huevos de merluza común sobre secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia Brunt-Vaisala en la transecta Fiordo Reloncaví a Golfo Corcovado (red Tucker).

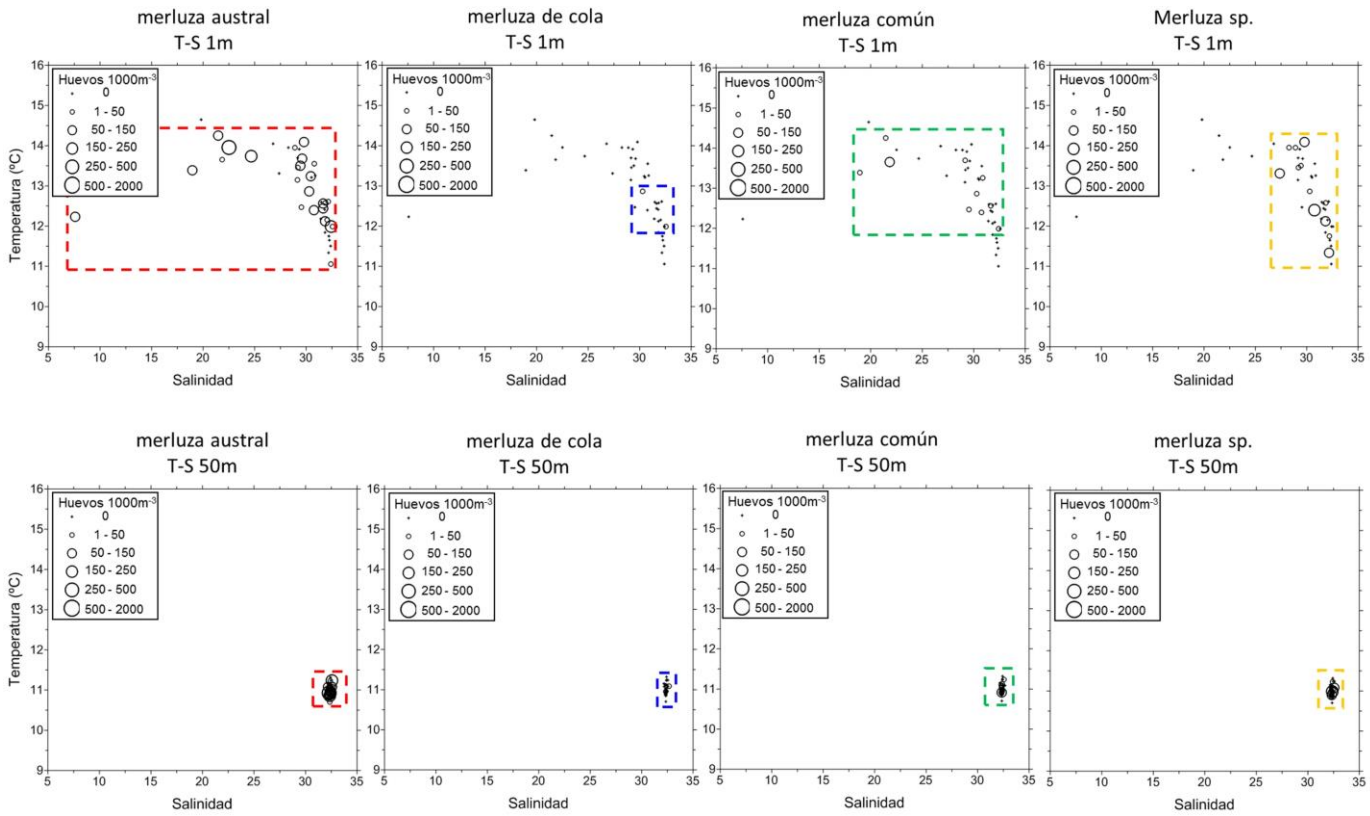


Figura 64. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1m y 50m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de huevos de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza spp.

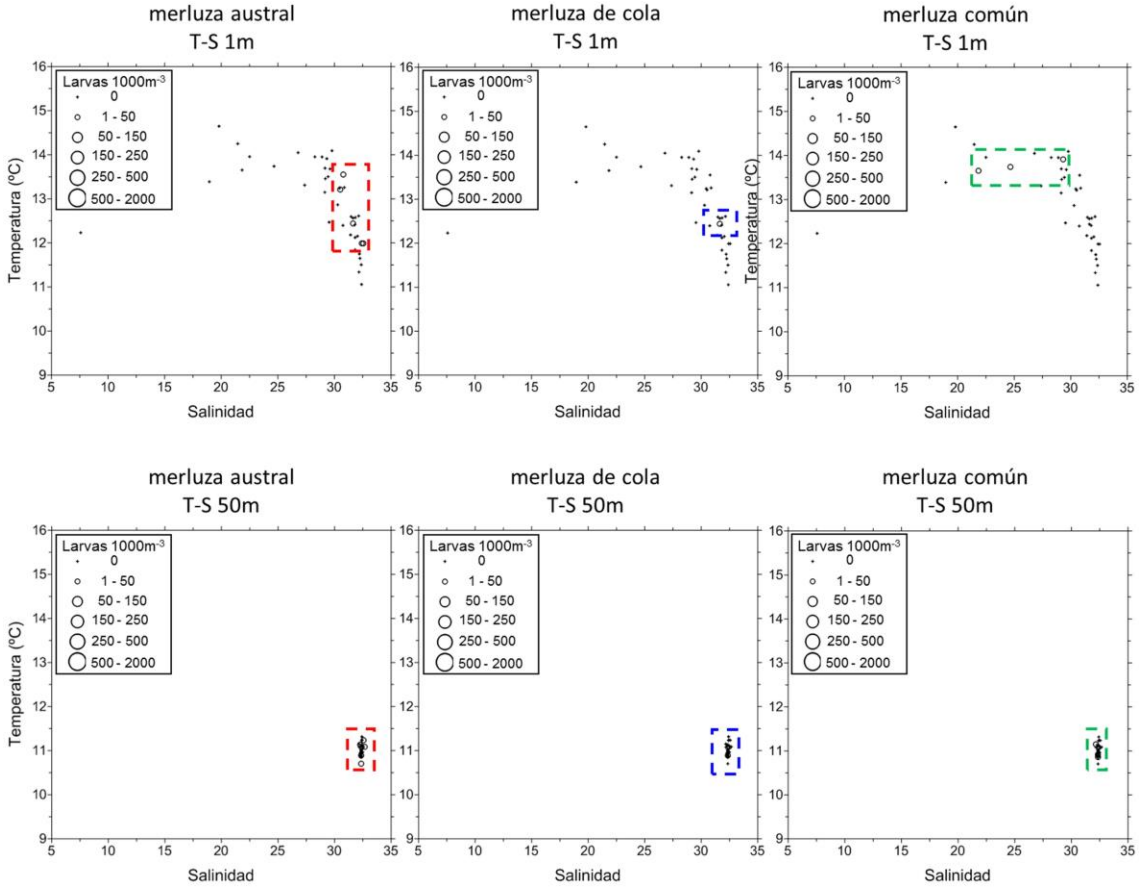


Figura 65. Diagramas en que la data del 2014 de temperatura y salinidad a 1m y 50m de profundidad de cada estación, se sobrepuso una representación escalada de la abundancia por estación de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común.

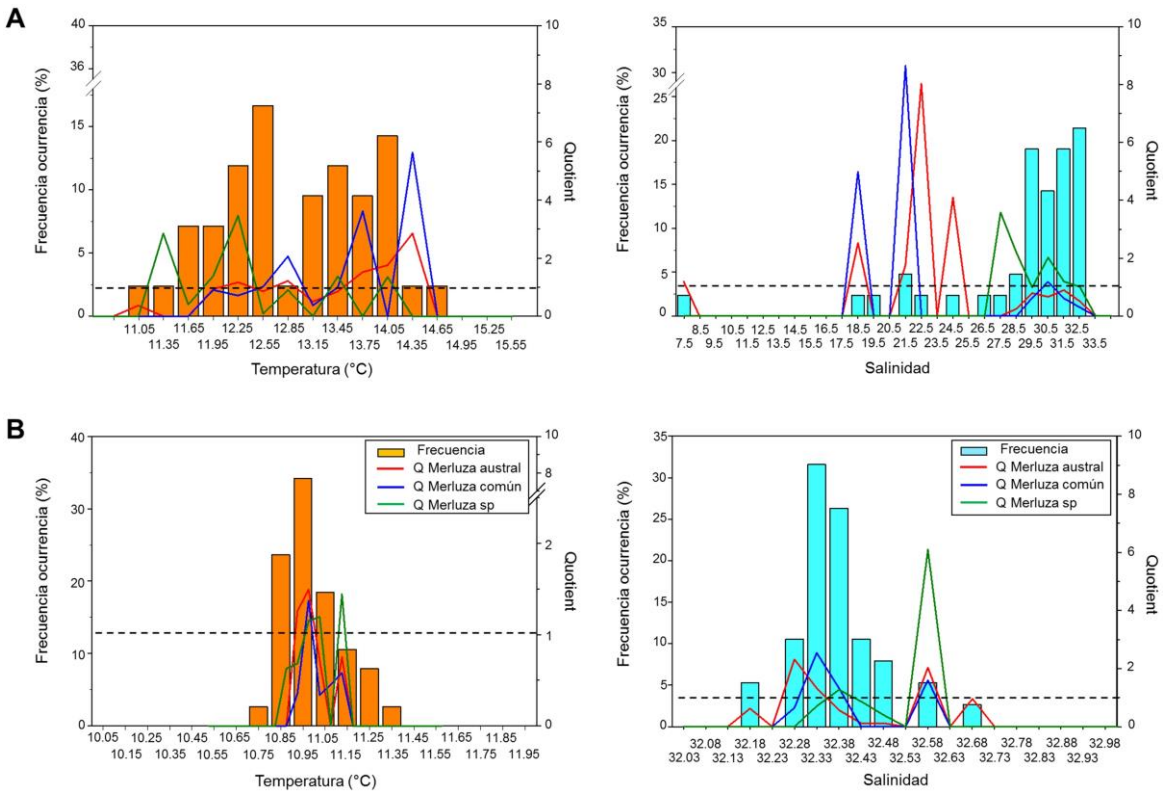


Figura 66. Análisis de Quotient, donde muestra la distribución de frecuencia de ocurrencia de las variables ambientales y quotient para huevos de merluza austral (línea roja), merluza común (línea azul) y merluza sp (línea verde). Variables ambientales son temperatura y salinidad a 1m (A) y 25m de profundidad (B).

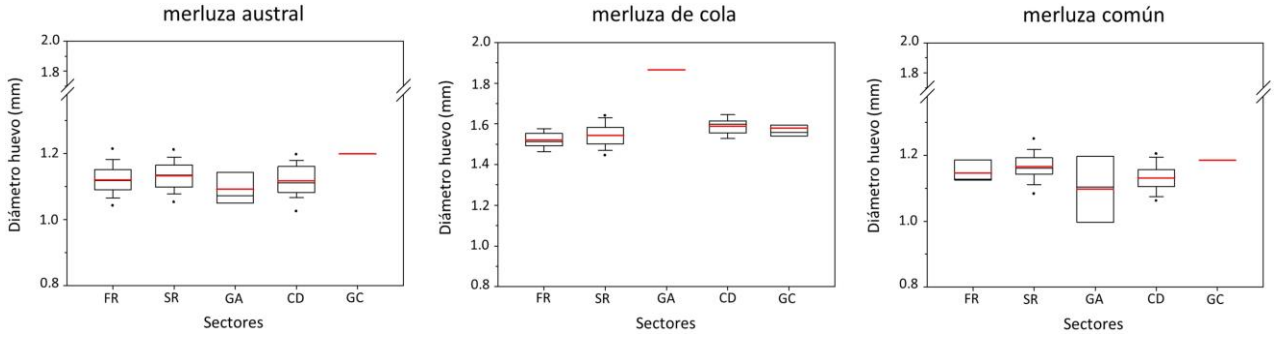


Figura 67. Diámetro de los huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común colectados en el Fiordo Reloncaví (FR), Seno Reloncaví (SR), Golfo Ancud (GA), Canal Desertores (CD) y Golfo Corcovado (GC). (Línea roja: promedio) (red Tucker)

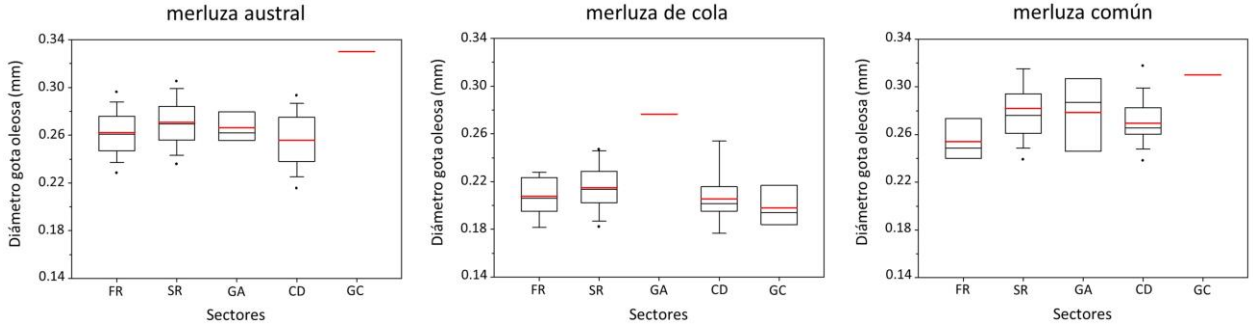


Figura 68. Diámetro de la gota oleosa de huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común colectados en el Fiordo Reloncaví (FR), Seno Reloncaví (SR), Golfo Ancud (GA), Canal Desertores (CD) y Golfo Corcovado (GC). (línea roja: promedio) (red Tucker)

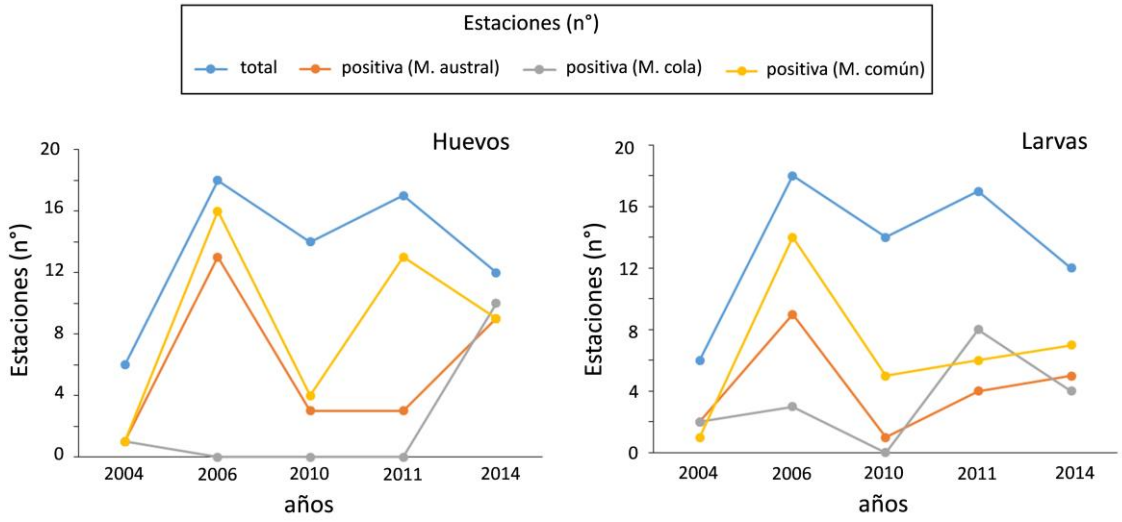


Figura 69. Estaciones totales (E. total) y estaciones positivas de huevos (panel izquierdo) y larvas (panel derecho) por especie (merluza austral (M. austral), merluza de cola (M. cola), merluza común (M. común) y año.

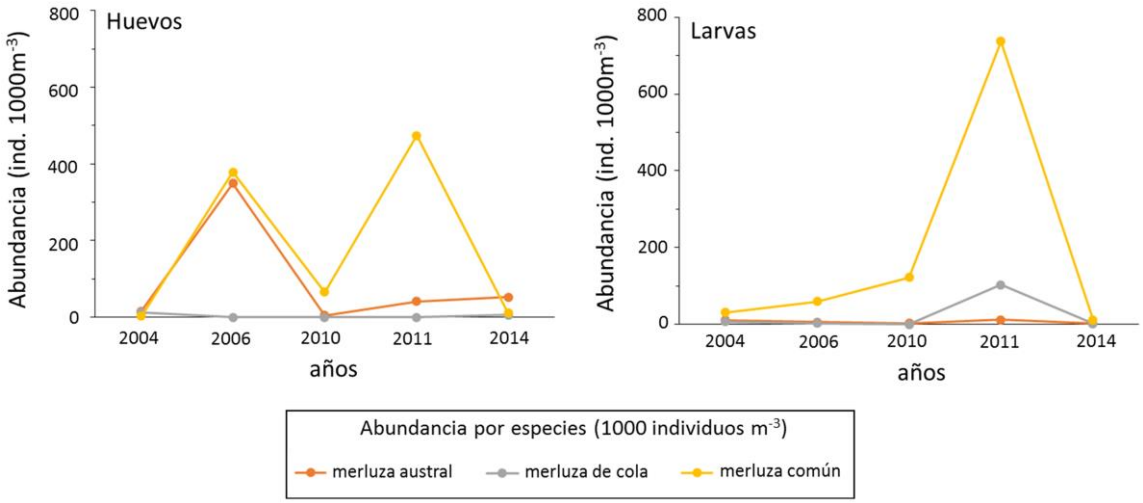


Figura 70. Abundancia promedio de huevos (panel izquierdo) y larvas (panel derecho) por especie y año, considerando las estaciones positivas.

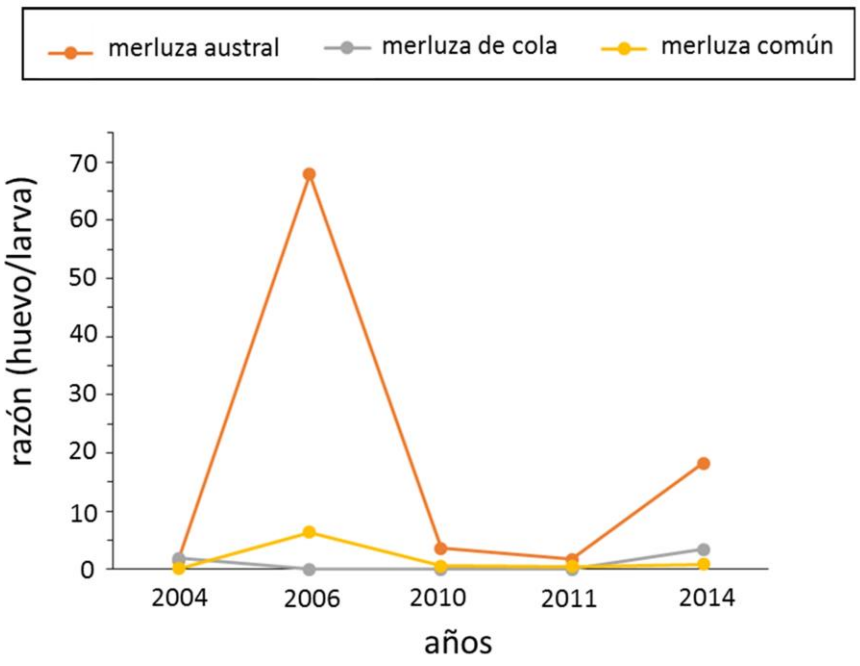


Figura 71. Razón entre la abundancia promedio de huevos y larvas por especie y año. (Data histórica)

Tabla 19. Embarcación utilizada en el crucero de ictioplancton, coordenada de la Región, periodo de muestreo y número de estaciones

Embarcación	Región	Sector	Coordenadas	Período	Nº Estaciones
Huracán I	X	Fiordo Reloncaví	41º42'05.2" S – 41º43'47.8" S	14/11/2014	2
		Seno Reloncaví	41º31'46.7" S – 41º51'17.5" S	12/11/2014 - 15/11/2014	11
		Golfo de Ancud	41º48'17.8" S – 42º21'06.2" S	13/11/2014 - 15/11/2014 25/11/2014 - 26/11/2014	22
		Canal Desertores	42º24'20.6" S – 42º39'02.3" S	25/11/2014	9
		Golfo Corcovado	43º01'42" S – 43º33'16.5" S	20/11/2014 - 25/11/2014	3

Tabla 20. Posiciones de las estaciones bio-geográficas (plancton - CTD) realizadas por el crucero de ictioplancton en la X región.

Sector	*Estación*	*Latitud*	*Longitud*	*Fecha*	*Tipo muestreo*	*Estrato (m)*			*TSM (°C)*
						Bongo	*Tucker*	*CTD*	
Seno Reloncaví	1	41°31‘46.7‘‘	72°52’08.2‘‘	12-11-2014	Bongo/CTD	150	-	150	12
Seno Reloncaví	2	41°35’23.0‘‘	72°48’35.0‘‘	12-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	14
Seno Reloncaví	3	41°38‘44.2‘‘	72°44’46.4‘‘	14-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	11
Fiordo Reloncaví	4	41°42‘24.7‘‘	72°40’57.2‘‘	14-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	200	25-0; 50-25; 100-50; 200-100	200	14
Fiordo Reloncaví	5	41°43‘37.8‘‘	72°34’55.4‘‘	14-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	200	25-0; 50-25; 100-50; 200-100	200	11
Fiordo Reloncaví	6	41°42‘05.2‘‘	72°28’66.0‘‘	14-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	200	25-0; 50-25; 100-50; 200-100	200	11
Seno Reloncaví	7	41°45‘28.6‘‘	72°46’13.1‘‘	14-11-2014	Bongo/CTD	150	-	200	14
Seno Reloncaví	8	41°41‘47.9‘‘	72°50’52.5‘‘	12-11-2014	Bongo/CTD	150	-	160	13
Seno Reloncaví	9	41°38‘06.5‘‘	72°53’34.5‘‘	12-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	13.5
Seno Reloncaví	10	41°34‘07.0‘‘	72°57’55.0‘‘	12-11-2014	Bongo/CTD	100	-	95	13
Seno Reloncaví	11	41°44‘40.7‘‘	72°55’34.0‘‘	12-11-2014	Bongo/CTD	100	-	120	13
Seno Reloncaví	12	41°48‘25.7‘‘	72°51’35.2‘‘	15-11-2014	Bongo/CTD	150	-	150	11
Seno Reloncaví	13	41°51‘17.5‘‘	72°56’55.7‘‘	13-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	200	25-0; 50-25; 100-50; 200-100	180	12
Golfo Ancud	14	41°57‘06.29‘‘	72°50’56.7‘‘	13-11-2014	Bongo/CTD	150	-	90	12.5
Golfo Ancud	15	42°03’14.0‘‘	72°44’07.0‘‘	15-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	12
Golfo Ancud	16	42°09‘06.8‘‘	72°37’47.0‘‘	26-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	14
Golfo Ancud	17	42°12‘06.4‘‘	72°43’06.9‘‘	26-11-2014	Bongo/CTD	100	-	100	13
Golfo Ancud	18	42°06‘09.3‘‘	72°49’39.3‘‘	15-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	13
Golfo Ancud	19	42°00’26.0‘‘	72°55’45.0‘‘	15-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	-	25-0; 50-25; 100-50; 200-100	200	-
Golfo Ancud	20	41°54’23.0‘‘	73°02’45.2‘‘	13-11-2014	Bongo/CTD	150	-	150	12
Golfo Ancud	21	41°51’23.0‘‘	73°13’54.0‘‘	14-11-2014	Bongo/CTD	40	-	40	11
Golfo Ancud	22	41°57’24.0‘‘	73°07’20.0‘‘	13-11-2014	Bongo/CTD	150	-	180	12
Golfo Ancud	23	42°03‘17.8‘‘	73°01’13.0‘‘	15-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	13
Golfo Ancud	24	42°09‘12.6‘‘	72°54’50.7‘‘	15-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	150	25-0; 50-25; 100-50	180	13.5
Golfo Ancud	25	42°15‘06.1‘‘	72°48’27.1‘‘	26-11-2014	Bongo/CTD	25	-	25	13.5
Canal Desertores	26	42°29‘06.3‘‘	72°41’20.7‘‘	25-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	14
Canal Desertores	27	42°24‘22.9‘‘	72°47’39.0‘‘	25-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	14
Golfo Ancud	28	42°18‘07.1‘‘	72°53’52.9‘‘	25-11-2014	Bongo/Tucker/CTD	100	25-0; 50-25; 100-50	100	11.5

Continuación Tabla 2.

Sector	*Estación*	*Latitud*	*Longitud*	*Fecha*	*Tipo muestreo*	*Estrato (m)*			*TSM (°C)*
						Bongo	*Tucker*	*CTD*	
Golfo Ancud	29	42°12‘14.3‘‘	73°00’17.7’‘	26-11-2014	Bongo/CTD	100	-	100	11.5
Golfo Ancud	30	42°06‘07.7‘‘	73°06’34.6’‘	15-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	13
Golfo Ancud	31	42°00’21.0‘‘	73°12’52.0’‘	13-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	12
Golfo Ancud	32	41°54’19.0‘‘	73°19’17.2’‘	14-11-2014	Bongo/CTD	80	-	80	12
Golfo Ancud	33	41°48‘17.8‘‘	73°25’45.2’‘	14-11-2014	Bongo/CTD	100	-	90	10.5
Golfo Ancud	34	41°57‘15.4‘‘	73°24’33.5’‘	13-11-2014	Bongo/CTD	100	-	100	12
Golfo Ancud	35	42°03‘26.5‘‘	73°18’09.7’‘	13-11-2014	Bongo/CTD	150	-	160	12
Golfo Ancud	36	42°09’20.0‘‘	73°12’01.6’‘	15-11-2014	Bongo/CTD	100	-	100	12
Golfo Ancud	37	42°15‘01.4‘‘	73°05’36.8’‘	15-11-2014	Bongo/CTD	-	-	40	12
Golfo Ancud	38	42°21‘06.2‘‘	72°59’17.1’‘	25-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	15
Canal Desertores	39	42°27‘03.2‘‘	72°52’54.8’‘	25-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	13.5
Canal Desertores	40	42°36‘06.8‘‘	72°51’26.3’‘	25-11-2014	Bongo/CTD	15	-	15	13
Canal Desertores	41	42°30‘12.9‘‘	72°57’55.5’‘	25-11-2014	Bongo/Tucker /CTD	200	25-0; 50-25; 100-50; 200-100	200	14
Canal Desertores	42	42°24‘20.6‘‘	73°04’20.5’‘	25-11-2014	Bongo/CTD	200	-	200	13.5
Canal Desertores	43	42°33’13.0‘‘	73°02’44.4’‘	25-11-2014	Bongo/CTD	50	-	50	13
Canal Desertores	44	42°39‘02.3‘‘	72°56’23.4’‘	25-11-2014	Bongo/Tucker /CTD	100	25-0; 50-25; 100-50	100	12
Golfo Corcovado	45	43°01‘42.3‘‘	72°59’35.0’‘	25-11-2014	Tucker/CTD	-	25-0; 50-25; 100-50	100	10.5
Golfo Corcovado	46	43°18‘43.0‘‘	73°17’23.6’‘	24-11-2014	Tucker/CTD	-	25-0; 50-25; 100-50	102	10
Golfo Corcovado	47	43°33‘16.5‘‘	73°33’28.5’‘	20-11-2014	Tucker/CTD	-	25-0; 50-25; 100-50	94	10

Tabla 21. Número de estaciones totales, estaciones con huevos y larvas de merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza sp, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos y larvas de cada especie del total de estaciones muestreadas (red Bongo). Corregida

		Merluza austral		Merluza de cola		Merluza común		Merluza sp	
Estado desarrollo	Estaciones totales	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%
Huevos	42	26	62	2	5	10	24	12	29
Larvas	42	5	12	1	2	3	7	-	-

Tabla 22. Número total de huevos y larvas de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp, promedio (y desviación estándar) de huevos y larvas considerando el número total de estaciones del área de estudio y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos y larvas (individuos $1000m^{-3}$) (red Bongo). Corregida

	Estado desarrollo	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia
Merluza austral	Huevos	1998	48	69.4	77	74.5	366
	Larvas	58	1	4.3	12	6.6	21
Merluza de cola	Huevos	38	1	5.0	19	17.9	32
	Larvas	9	0.2	1.4	9	0	9
Merluza común	Huevos	323	8	17.6	32	22.8	90
	Larvas	38	1	3.3	13	6.5	15
Merluza sp	Huevos	653	16	35.8	54	49.7	164
	Larvas	-	-	-	-	-	-

Tabla 23. Número de estaciones totales por sector, estaciones (positivas) con huevos y larvas de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp, y el porcentaje que representan las estaciones por sector con huevos y larvas de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector (red Bongo).

		Merluza austral		Merluza de cola		Merluza común		Merluza sp	
				HUEVOS					
Sector	Estaciones totales	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%
Fiordo Reloncaví	2	2	100	0	0	1	50	0	0
Seno Reloncaví	11	8	73	1	9	4	36	3	27
Golfo Ancud	20	11	55	0	0	3	15	6	30
Canal Desertores	9	5	56	1	11	2	22	3	33
				LARVAS					
Sector	Estaciones totales	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%	Estaciones positivas	%
Fiordo Reloncaví	2	0	0	0	0	0	0	-	-
Seno Reloncaví	11	0	0	0	0	2	18	-	-
Golfo Ancud	20	3	15	1	5	1	5	-	-
Canal Desertores	9	2	22	0	0	0	0	-	-

Tabla 24. Número total de huevos (suma e estandarizados; hx1000m-^{3}) de merluza austral, merluza de cola, merluza común y merluza sp. por sector; promedio (y desviación estándar) de huevos considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de huevos por sector (individuos 1000m^{-3}) (red Bongo)

Merluza austral (individuos 1000m^{-3})							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	169	85	43.1	85	43.1	115	54
Seno Reloncaví	881	80	111.2	110	117.9	366	25
Golfo Ancud	528	26	33.9	48	32.2	112	12
Canal Desertores	420	47	57.8	84	52.5	156	23
Merluza de cola (individuos 1000m^{-3})							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Seno Reloncaví	32	3	9.6	32	0	32	-
Golfo Ancud	0	0	0	0	0	0	0
Canal Desertores	6	0.7	2.1	6	0	6	-
Merluza común (individuos 1000m^{-3})							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	38	19	27.1	38	0	38	-
Seno Reloncaví	166	15	28.2	41	34.6	90	16
Golfo Ancud	86	4	10.9	29	8.0	37	22
Canal Desertores	32	4	7.5	16	6.7	21	11
Merluza sp (individuos 1000m^{-3})							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Seno Reloncaví	112	10	19.6	37	20.5	57	16
Golfo Ancud	282	14	37.4	47	59	164	11
Canal Desertores	259	29	49.6	86	48.5	140	46

Tabla 25. Número total de larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común por sector, promedio (y desviación estándar) de larvas considerando el número total de estaciones por sector y considerando sólo las estaciones positivas, y máxima abundancia de larvas por sector (individuos $1000m^{-3}$) (red Bongo).

Merluza austral (individuos $1000m^{-3}$)							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Golfo Ancud	31	2	4.1	10	5.2	16	6
Canal Desertores	27	3	7.0	14	10.2	21	6
Merluza de cola (individuos $1000m^{-3}$)							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Seno Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Golfo Ancud	9	0.4	2.0	9	0	9	-
Canal Desertores	0	0	0	0	0	0	0
Merluza común (individuos $1000m^{-3}$)							
Sector	Suma	Promedio Total estaciones	SDEV Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	SDEV Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
Fiordo Reloncaví	0	0	0	0	0	0	0
Seno Reloncaví	27	2	5.4	13	2.3	15	12
Golfo Ancud	11	1	2.5	11	0	11	-
Canal Desertores	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 26. Rango de preferencia de temperatura y salinidad superficial (~1m) y 25m de profundidad, obtenidos del análisis de Quotient para los huevos de merluza austral, merluza común y merluza sp.

	Rango preferencia (Q > 1)			
	1m		25m	
Especie	Temperatura (°C)	Salinidad	Temperatura (°C)	Salinidad
merluza austral	12.1 – 12,4 12.7 – 13.0 13.6 – 14.5	7 – 8 18 – 19 21 – 23 24 – 25	10.8 – 11.0	32.25 – 32.35 32.55 – 32.60
merluza común	12.4 – 13.0 13.6 – 13.9 14.2 – 14.5	18 – 19 21 – 22 30 – 31	10.9 – 11.0	32.30 – 32.40 32.55 – 32.60
merluza spp	11.2 – 11.5 11.8 – 12.4 13.3 – 13.6 13.9 – 14.2	27 – 29 30 – 32	10.9 – 11.1 11.2 – 11.3	32.35 – 32.40 32.55 – 32.60

Tabla 27. Resultados de los análisis de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la hipótesis nula de que la distribución de huevos de merluza austral, merluza común y merluza sp son al azar con respecto a una variable ambiental particular a nivel superficial (~1m) y 25m de profundidad (Significancia de K-S: *: $p<0,05$; $^{+}$: $p>0,05$ = ns)

	Variable ambiental							
	1m				25m			
	Temperatura (ºC)		Salinidad		Temperatura (ºC)		Salinidad	
Especies	K-S	n	K-S	n	K-S	n	K-S	n
merluza austral	$0,231^{+}$	19	0,423*	28	0.286^{+}	22	0.182^{+}	22
merluza común	$0,238^{+}$	19	0,421*	28	0.143^{+}	22	0.364^{+}	22
merluza spp	$0,308^{+}$	19	0,769*	28	0.140^{+}	22	0.360^{+}	22

Tabla 28. Diámetro de la gota oleosa y huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común.

		Diámetro (mm)			
		Gota oleosa		Huevo	
Especie	Sector	$\bar{x}$	DS	$\bar{x}$	DS
merluza austral	Fiordo Reloncaví	0.26	0.020	1.12	0.048
	Seno Reloncaví	0.28	0.017	1.15	0.041
	Golfo Ancud	0.27	0.017	1.09	0.062
	Canal Desertores	0.26	0.022	1.12	0.048
	Golfo Corcovado	0.33	-	1.20	-
	Total	**0.27**	**0.022**	**1.13**	**0.048**
merluza de cola	Fiordo Reloncaví	0.21	0.016	1.52	0.037
	Seno Reloncaví	0.22	0.020	1.56	0.061
	Golfo Ancud	0.28	0.053	1.87	0.396
	Canal Desertores	0.21	0.022	1.59	0.038
	Golfo Corcovado	0.20	0.022	1.58	0.068
	Total	**0.21**	**0.026**	**1.58**	**0.107**
merluza común	Fiordo Reloncaví	0.25	0.017	1.15	0.034
	Seno Reloncaví	0.29	0.029	1.17	0.042
	Golfo Ancud	0.28	0.031	1.10	0.121
	Canal Desertores	0.27	0.021	1.13	0.041
	Golfo Corcovado	0.31	0.048	1.18	0.091
	Total	**0.28**	**0.026**	**1.14**	**0.053**

Tabla 29. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis en la comparación del diámetro de la gota oleosa (y huevo) por sector (Fiordo Reloncaví, Seno Reloncaví, Golfo Ancud, Canal Desertores, Golfo Corcovado).

		Kruskal-Wallis			
Especie	Estado desarrollo	X^2	gl	Valor-p	Observación
Merluza austral	Gota oleosa	29.56	4	0.001	Hay diferencia entre sectores
	Huevo	18.66	4	0.001	Hay diferencia entre sectores
Merluza cola	Gota oleosa	9.00	4	0.05	Hay diferencia entre sectores
	Huevo	13.06	4	0.01	Hay diferencia entre sectores
Merluza común	Gota oleosa	7.66	4	0.11	No hay diferencia entre sectores
	Huevo	11.75	4	0.02	Hay diferencia entre sectores

Tabla 30. Número de estaciones totales, estaciones con huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza común, y el porcentaje que representan las estaciones con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas, y el promedio (y desviación estándar) de huevos considerando las estaciones positivas. (Data histórica)

					merluza austral				merluza de cola				merluza común			
Proyecto	Periodo		Región	Estación	Estación positiva		Abundancia (1000m3)		Estación positiva		Abundancia (1000m3)		Estación positiva		Abundancia (1000m3)	
	año	mes		total	n°	(%)	Promedio	DS	n°	(%)	Promedio	DS	n°	(%)	Promedio	DS
CIMAR 10	2004	Nov	X	6	1	17	16	0.00	1	17	13	0.00	1	17	3	0.00
CIMAR 12	2006	Nov	X	18	13	72	349	416.26	0	0	0	0.00	16	89	379	403.17
Hidroacústico	2010	Dic	X	14	3	21	5	0.17	0	0	0	0	4	29	66	31.59
CIMAR 17	2011	Oct	X	17	3	18	42	32.98	0	0	0	0.00	13	76	474	918.15
R. Merluza	2014	Nov	X	12	9	75	52	61.84	10	83	6	3.07	9	75	11	10.93

Tabla 31. Número de estaciones totales, estaciones con larvas de merluza austral, merluza de cola y merluza común, y el porcentaje que representan las estaciones con larvas de cada especie del total de estaciones muestreadas, y el promedio (y desviación estándar) de larvas considerando las estaciones positivas. (Data histórica)

					merluza austral				merluza de cola				merluza común			
Proyecto	Periodo		Región	Estación	Estación positiva		Abundancia (1000m3)		Estación positiva		Abundancia (1000m3)		Estación positiva		Abundancia (1000m3)	
	año	mes		total	n°	(%)	Promedio	DS	n°	(%)	Promedio	DS	n°	(%)	Promedio	DS
CIMAR 10	2004	Nov	X	6	2	33	11	0.84	2	33	7	1.79	1	17	30	0.00
CIMAR 12	2006	Nov	X	18	9	50	5	2.74	3	17	3	0.55	14	78	59	53.44
Hidroacústico	2010	Dic	X	14	1	7	3	0	0	0	0	0	5	36	122	100.48
CIMAR 17	2011	Oct	X	17	4	24	12	5.71	8	47	103	181.24	6	35	738	1115.77
R. Merluza	2014	Nov	X	12	5	42	3	1.17	4	33	2	1.42	7	58	12	9.76

4.4. Objetivo Específico 4

Recomendar la forma de incorporar estos indicadores en los modelos de evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola, realizando un ejercicio de aplicación.

4.4.1. Introducción

El reclutamiento en muchos stocks de peces es altamente variable debido a las fluctuaciones interanuales de la sobrevivencia durante los primeros años de vida (Hjort, 1914; Cushing, 1995; Chambers & Trippel, 1997). Esta variación del reclutamiento puede afectar las estimaciones de la estructura de tallas (Gabelhouse, 1984; Buynak & Mitchell, 2002), el crecimiento (Gardiner & Shackley, 1991; Pope *et al*., 2004) y la mortalidad (Ricker, 1975; Allen, 1997), dando como resultado una sobrestimación o subestimación de las cantidades de interés para el manejo, tales como reclutamiento, biomasa desovante y mortalidad por pesca. Esta incertidumbre en las cantidades de interés para el manejo, conduce a un mal entendimiento de la dinámica de las poblaciones y en consecuencia a tomar decisiones equívocas en el manejo de los recursos (Allen & Pino, 2000; Buynak & Mitchell, 2002).

Uno de los problemas más difíciles de resolver en la evaluación de stock es la relación entre el tamaño del stock parental y el subsecuente nivel de reclutamiento (Ricker 1954, Beverton & Holt 1957, Hilborn & Walters 1992). Esta relación en un principio siempre existe, ya que la presencia de un stock parental es pre-requisito para la generación de reclutas. Sin embargo, en muchos casos existen mecanismos regulatorios por los cuales el número de reclutas no está fuertemente relacionado con el tamaño del stock desovante (Cooke 1984).

Cuando las fluctuaciones en el reclutamiento son independientes del tamaño del stock desovante existe alta probabilidad de sobrepesca, ya que las variaciones independientes del stock podrían no ser predecibles (Rikhter *et al*., 2001). El entendimiento de la dinámica de las clases anuales tiene una importancia evidente, pero las medidas de la variabilidad del reclutamiento (es decir, la estabilidad del reclutamiento, medidas absolutas de varianza)

también son importantes para el desarrollo de una comprensión global de la dinámica de poblaciones de peces.

Uno de los desafíos más importante en los modelos de evaluación de stock es el ajuste de las desviaciones del reclutamiento en la relación stock recluta de Ricker o Beverton-Holt. Guy & Willis (1995), Isermann *et al*. (2002) y Goñi *et al*. (2004), utilizaron índices de variabilidad del reclutamiento como indicadores de abundancia relativa en peces demersales con el objetivo de disminuir la varianza de las desviaciones estándar del reclutamiento en la relación stock-recluta.

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y la merluza del sur (*Merluccius australis*), son dos especies de importancia económica que presentan una interacción ecológica y tecnológica en la zona sur-austral de Chile (Lillo *et al*., 1997, Giussi *et al*., 2002, Tascheri *et al*., 2010). La merluza del sur es uno de los principales depredadores de merluza de cola y a su vez ambas especies son explotadas por una flota industrial que opera sobre la plataforma continental en Chile central (34ºS-42ºS) y en la Patagonia (42ºS-57ºS). Estas dos especies, se distribuyen en el cono sur de Sudamérica, desde los 37ºS en el Océano Atlántico hasta los 27º03'S en el Océano Pacífico. Sin embargo, la mayor abundancia está localizada en la Patagonia de Chile, entre los 41º40' y los 52ºS (Tascheri *et al*., 2010). En la costa Argentina están asociadas a profundidades de 20 a 800 m (Angelescu *et al*., 1958, Chesheva, 1992), y desde los 20 a 700 m en la costa chilena (Arana, 1970; Avilés *et al*., 1979, Cohen *et al*., 1990). A pesar de ser peces principalmente demersales, la merluza de cola y merluza del sur presentan un reclutamiento altamente variable (D`Amato & Cravalho, 2005; Ernst *et al*., 2005).

La merluza de cola, históricamente ha presentado alta variabilidad interanual e interdecadal en el reclutamiento, mostrando un cambio significativo entre 1980 y 2010, observándose altos niveles de reclutamiento entre 1980-1999 y bajos niveles de reclutamiento entre 2000-2013. Por otra parte la merluza del sur, al igual que la merluza de cola, ha mostrado altos y variables niveles de reclutamiento entre 1977 y 1994, y bajos niveles de reclutamiento entre 1995 y 2013. Actualmente la estimación de abundancia de reclutas para merluza de cola y merluza del sur son cuestionadas debido a la poca precisión que tienen los modelos de evaluación stock en la estimación del reclutamiento.

Dado los antecedentes el objetivo de este capítulo es incorporar un índice de reclutamiento en el modelo de evaluación de stock para merluza de cola y merluza del sur, que incorpore error de observación. Este índice de reclutamiento actuará como otro de los indicadores de abundancia relativa (Survey independiente de la pesquería). De esta forma, la relación entre el stock parental y los reclutas no dependería exclusivamente de la relación stock-recluta.
Si bien el proyecto pretende sentar las bases metodológicas para estudiar el reclutamiento y lograr obtener un índice de reclutamiento de merluza del sur y merluza de cola, es necesario evaluar si un índice de reclutamiento es capaz de mejorar el desempeño de los modelos de evaluación de stock que se utilizan en la actualidad.

Este capítulo tiene como objetivo generar e incorporar un índice de reclutamiento para merluza de cola (*Macruronus magellanicus)* y de merluza del sur (*Merluccius australis*) en los modelos de evaluación de stock de cada recurso. Para ello se considera los siguientes objetivos específicos: i) Implementar un modelo operativo que incorpore los índices de reclutamiento para merluza de cola y merluza del sur, basado en el modelo de evaluación stock actualmente en uso por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP); ii) Evaluar el desempeño del índice de reclutamiento a través del enfoque de Desempeño de Modelos de Evaluación (DME); y, iii) Recomendar la forma de incorporar estos indicadores en los modelos de evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola, realizando un ejercicio de aplicación.

4.4.2. Metodología

a) Incorporación del índice de reclutamiento al modelo de evaluación de stock

Por lo general, el uso de índices de reclutamiento en modelos de evaluación de stock se ha incorporado como índices de abundancia relativa, los que se relacionan directamente con la abundancia de reclutas a través de un modelo de las observaciones y suponiendo error de observación.
En este trabajo se incorporó un índice de reclutamiento de merluza de cola y merluza del sur en los modelos de evaluación de stock de cada recurso. El índice de reclutamiento fue generado en la plataforma R (http://www.R-project.org.), a través de la generación de un

simulador de valores alternativos e igualmente probables del índice de reclutamiento. Dos enfoques de estimación fueron considerados:

1. ***Índice de abundancia relativa con error de observación***

Este índice de reclutamiento fue definido por la siguiente función:

$$\hat{I}_i = \Psi N_{i,j=r}^{\beta} \exp(\varepsilon_i)$$

donde $\hat{I}_i$ es el índice de reclutamiento estimado para el año *i*, ψ es el coeficiente de proporcionalidad, y $N_{i,r}$ es la abundancia de reclutas en el año *i* a la edad de reclutamiento *r,* y β es el parámetro de forma de la función que define el índice de reclutamiento.

Este índice se contrasta con observaciones asumiendo error de observación log-normal, i.e., $\varepsilon_i \sim N(0,\sigma_I^2)$. Por lo tanto, la siguiente función de log-verosimilitud se deberá agregar al modelo de evaluación de stock de cada recurso, i.e.

$$\ell_1 = \prod_i \frac{1}{I_i \sqrt{2\pi}\sigma_I} \exp\left[-\frac{(\ln(I_i) - \ln(\psi N_{i,j=r}^{\beta}))^2}{2(\sigma_I)^2} \right]$$

2. ***Relación entre las desviaciones del reclutamiento y el índice de reclutamiento***

La siguiente relación fue agregada al modelo de evaluación de stock:

$$\log R_i - \log \overline{R} = \rho \frac{\sigma_R}{\sigma_I}(I_i - \overline{I})$$

Aquí, R_t es el reclutamiento del año *t*, $\overline{R}$ es el reclutamiento promedio, ρ es el coeficiente de correlación, σ_R es la desviación estándar del reclutamiento, σ_I es la desviación estándar del índice de reclutamiento (I_t), e $\overline{I}$ es el índice de reclutamiento promedio. Al considerar un índice de reclutamiento normalizado, se tiene que:

$$\log R_i - \log \overline{R} = \rho \sigma_R I_i^s$$

Con esta expresión se tiene una relación entre las desviaciones del reclutamiento y del índice de reclutamiento como una fracción de la varianza del reclutamiento. Si ρ=0, implica que el reclutamiento es igual al promedio, y si ρ=1, entonces las deviaciones del reclutamiento sigue exactamente a las deviaciones del índice de reclutamiento. Por lo tanto, se debe agregar una variable aleatoria que dé cuenta de la varianza no explicada por el índice de reclutamiento, i.e.,

$$\log R_i - \log \overline{R} = \rho \sigma_R I_i^s + \sqrt{1-\rho^2}\,\sigma_R \eta_i$$

donde $\eta_i \approx N(0,1)$.

Para modelar la incorporación del índice de reclutamiento al modelo de evaluación de stock, los parámetros desconocidos son: ρ y σ_R.

b) Evaluación del desempeño del índice de reclutamiento

Con el objeto de analizar el desempeño del modelo de evaluación de stock al incorporar un índice de reclutamiento, se utilizó el enfoque de Evaluación de Modelos de Evaluación (EME), que consiste en evaluar el desempeño de un estimador bajo incertidumbre considerando un enfoque de simulación-estimación (Vasconcellos, 2003; Punt, 2003), como se muestra en la Figura 72.

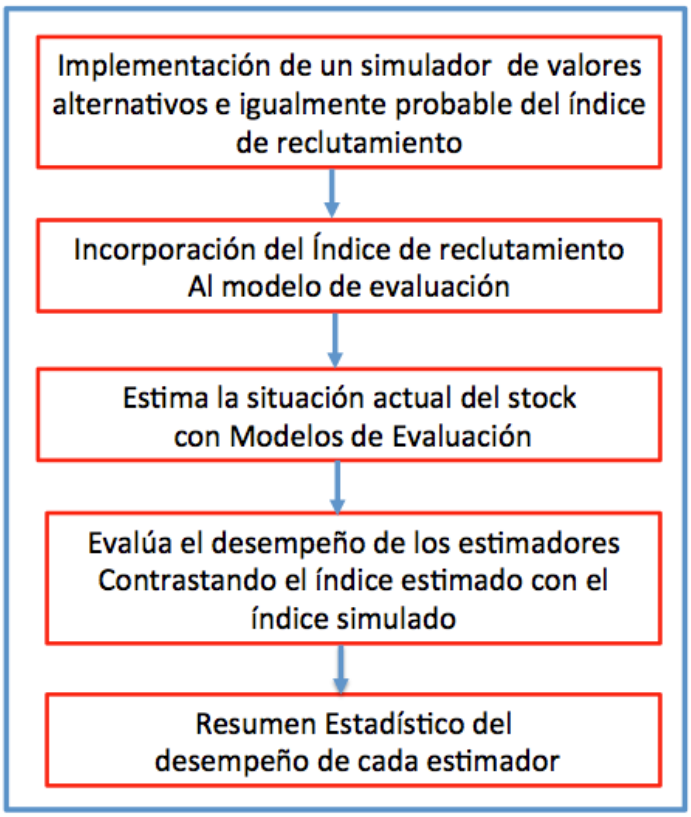


Figura 72. Diagrama de flujo del procedimiento de Evaluación de Modelos de Evaluación, considerando un índice de reclutamiento (adaptada de Punt, 2003).

El modelo de simulación-estimación de merluza del sur y merluza de cola se basa en los modelos de evaluación de stock actualmente en uso por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) para cada uno de estos recursos. Estos modelos fueron condicionados con el objeto de incorporar un índice de reclutamiento directamente proporcional al reclutamiento con error de observación log-normal.

Se plantearon tres escenarios, basados en cómo fue generado el índice de reclutamiento en el simulador. Los cuales dependieron del parámetro de forma β siguiendo los siguientes criterios:

A) Valor bajo de beta que simula una curva hiperestable (β=0.8), donde $\hat{I}_i$ declina más lento que $N_{i,j}$.

B) Valor moderado de beta que simula una curva proporcionalidad (β =1), indicando que $\hat{I}_i$ es proporcional a $N_{i,j}$.

C) Valor alto de beta que simula una curva con hiperdepleción (β =1.2), lo que indica que $\hat{I}_i$ declina más rápido que $N_{i,j}$.

Cada uno de estos escenarios comprendió tres casos, los que dependieron del valor de CV utilizado en cada generación del índice del reclutamiento:

i) Índice de reclutamiento con precisión baja (CV=0.6)
ii) Índice de reclutamiento con precisión moderada (CV=0.4)
iii) Índice de reclutamiento precisión alta (CV=0.2)

El condicionamiento y la estimación de los parámetros desconocidos se realizó mediante máxima verosimilitud, utilizando AD Model Builder (Fournier *et al*., 2012). Las alternativas para cada escenario contemplaron las siguientes hipótesis estructurales:

- Correlación serial en el reclutamiento,
- Relación stock-recluta (tipo de relación o "escarpamiento", variabilidad).
- Distribución espacial del reclutamiento en el área de estudio donde se muestreará para el índice de reclutamiento.

El modelo de simulación-estimación utilizó la información histórica de la pesquería, es decir, las capturas totales registradas como datos conocidos sin error, cruceros de biomasa, CPUE de cada flota, captura a la edad para cada flota y peso promedio a la edad, y simuló un índice de reclutamiento de valores alternativos e igualmente probables.

Los datos simulados fueron utilizados por el modelo de evaluación de stock que actualmente se utiliza para evaluar el status de merluza del sur y merluza de cola, considerando evaluar su desempeño como estimadores: i) sin el uso de un índice de reclutamiento; y ii) utilizando un índice de reclutamiento.

El desempeño del uso de un índice de reclutamiento consideró la comparación de variables de estado, tales como: a) Reclutamiento, b) biomasa desovante, y c) Tasa de explotación o mortalidad por pesca. Estas variables de estado fueron contrastadas con el modelo de evaluación actual, que no utiliza el índice de reclutamiento. Por lo tanto, para resumir el desempeño se utilizó el índice de reclutamiento simulado como datos observados y se comparó con los datos estimados por el modelo de estimación (ADMB). Este procedimiento fue realizado hasta que 100 iteraciones convergieron con un gradiente máximo ≥ 0.0001.

c) Implementación y proceso de estimación

Para codificar el Modelo de estimación, se utilizó AD Model Builder (http://www.admb-project.org/, Fournier *et al*., 2012), disponible para ser ejecutado en varios sistemas operativos. Ad Model Builder es una herramienta para el desarrollo e implementación de modelos estadísticos no-líneales complejos.

Las principales características que determinan el uso de este programa computacional para la implementación de los diferentes modelos componentes del procedimiento de manejo son: alta estabilidad numérica, computación rápida y eficiente, y precisión en los parámetros estimados. Este programa constituye un lenguaje de alto nivel construido sobre la base de la librería Autodif, correspondiente a una extensión de lenguaje C++ con una implementación transparente y de diferenciación automática.

AD Model Builder utiliza derivativas exactas respecto de los parámetros del modelo (diferenciación automática). Además, es muy útil para modelos con gran cantidad de parámetros, provee estimaciones rápidas y precisas de la matriz Hessiana en el máximo (o mínimo), lo que permite contar con las matrices de covarianza y de correlación y, por lo tanto, con límites de confianza para todos los parámetros de interés a través del método Delta (Seber y Wild, 1989). A su vez, AD Model Builder permite evaluar políticas de explotación alternativas a través del algoritmo MCMC (Gelman *et al.*, 1995).

El análisis de las salidas de los modelos se realizó con R (http://www.R-project.org/), para generar el análisis gráfico y estadístico. La ventaja principal de R es que una gran cantidad de rutinas o "paquetes" están disponibles, las que han sido diseñadas e implementadas por científicos para científicos y, por lo tanto, validadas en su desempeño a través de una red

(The Comprehensive R Archive Network, http://cran.es.r-project.org/index.html). Una de las ventajas de R es la capacidad de actuar como interface, pudiéndose correr programas compilados directamente desde una sesión, guardar la sesión de trabajo, y seguir con su ejecución más tarde.

4.4.3. Resultados

4.4.3.1 Información básica disponible

Merluza de cola

La información recopilada es aquella utilizada por el Instituto de Fomento Pesquero (Payá & Canales, 2013) para realizar la evaluación de stock de merluza de cola. En este contexto, se cuenta con una serie de tiempo que abarca desde 1980 al 2010, con datos dependientes como independientes de la pesquería, los que se resumen en la Tabla 1. Respecto de los artes de pesca que operan sobre la merluza de cola destacan la flota industrial de cerco, que operó estacionalmente entre la V y X Región en el período 1977-2002, y que logró las capturas más altas registradas. Asimismo, a contar del 2001 comienzan los registros de la flota industrial de arrastre que opera en la zona central de Chile (V-X Región). Por último, entre la X y XII Región, en aguas exteriores de la Patagonia, opera básicamente la flota industrial de arrastre. Los índices de abundancia disponibles provienen de la evaluación acústica del stock desovante de merluza de cola que se realiza entre los veriles de ~ 150 a 600 metros de profundidad y desde la latitud 43º30'S a 47º00'S (Lillo *et al*., 2010).

Se cuenta también con la composición por edad en las cruceros acústicos (Tabla 32), así como la composición por edad en las capturas de las distintas flotas participantes y que cubren diferentes períodos de tiempo (Figura 73, 74 y 75). Aparte de esta información, se cuenta con datos de pesos promedio por edad provenientes de la flota industrial de arrastre, y que se han utilizado para modelar el peso a inicios de cada año por Payá & Canales (2013).

Tabla 32. Datos de biomasa evaluada por acústica, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estándar para la flota de arrastre que opera en la Pesquería Demersal Austral (X-XII Región), CPUE estándar de la pesquería de cerco que operó en la zona central de Chile (V-X Región), y registros de captura de la flota industrial de cerco, industrial de arrastre que opera en la zona central (V-X Región), y en la PDA (X-XII Región).

Año	Biomasa acústica (miles de t)	CPUE Arrastre PDA	CPUE Cerco	Captura Cerco (miles de t)	Captura Arrastre PDA (miles de t)	Captura Arrastre Centro (miles de t)
1980		0.221			18.36	
1981		0.203			23.67	
1982		0.118			18.24	
1983		0.178			22.44	
1984		0.062			26.79	
1985		0.068			18.72	
1986		0.071			37.08	
1987		0.054		114.56	17.28	
1988		0.048	171.39	191.81	19.82	
1989		0.044	157.85	207.21	20.18	
1990		0.043	120.29	107.33	20.68	
1991		0.075	133.59	149.6	15.08	
1992		0.056	132.15	196.67	17.66	
1993		0.045	90.02	70.95	11.63	
1994		0.032	115.57	68.59	12.72	
1995		0.055	114.63	192.29	14.44	
1996		0.045	109.67	360.08	15.37	
1997		0.058	76.54	60.2	11.28	
1998		0.104	84.48	336.81	17.38	
1999		0.166	124.23	285.9	24	
2000	501.3	0.179	142.2	74	17.34	
2001	577.9	0.384	128.87	123.29	31.2	7.59
2002	433.7	1	95.01	78.81	34.52	24.15
2003	245.6	0.736		4.02	33.89	44.98
2004	188	0.649		3.15	47.63	17.3
2005	145.1	0.522		5.21	45.56	28
2006	0	0.549		0.05	42.82	29.77
2007	163.2	0.459		0.02	40.71	22.96
2008	231.2	0.751			56.6	16.85
2009	251.5	0.628			66.74	11.7
2010	208.3	0			54.46	9.54

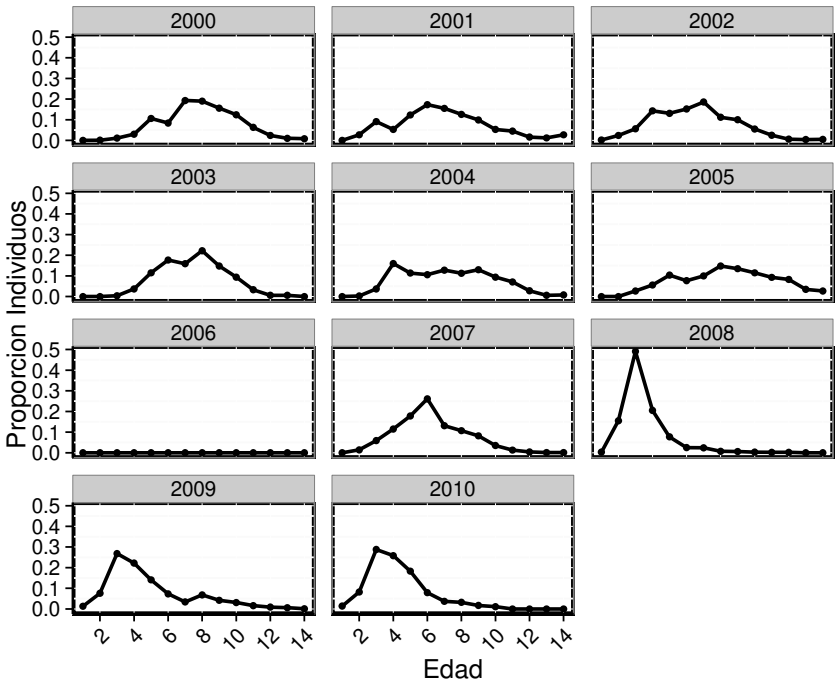


Figura 73. Proporción de individuos a la edad de la abundancia de merluza de cola en los cruceros de evaluación acústica del stock desovante, en el período 2000-2010.

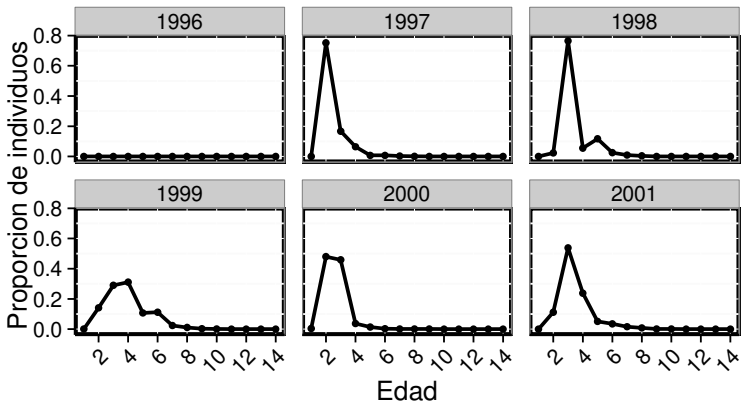


Figura 74. Proporción de individuos a la edad de la captura de merluza de cola por la flota industrial de cerco, en el período 1996-2001.

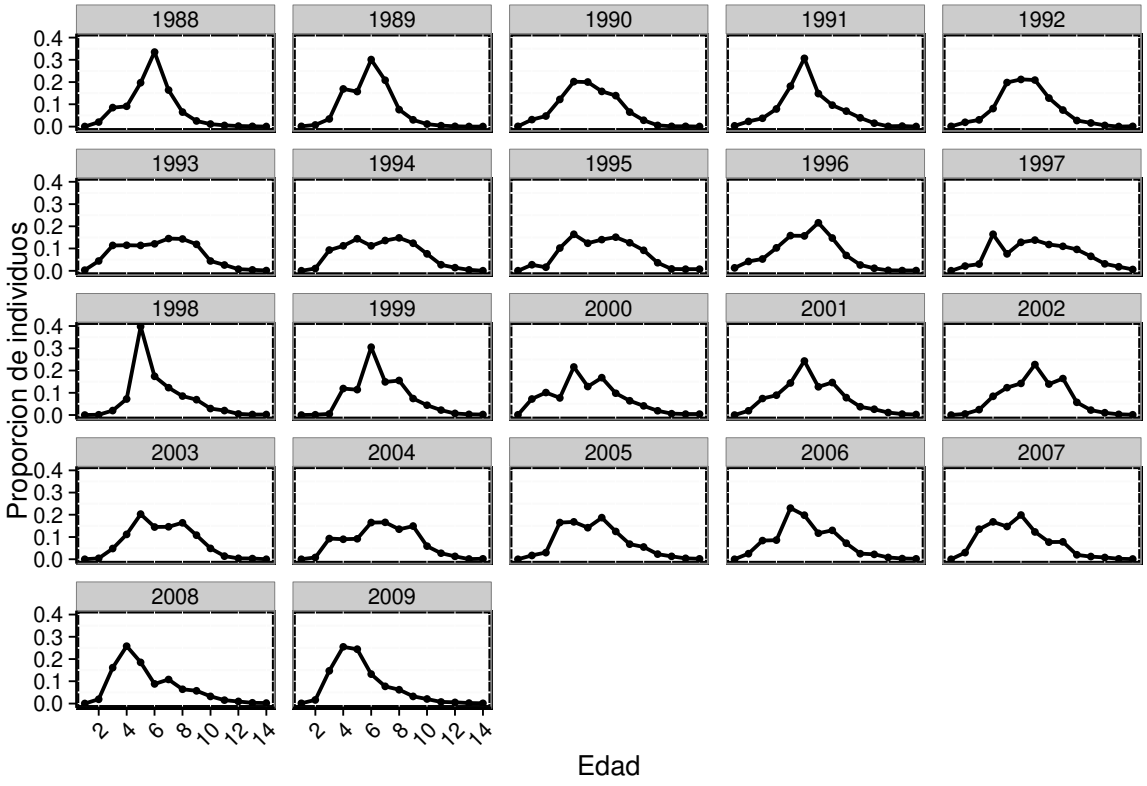


Figura 75. Proporción de individuos a la edad de la captura de merluza de cola por la flota industrial de arrastre en aguas exteriores de la Patagonia, en el período 1988-2009.

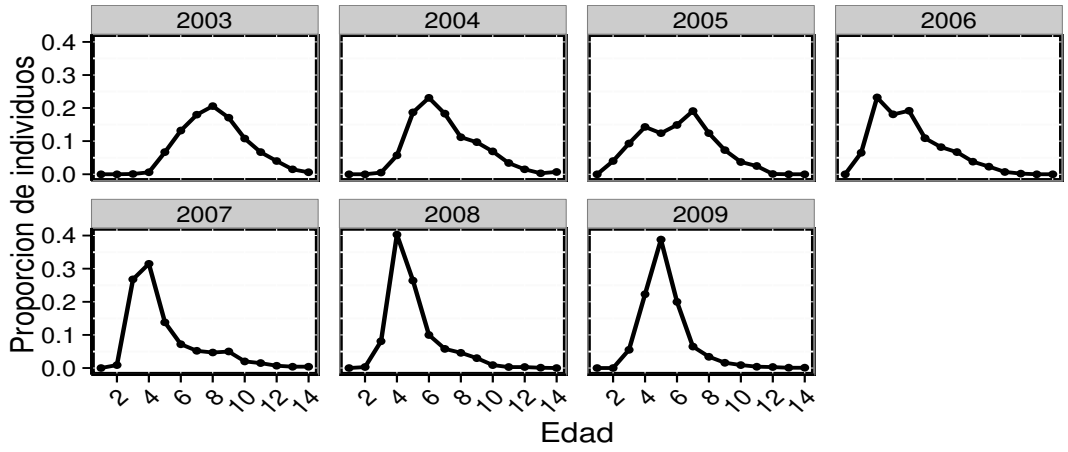


Figura 76. Proporción de individuos a la edad de la captura de merluza de cola por la flota industrial de arrastre en Chile central (V-X región), en el período 2003-2009.

En relación a los parámetros de historia de vida, se cuenta con información proveniente de la literatura de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (L_∞ =101.3 cm, y K = 0.176 año^{-1}), la ojiva de madurez a la edad, y la tasa instantánea de mortalidad natural (M=0.35 año^{-1}) que se asume constante entre edades y años (Payá & Canales 2013).

Merluza del sur

La información recopilada es aquella utilizada por el Instituto de Fomento Pesquero (Quiroz & Wiff, 2012) para realizar la evaluación de stock de merluza del sur. En este contexto, se cuenta con una serie de tiempo que abarca desde 1977 al 2010, con datos tanto dependientes como independientes de la pesquería, los que se resumen en la Tabla 33. La pesquería de merluza del sur se desarrolla exclusivamente en aguas de la Patagonia chilena, destacando la participación de una flota industrial de arrastre y otra de palangre industrial. A su vez, en aguas interiores (mar interior de Chiloé y de Aysén) opera una pesquería artesanal que utiliza básicamente espinel. Los índices de abundancia disponibles dicen relación con la evaluación acústica del stock desovante de merluza del sur que se realiza entre los veriles de ~ 150 a 600 metros de profundidad y desde la latitud 43º30' a 47º00'S (Lillo *et al*., 2010). Los índices de captura por unidad de esfuerzo han sido documentados por Quiroz & Wiff (2012).

En términos estructurales, se cuenta con la composición por edad de la abundancia evaluada acústicamente (Figura 76), así como con la composición por edad de las respectivas flotas (Figura 77, 78 y 79). Los datos de captura a la edad de la flota de arrastre comprenden el período que va desde 1981 al 2011, los datos de la flota de palangre abarcan desde 1989 al 2011 (excepto en 1993 y 1994), y los datos de la flota espinelera desde 1987 al 2011, con interrupciones en el período 1989-1994 y 1998.

Se cuenta además con una estimación de la tasa de mortalidad natural (M=0,21 año^{-1}), de la ojiva de madurez, y de los pesos promedio a la edad (Quiroz & Wiff, 2012).

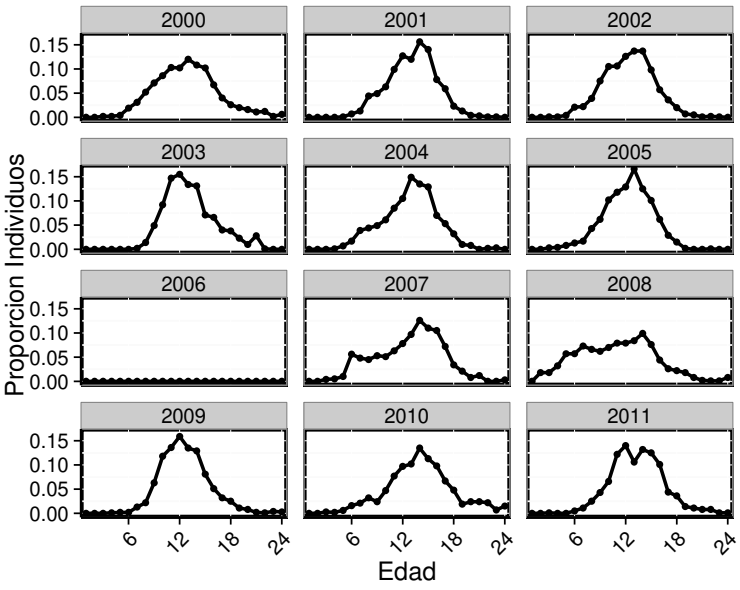


Figura 77. Proporción de individuos a la edad de la abundancia de merluza del sur, evaluada por acústica en el período 2000-2011.

Tabla 33. Merluza del sur. Datos de biomasa evaluada por acústica, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estándar para la flota de arrastre que opera en la Pesquería Demersal Austral (X-XII Región), CPUE estándar de la pesquería de arrastre, de palangre industrial y de la flota artesanal que utiliza espinel en aguas interiores (Quiroz & Wiff, 2012).

Años	Biomasa acústica (t)	CPUE Arrastre	CPUE Palangre	CPUE Espinel	Captura Arrastre (t)	Captura palangre (t)	Captura Espinel (t)
1977					2250		
1978		1			36342		
1979		0.85			44065		
1980		0.7			35731		
1981		0.55			38245		606
1982		0.66			44046		535
1983		0.49			30221		673
1984		0.43			29281		2256
1985		0.39			24201		7485
1986		0.4			31311		10207
1987		0.41	1		28707	2740	25171
1988		0.37	0.99		26689	6080	36533
1989		0.31	0.84		25359	8887	23162
1990		0.23	0.61		17847	6801	27283
1991		0.26	0.5		13636	8309	17024
1992		0.27	0.61		17003	4599	16735
1993		0.17	0.47		10372	2894	9475
1994		0.21	0.55		12814	3066	8987
1995		0.21	0.62		11572	4608	9447
1996		0.25	0.57	1	10811	3598	9949
1997		0.29	0.63	1.22	10615	2929	9925
1998		0.31	0.63	1.35	9573	4723	10061
1999		0.31	0.68	1.04	11818	4858	11014
2000	133845	0.47	0.65	1.2	11658	5623	12264
2001	100362	0.5	0.63	1.36	6978	6311	14625
2002	50356	0.7	0.69	2.7	7565	6259	13741
2003	84268	0.75	0.54	2.63	8677	6033	14692
2004	53200	0.6	0.42	2.2	9563	5831	15245
2005	43763	0.5	0.38	1.91	9083	5177	14904
2006	0	0.47	0.37	1.41	10132	5210	14194
2007	53350	0.49	0.4	1.22	10113	4322	15439
2008	59102	0.49	0.4	1.12	10005	4366	14664
2009	65337	0.52	0.43	1.07	9953	4788	13302
2010	51451	0.48	0.41	1.14	10103	4425	10998
2011	60397	0.42	0.36	1.01	10074	2399	7440

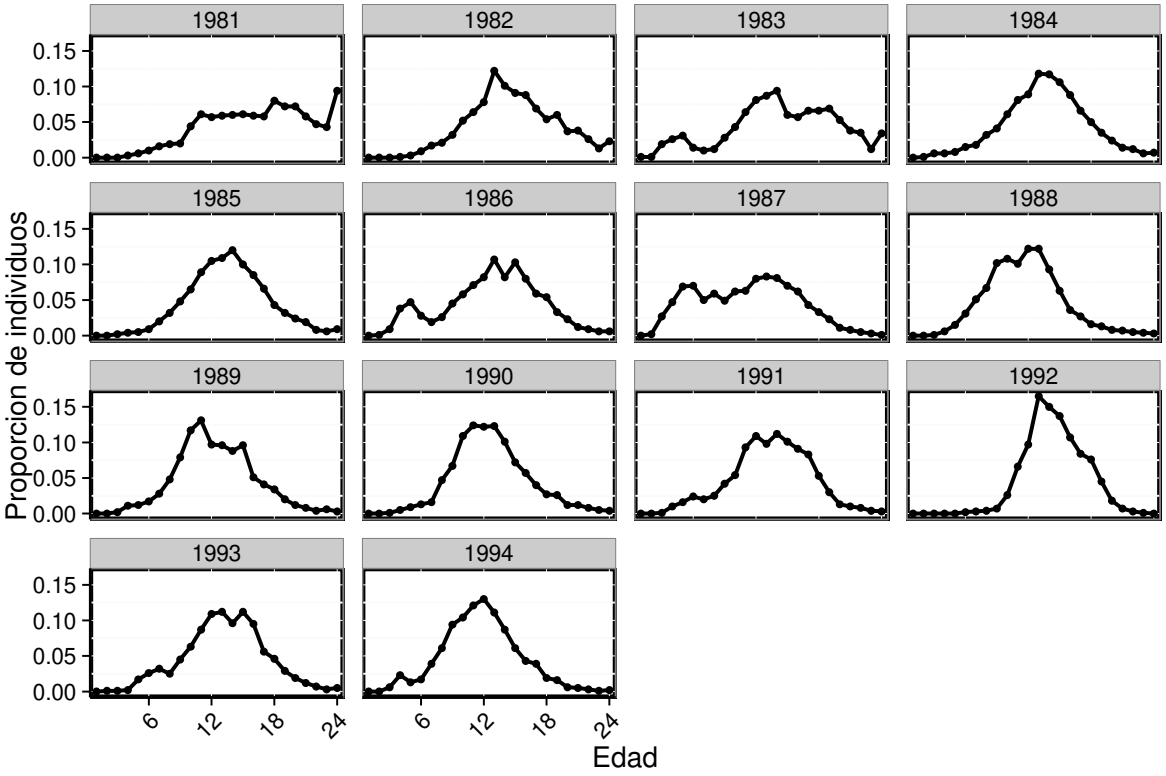


Figura 78. Proporción de individuos a la edad de las capturas de arrastre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1981 a 1994.

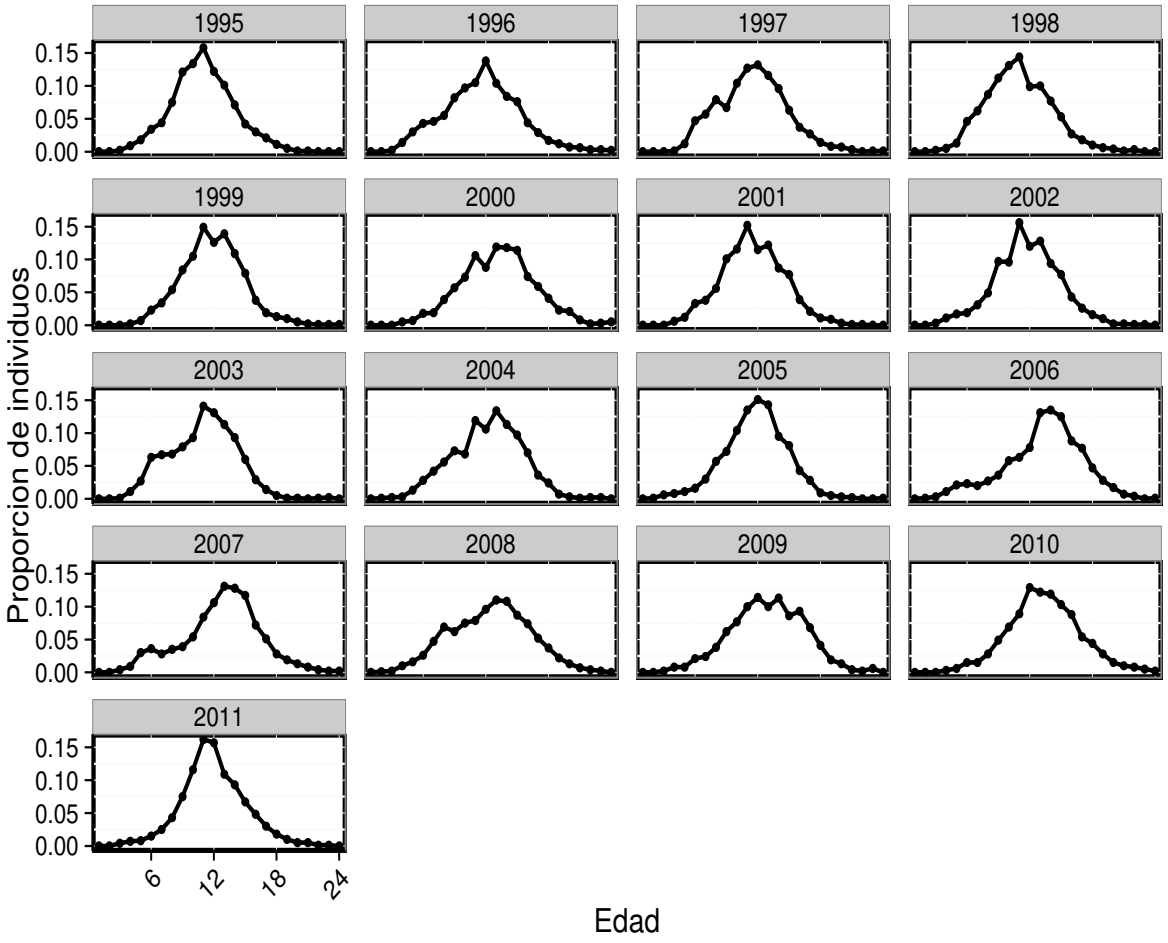


Figura 79. Proporción de individuos a la edad de las capturas de arrastre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1995 a 2011.

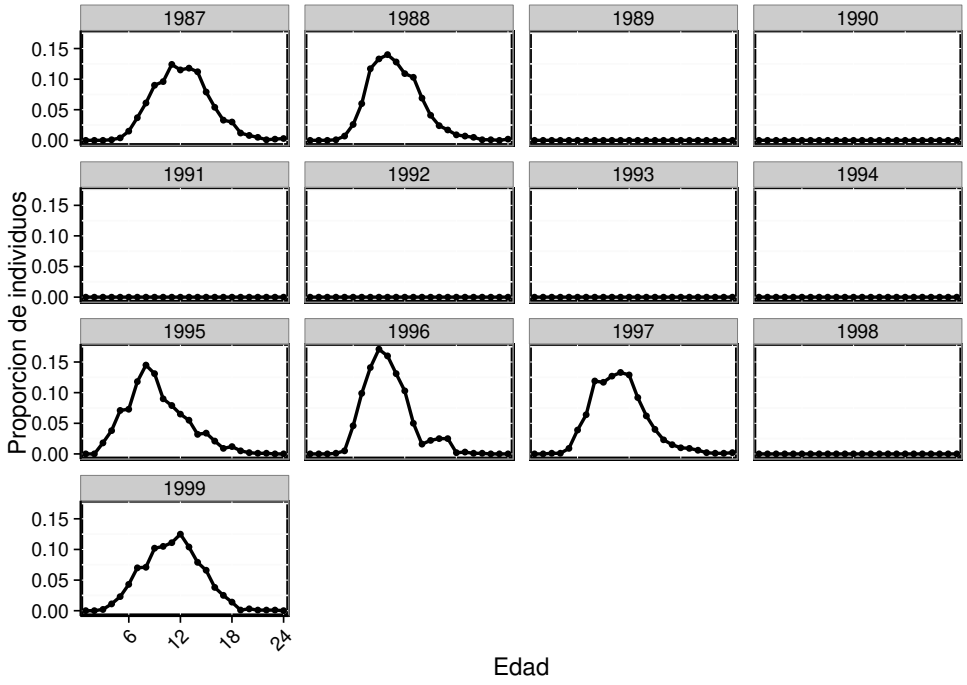


Figura 80. Proporción de individuos a la edad de las capturas de palangre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1987 a 1999.

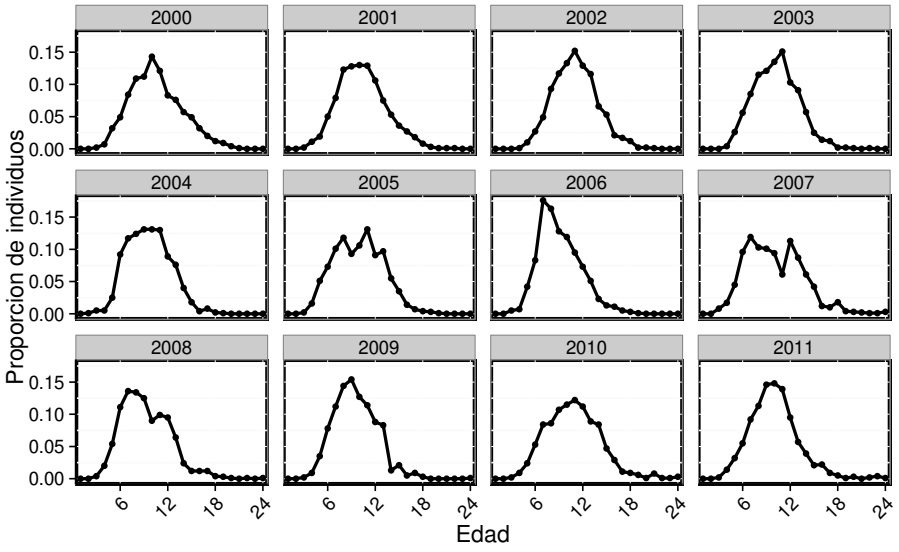


Figura 81. Proporción de individuos a la edad de las capturas de palangre de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 2000 a 2011.

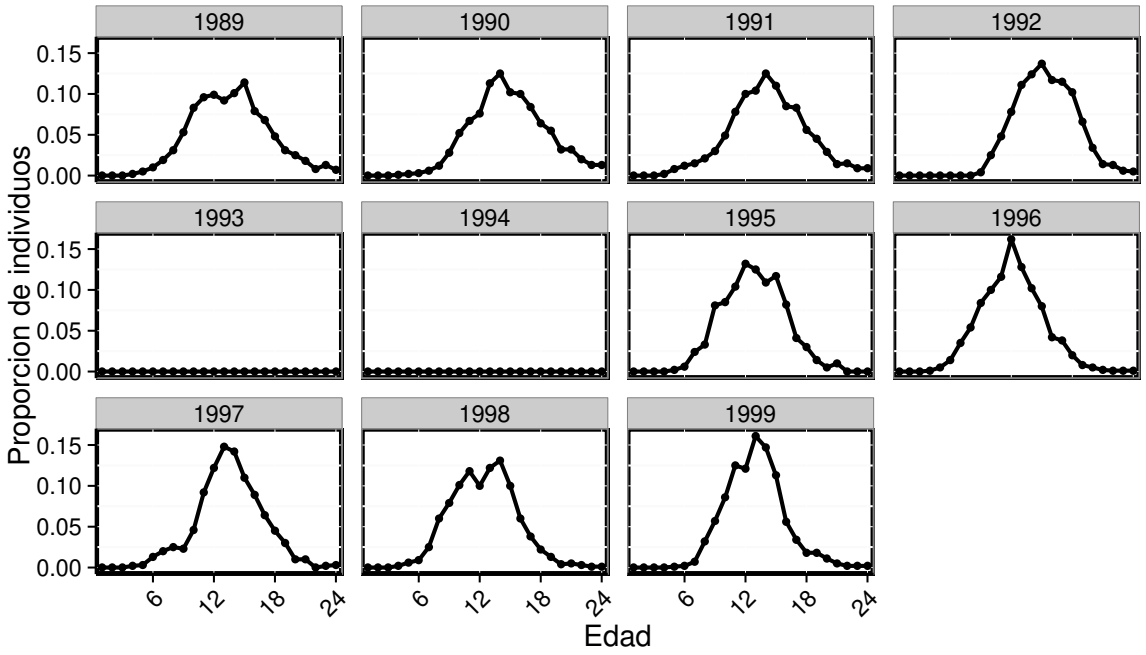


Figura 82. Proporción de individuos a la edad de las capturas de longline de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 1989 a 1999.

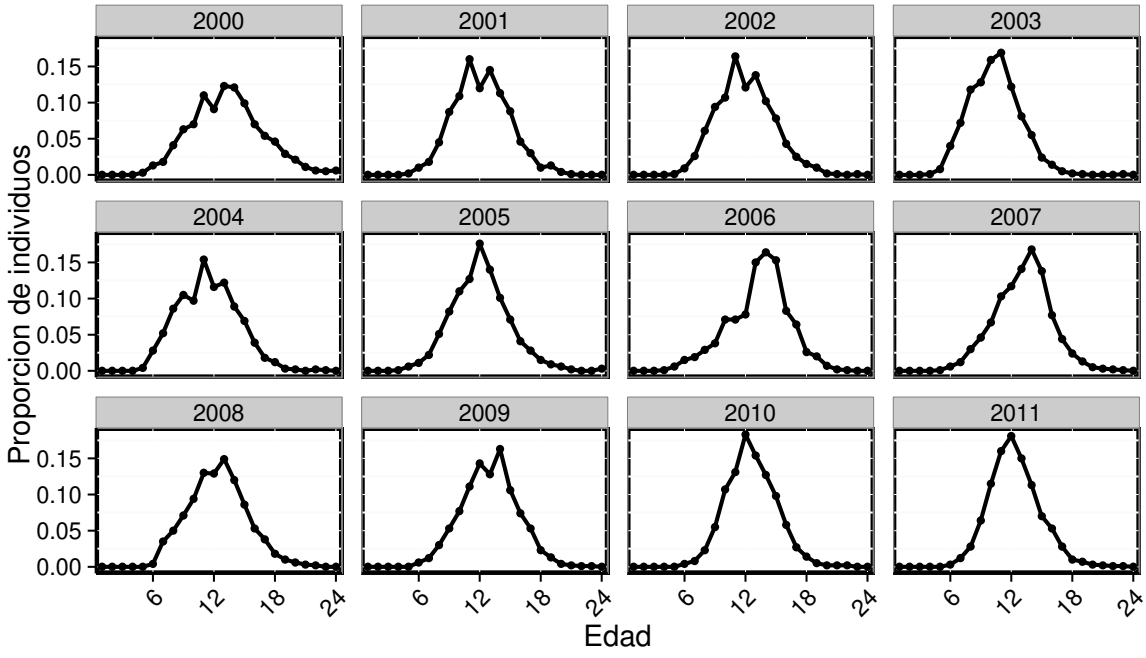


Figura 83. Proporción de individuos a la edad de las capturas de longline de las flotas que participan en la pesquería de merluza del sur, período 2000 a 2011.

4.4.3.2. Condicionamiento del modelo de simulación-estimación con índice de reclutamiento

El modelo de estimación de merluza de cola y merluza del sur fue condicionado con la incorporación del índice de reclutamiento generado por el modelo de simulación. Por lo tanto, los parámetros utilizados en la generación del índice de reclutamiento, ψ (coeficiente de proporcionalidad) y β (parámetro de forma de la función que define el índice de reclutamiento), fueron incorporados como parámetros a estimar en el modelo de evaluación de stock por el estimador de IFOP, a través de una estimación por log-verosimilitud

4.4.3.3. Descripción del estimador (modelo de IFOP).

Merluza de cola

Se utilizó el modelo de evaluación de stock edad-estructurado descrito por Payá y Canales (2012), compuesto por 14 grupos de edad (1 a 14+, este último asumido como grupo plus), con parámetros biológicos conocidos (crecimiento, peso y madurez), mortalidad natural constante (M=0.35 año^{-1}) y sin estructura espacial.

La selectividad después de 1992 fue modelada a través de una función logística para las flotas arrastreras (centro-sur y sur-austral) y una función tipo "dome-shape" mediante una distribución doble-normal para la flota de cerco. El reclutamiento y la relación stock-recluta fueron modelados siguiendo la función de Beverton-Holt, con un steepness igual a 0.7 y se cuantificó la abundancia mediante simulaciones a la edad por arte de pesca, tiempo de captura y error de observación

El modelo asume que los desembarques oficiales no presentan error de observación. Respecto de las demás piezas de información, asume que el reclutamiento son variables aleatorias distribuidos aleatoriamente en torno a un modelo stock reclutamiento, los que son estimados como función de la biomasa desovante sujeta a error de proceso. En el caso de la abundancia, es determinada por el período y flota que la explota en el transcurso del año. Las capturas son modeladas en términos proporcionales con el stock a inicio de cada

período y los índices de abundancia (Biomasa crucero hidroacústico y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota arrastrera sur-austral y cerquera) se asumen con distribución log-normal.

Merluza del sur

Se implementó un modelo estructurado por edades, compuesto por 24 grupos de edad (1 a 24+, este último considerado como grupo plus), con parámetros biológicos conocidos (crecimiento, peso y madurez), mortalidad natural constante (M=0.21 año^{-1}) y sin estructura espacial. La selectividad para las flotas arrastreras, espinelera y palangrera, fue modelada a través de una función doble-normal para todo el rango de edad.

Se asumió que la población de merluza del sur al comienzo del año 1977 se encontraba en una condición de equilibrio libre de pesca. Bajo este supuesto, el reclutamiento del 1977 corresponde a un reclutamiento virginal (Ro). Los reclutamientos fueron estimados a través del modelo stock-recluta de Beverton-Holt con estructura de error lognormal, stepnees igual a 0.5. Se asume que las desviaciones del reclutamiento poseen una estructura de error normal. La abundancia se cuantificó mediante simulaciones a la edad por arte de pesca, tiempo de captura y error de observación.

Se utilizó cuatro funciones de verosimilitud con el objeto de modelar el error de los diferentes tipos de datos. Para los índices de abundancia, se utilizó una estructura de error log-normal. Para las proporciones a la edad se asumió un error multinomial. Para los desembarques y desviaciones de reclutamiento se utilizó una estructura de error log-normal.

4.4.3.4. Índice de reclutamiento

Merluza de cola

En general el índice de reclutamiento para merluza de cola, estimado por el modelo de evaluación mostró un buen ajuste con respecto al índice de reclutamiento generado con el simulador. La mediana, tanto del índice simulado (línea verde) como la mediana del índice estimado (línea azul), se sobreponen a lo largo de toda la trayectoria (Figuras 84 a 86)

Al utilizar un valor de beta bajo (0.8) simulando una curva hiperestable, se encontró que al aplicar un coeficiente de variación bajo (0.2) ambos índices (simulado y estimado) presentaron alta variabilidad en las desviaciones estándar con respecto a la mediana, incrementándose en los períodos de alta productividad (1980-2000) y siendo más variable el índice simulado (Figura 84) que el estimado con el modelo de evaluación.

Al incrementar el coeficiente de variación de 0.4 a 0.6, manteniendo un valor de beta bajo (0.8), se observó un incremento en la variabilidad (mayor incertidumbre) del índice de reclutamiento (simulado y estimado) a lo largo de los años.

Por otra parte, al utilizar un valor moderado y alto de beta (1 y 1.2, respectivamente) la tendencia de la variabilidad del índice fue opuesta, observándose valores más bajos y con mayor variabilidad de la desviación estándar a medida que se incrementó el coeficiente de variación (0.2, 0.4 y 0.6), siendo más variable el índice generado con el simulador a medida que los valores de CV fueron incrementados (Figura 85 y 86).

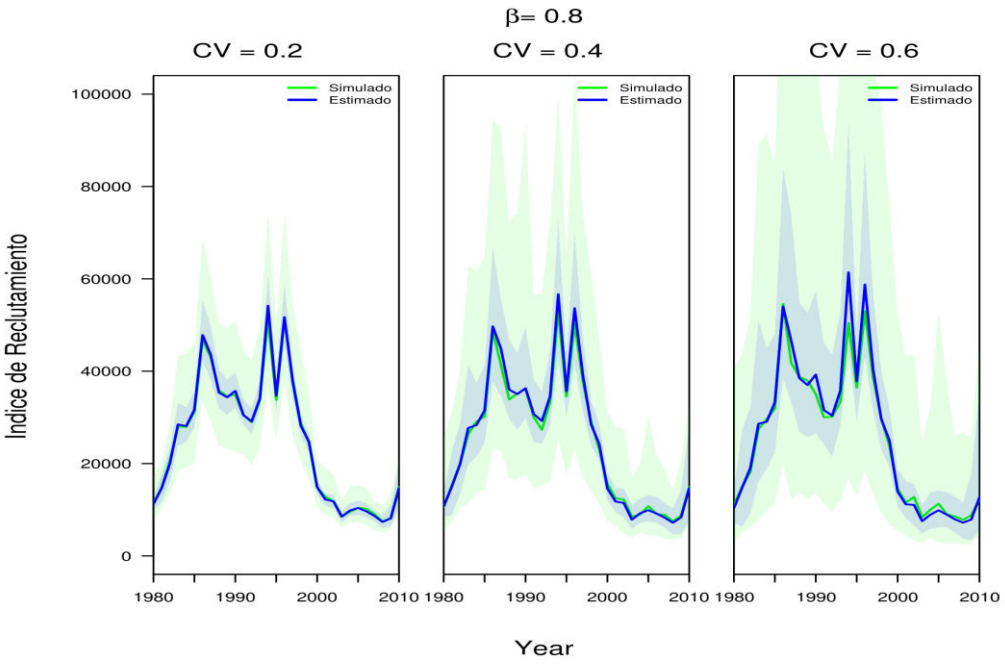


Figura 84. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza cola (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente.

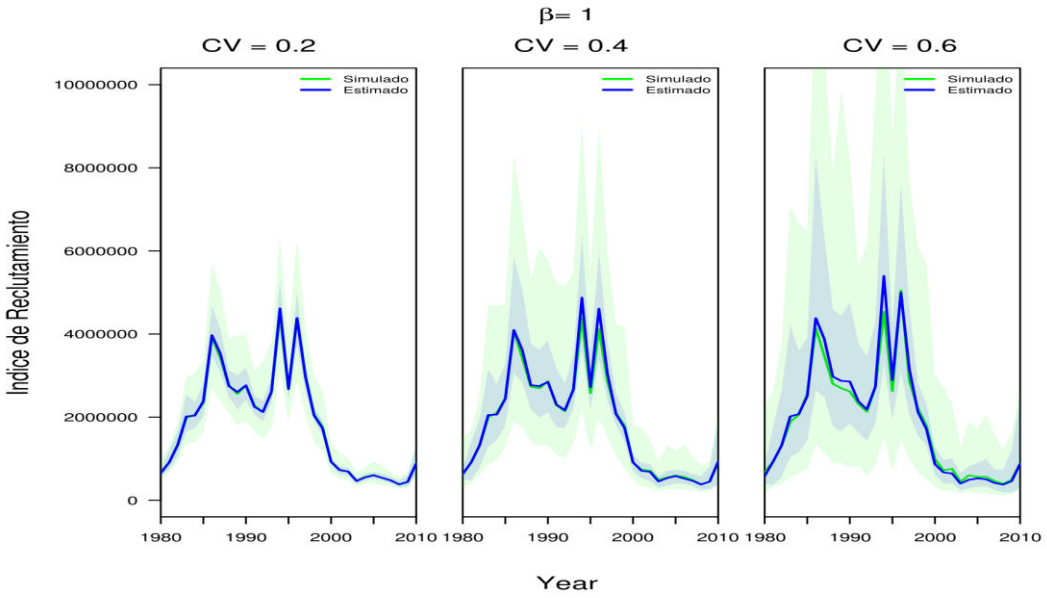


Figura 85. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza cola (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1. Donde la región azul y verde claro corresponden al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente.

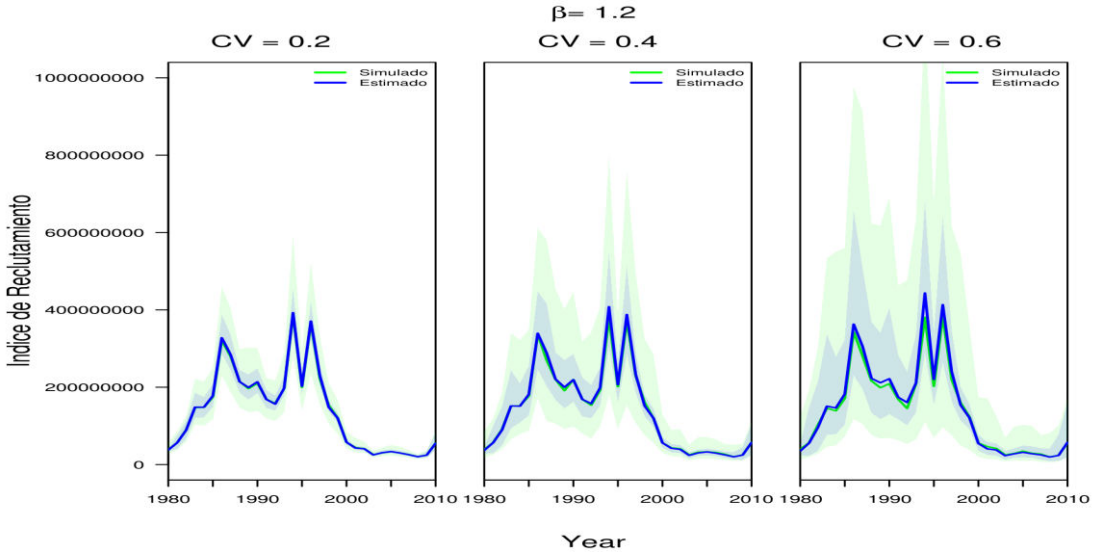


Figura 86. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza cola (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente.

En términos de biomasa desovante, el modelo de evaluación de la merluza de cola mostró que al incorporar el índice de reclutamiento no existió una insidencia directa en la estimación de la biomasa desovante, observándose la misma tendencia y magnitud de la biomasa desovante que la estimada por el modelo original de evaluación de IFOP, que no incorpora el índice de reclutamiento (Figura 87, 88 y 89). Sin embargo el modelo de estimación que incluye el índice de reclutamiento, así como el modelo que no lo incluye fueron sensibles a la variación del coeficiente de variación y parámetro beta, observándose una mayor varibilidad y menor magnitud de la SSB a medida que se incrementó el coeficiente de variación (0.2, 0.4 y 0.6) y a medida que se incrementó el valor de beta (0.8, 1 y 1.2), presentando una tendencia decreciente y fluctuante en el tiempo, del orden de 2 millones de toneladas en 1980 hasta 100 mil toneladas en 2010 para los escenarios con un coeficiente de variación 0.2-0.4, y con magintudes del orden de 1 millón de toneladas en 1980 y 50 mil toneladas para el 2010 para los escenarios con coeficientes de variación igual a 0.6 (Figuras 87, 88 y 89).

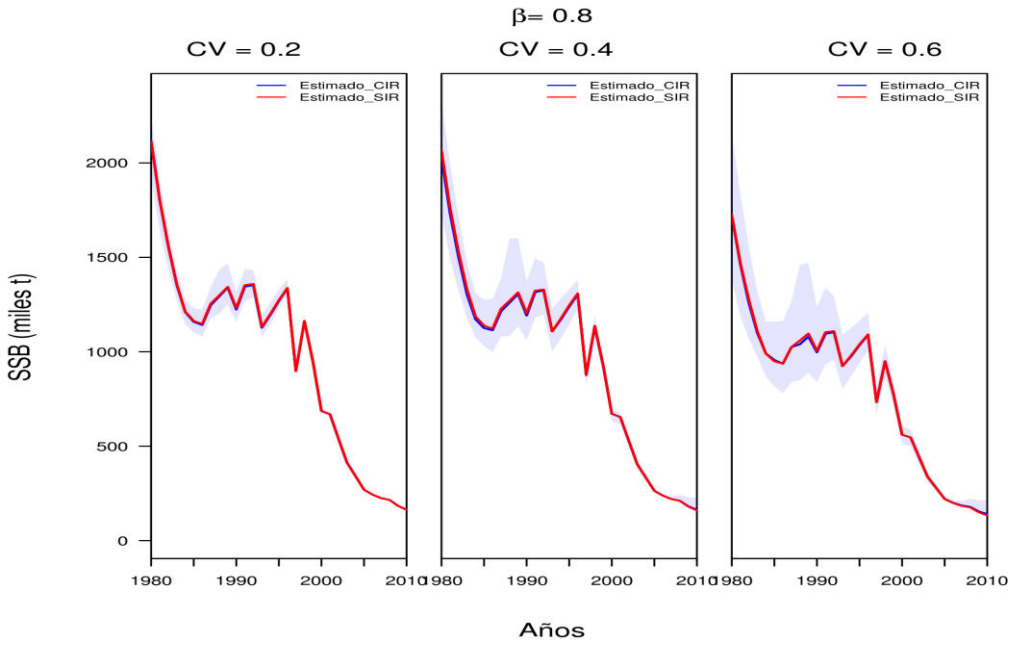


Figura 87. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento.

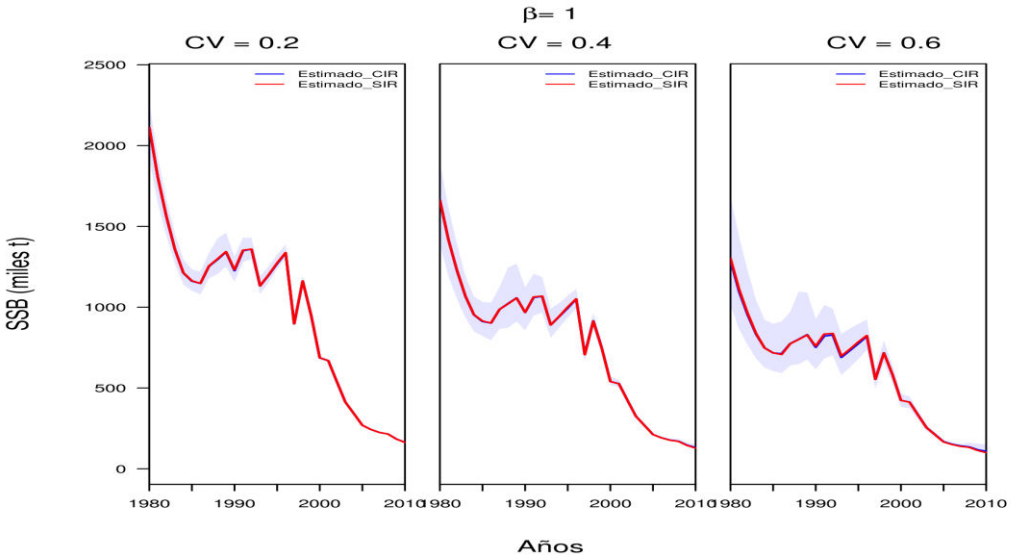


Figura 88. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento.

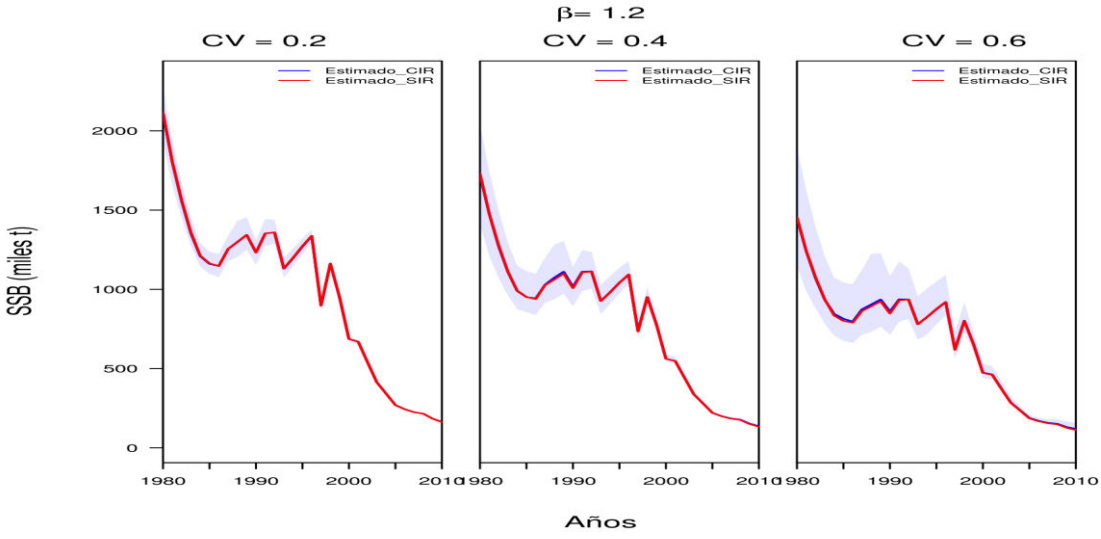


Figura 89. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento.

Con respecto a la tasa de explotación de la merluza de cola se observó que el índice de reclutamiento al igual que en la SSB, no mostró una incidencia directa en la tendencia de la tasa de explotación, independiente del valor asignado al parámetro beta o al coeficiente de variación utilizado en la generación del índice, obteniendo la misma tendencia fluctuante y magnitud de la tasa de explotación (Figuras 90, 91 y 92).

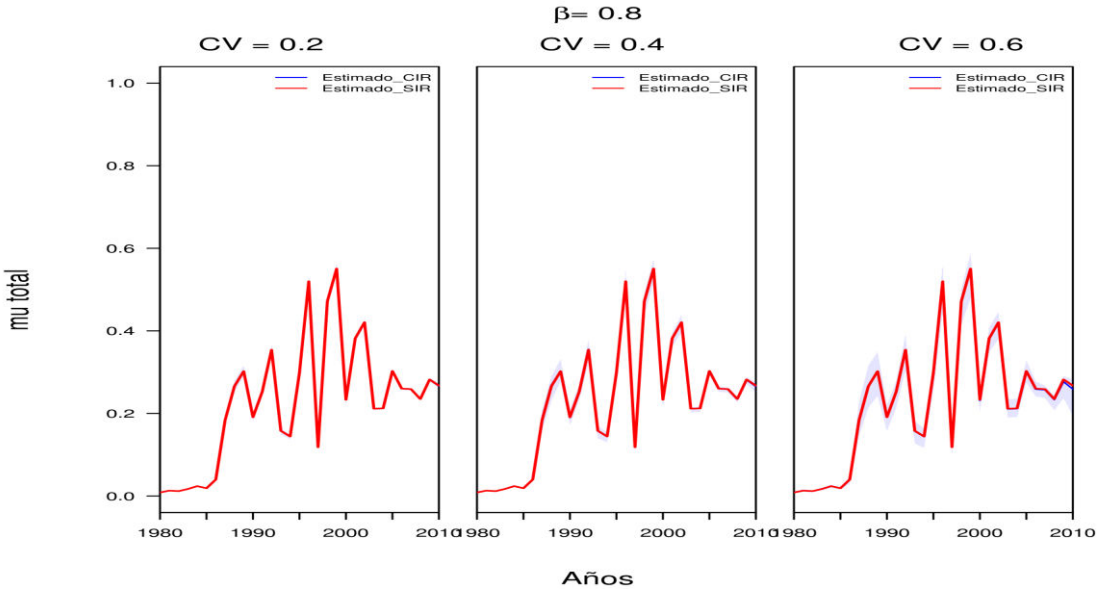


Figura 90. Tasa de explotación total estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la tasa de explotación total en el modelo con índice de reclutamiento.

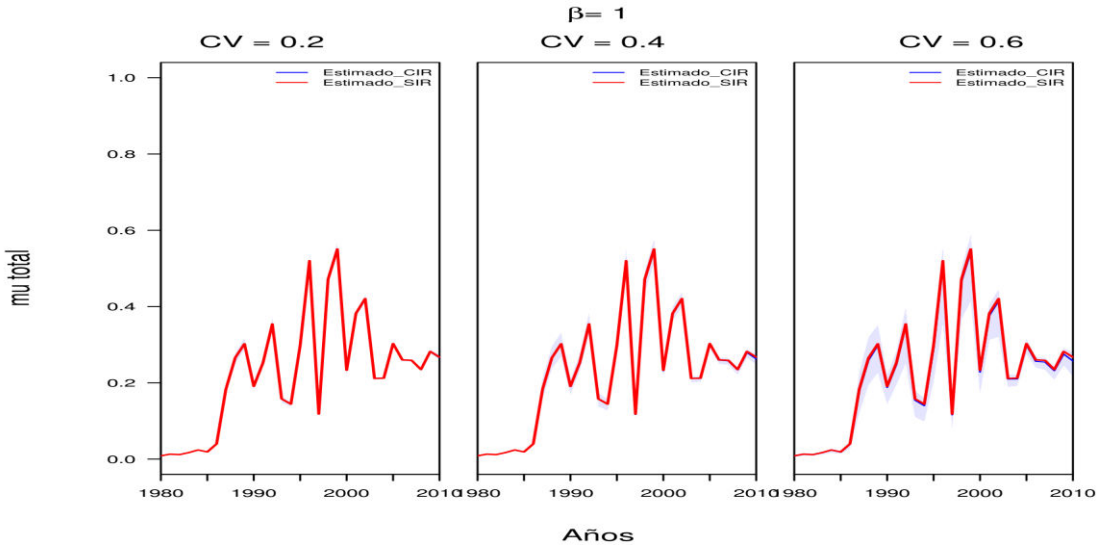


Figura 91. Tasa de explotación total estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la tasa de explotación total en el modelo con índice de reclutamiento.

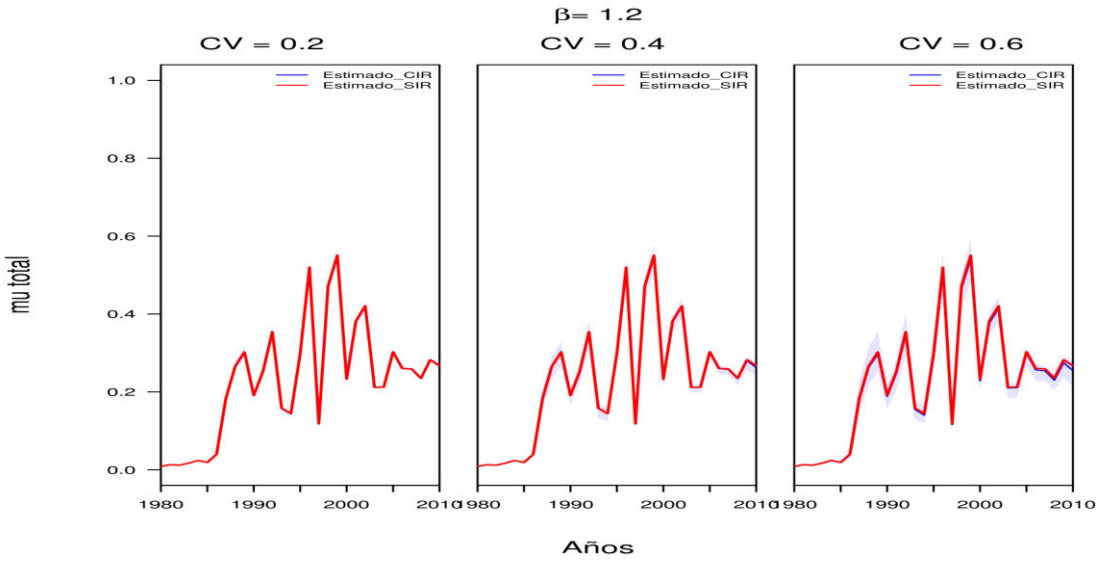


Figura 92. Tasa de explotación total estimada con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la tasa de explotación total en el modelo con índice de reclutamiento.

En términos de reclutamiento la incorporación del índice de reclutamiento al modelo de estimación mostró una pequeña variabilidad con respecto al modelo sin el índice (Figuras 93, 94 y 95). Sin embargo, tanto el valor del parámetro beta como el valor del coeficiente de variación no tuvieron incidencia en la magnitud y fluctuación del reclutamiento observándose los mismos niveles de reclutamiento para todos los escenarios planteados (β= 0.8, 1 y 1,2; CV= 0.2, 0.4 y 0.6). Altos niveles de reclutamiento fueron encontrados entre 1980 y 1999, y bajos niveles de reclutamiento entre 2000 y 2010.

Para el modelo de estimación con índice de reclutamiento se observó que, a medida que se incremento la incertidumbre del índice (CV=0,4 a 0.6), se incrementa la variabilidad de la estimación del reclutamiento especificamente en períodos de alta productividad (Figuras 93, 94 y 95).

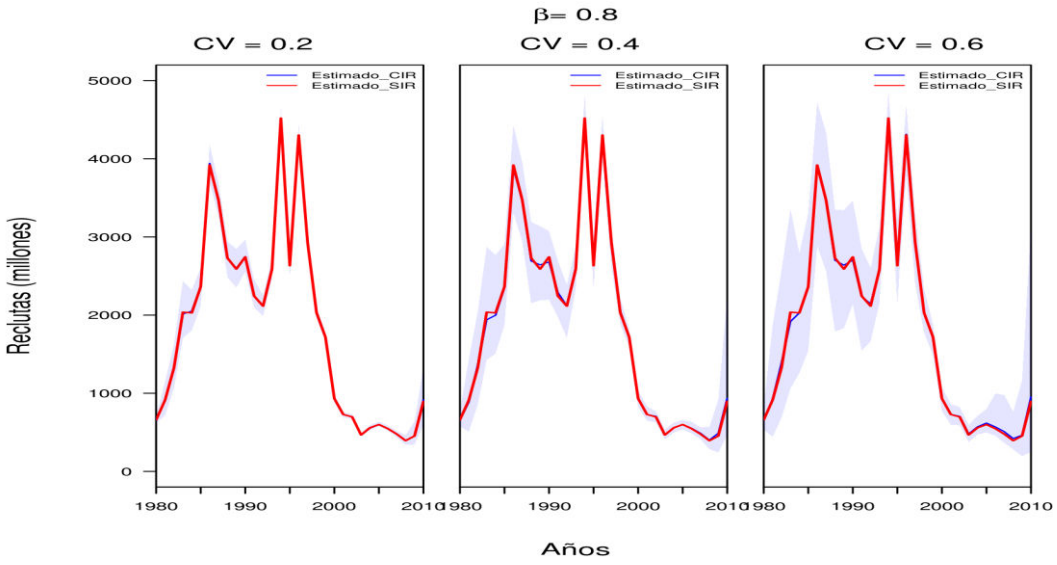


Figura 93. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento.

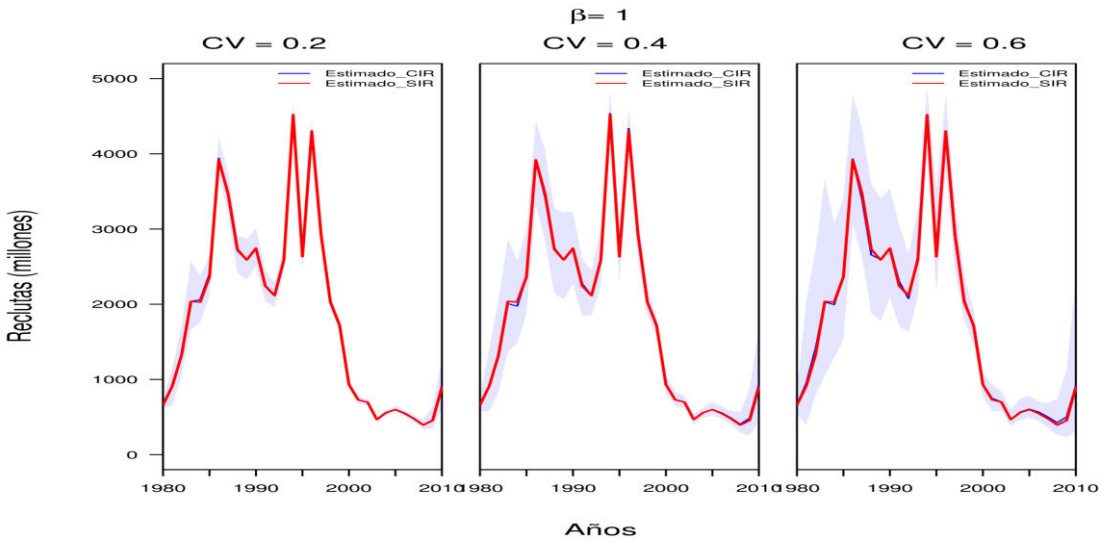


Figura 94. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento.

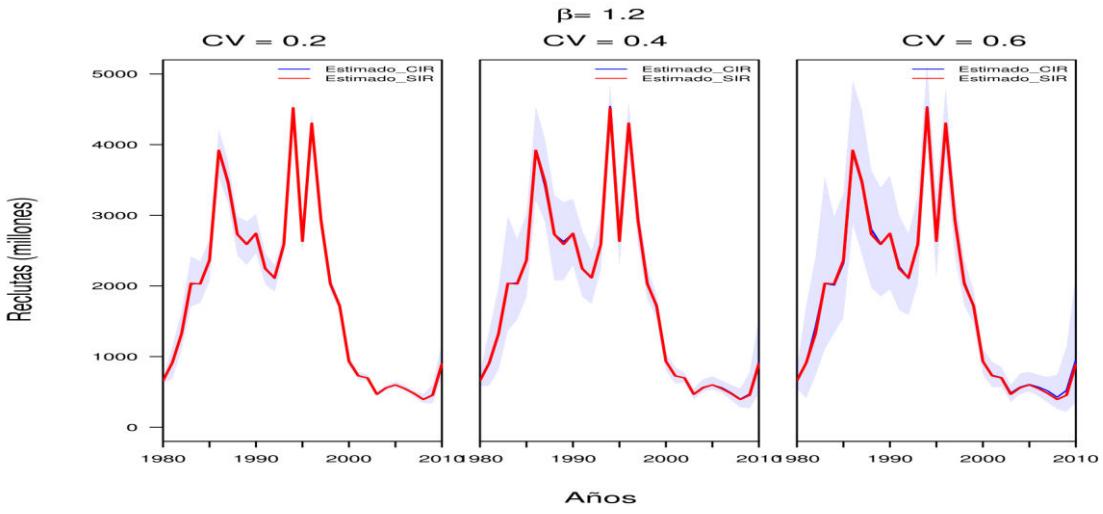


Figura 95. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza de cola incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento.

Merluza del sur

En términos generales el índice de reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de la merluza del sur mostró una tendencia decreciente entre 1980 y 2010 al igual que el índice simulado (Figura 96, 97 y 98). Al utilizar un bajo valor de beta (0.8) simulando una curva hiperestable, el modelo de estimación sobrestimó al comienzo de la serie y subestimó levemente entre los años 1995 y 2000. Si bien la tendencia de ambas estimaciones son similares entre sí, al incrementar el coeficiente de variación (0.4 - 0.6) se observó un incremento en los valores de las desviaciones estándar de la mediana, siendo más variable el índice generado con el simulador que el índice estimado con el modelo de evaluación. Al utilizar un valor de β=1 (simulando una curva de proporcionalidad) o un valor de β=1.2 (simulando una curva de hiperdepleción) se observó un incremento en los valores del índice de reclutamiento (mediana) obteniendo los mayores valores de la mediana a un coeficiente de variación de 1.2, y los mayores valores de las desviaciones estándar a un coeficiente de variación de 0.6 siendo menos variable el índice de reclutamiento generado con el simulador que el índice de reclutamiento estimado con el modelo de IFOP (Figura 97 y 98).

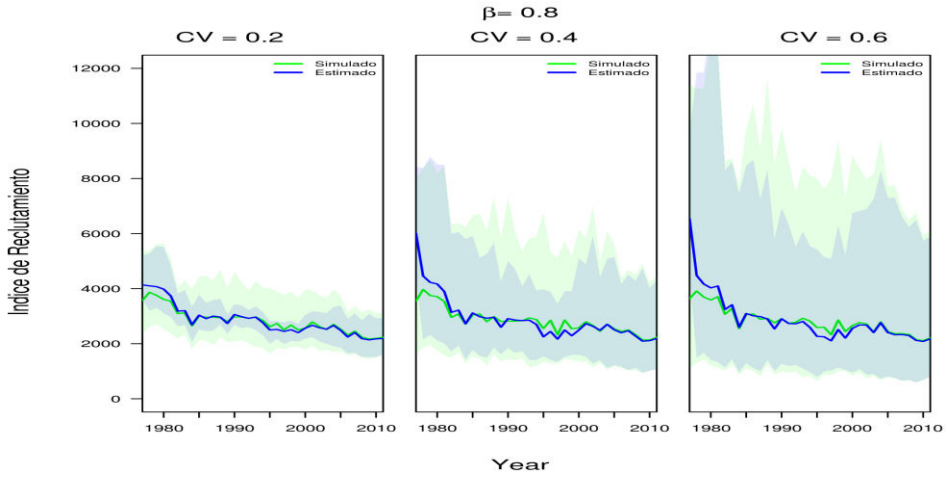


Figura 96. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza del sur (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8. Donde la región azul y verde claro corresponden al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente.

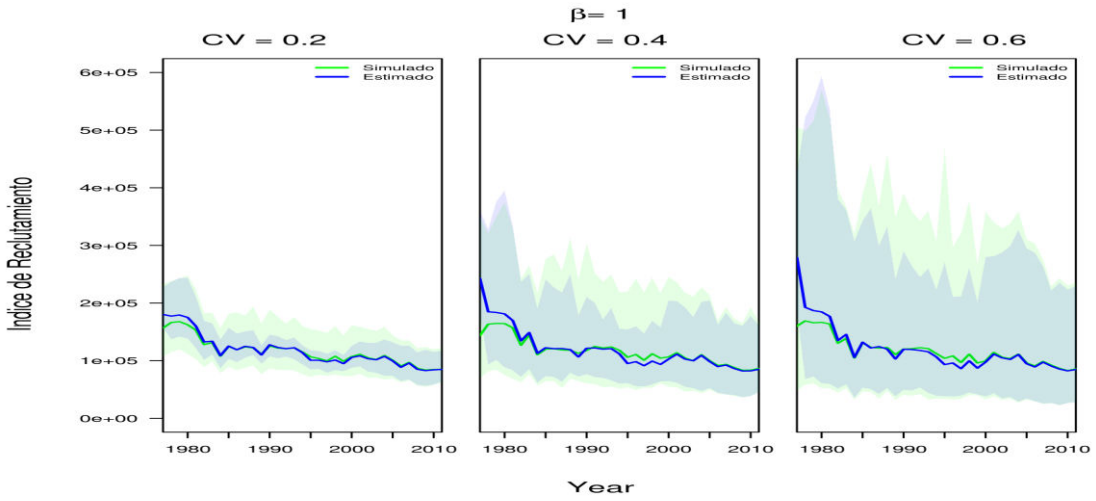


Figura 97. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza del sur (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente.

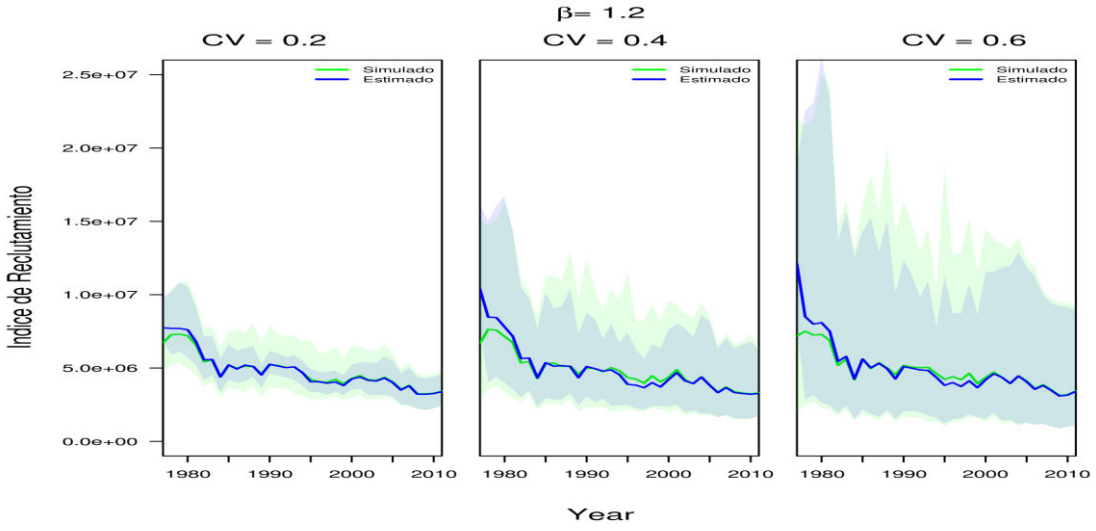


Figura 98. Simulaciones de trayectoria estocástica del índice de reclutamiento de merluza del sur (línea verde correspondiente a la mediana de la simulación) y estimaciones realizadas con el modelo de evaluación de stock de IFOP (línea azul correspondiente a la mediana de la estimación), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2. Donde la región azul y verde claro corresponde al intervalo de confianza de 95% de las estimaciones y simulaciones, respectivamente.

El desempeño del modelo de evaluación de la merluza del sur con respecto a la biomasa desovante mostró que al incorporar el índice de reclutamiento en el modelo de estimación se tiene una pequeña variabilidad en las magnitudes de la biomasa desovante con respecto al modelo que no incorpora el índice de reclutamiento. En efecto, se obtiene valores de biomasa desovante más altas para el modelo con índice de reclutamiento entre el período 2000 al 2010. Si bien el desempeño del modelo de estimación es bastante bueno y se encuentra dentro de los niveles aceptables, este sobrestima levemente la biomasa desovante entre 1995 y 2010 (Figura 99, 100 y101). Sin embargo, tanto el modelo de estimación que incluye el índice de reclutamiento como el que no lo incluye no fueron sensibles a la variación del parámetro beta, aunque sí a la incertidumbre del índice. En este sentido, fueron más variables a medida que se incrementó el coeficiente de variación (CV=0.2, 0.4 a 0.6), obteniendo una tendencia decreciente y fluctuante en el tiempo con magnitudes del orden de 400 mil toneladas en 1980 hasta 100 mil toneladas para el 2010 (Figura 28, 29 y 30). El modelo modelo de estimación con índice de reclutamiento resultó ser más variable.

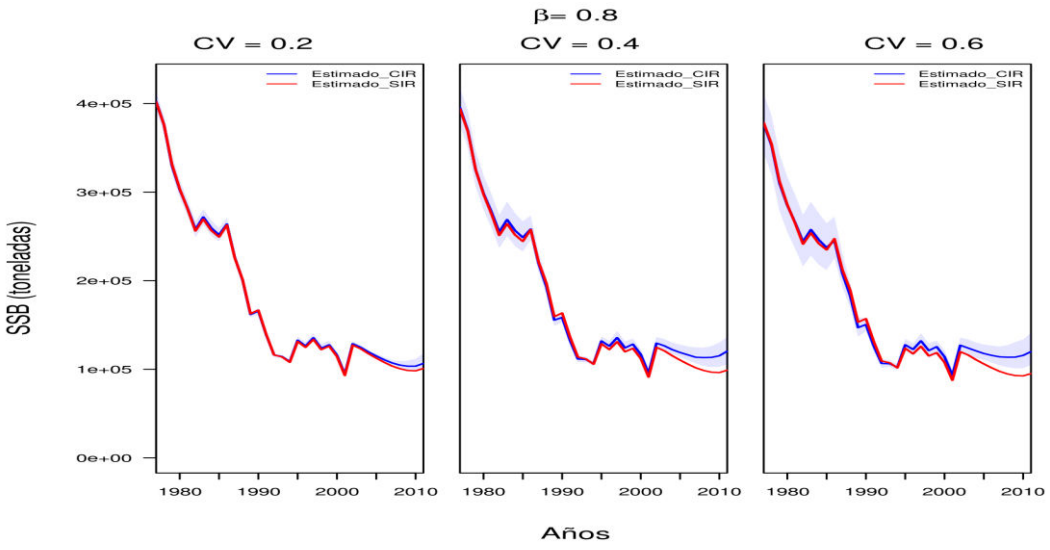


Figura 99. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento.

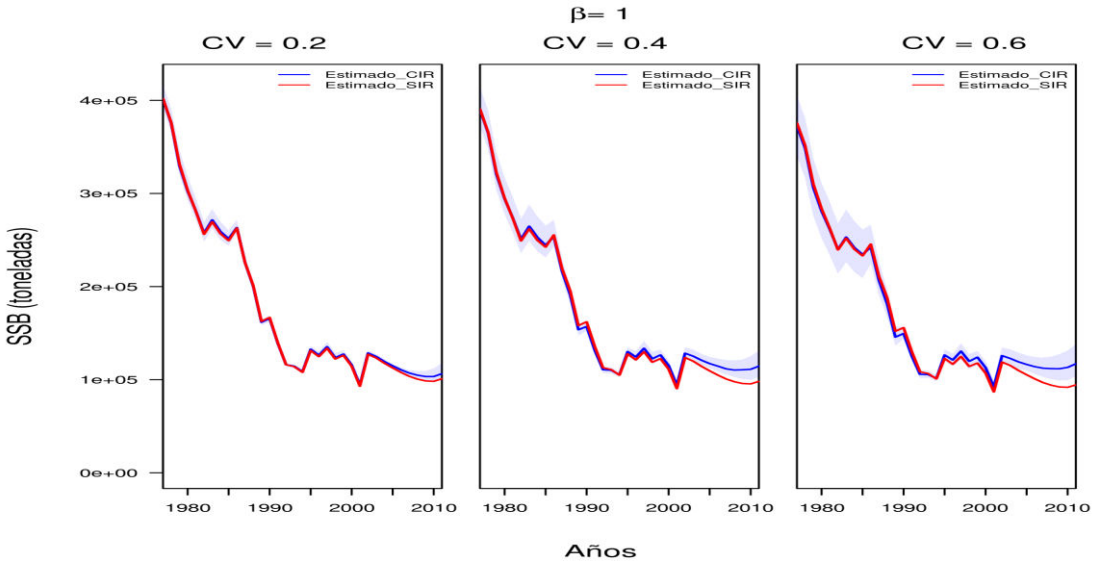


Figura 100. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento.

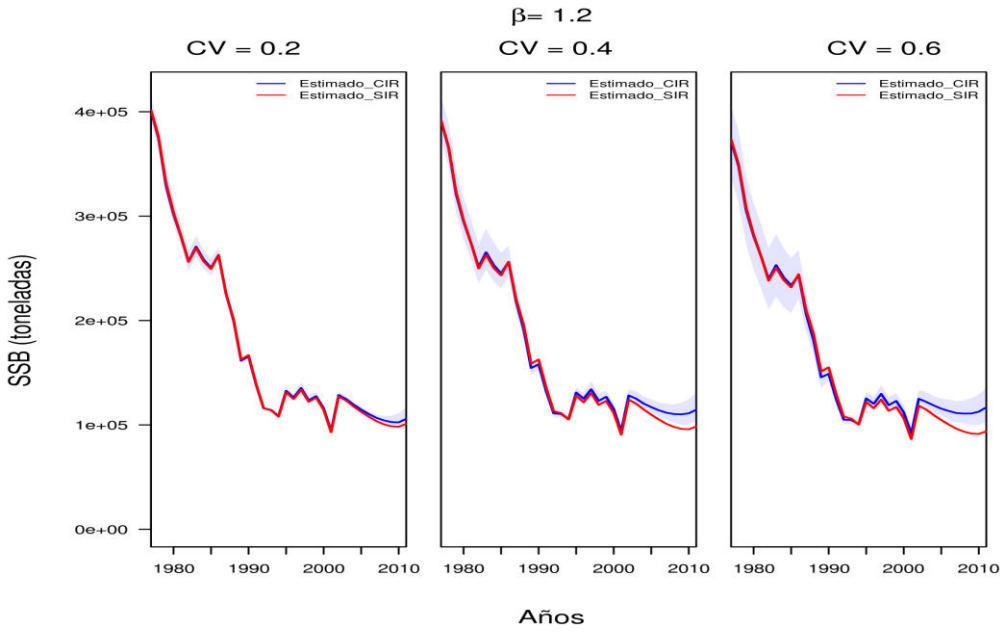


Figura 101. Biomasa desovante estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la biomasa desovante en el modelo con índice de reclutamiento.

El desempeño del modelo con respecto a la mortalidad por pesca mostró que al incorporar el índice de reclutamiento en el modelo de estimación de la merluza del sur, la mortalidad por pesca fue más baja con respecto al modelo de estimación que no inlcuye el índice de reclutamiento. Si bien el desempeño del modelo de estimación es bastante bueno y se encuentra dentro de los niveles aceptables, este presentó subestimación importante en los niveles de mortalidad por pesca entre 1980 y 2010 en relación al modelo que no incluye el índice (Figuras 102, 103 y 104). Sin embargo, tanto el modelo de estimación que incluye el índice como el que no lo incluye no fueron sensibles a la variación del parámetro beta. Ambos modelos si fueron sensibles a la incertidumbre del índice, siendo más variables a medida que se incrementó el coeficiente de variación (Cv=0.2, 0.4 a 0.6), mostrando una tendencia creciente y fluctuante en el tiempo entre 1980 y 2010 (Figura 102, 103 y 104).

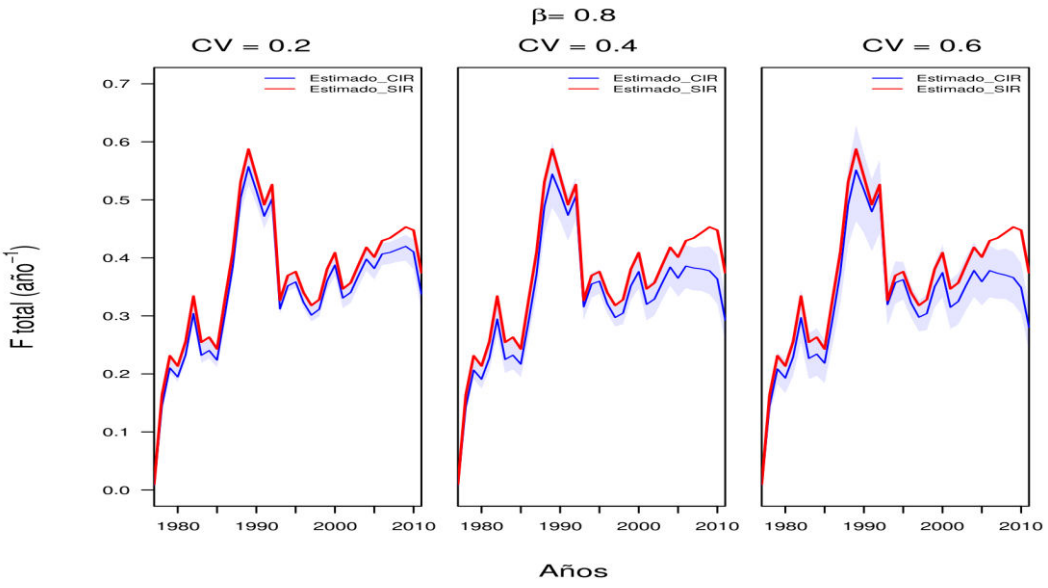


Figura 102. Mortalidad por pesca total estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la mortalidad por pesca en el modelo con índice de reclutamiento.

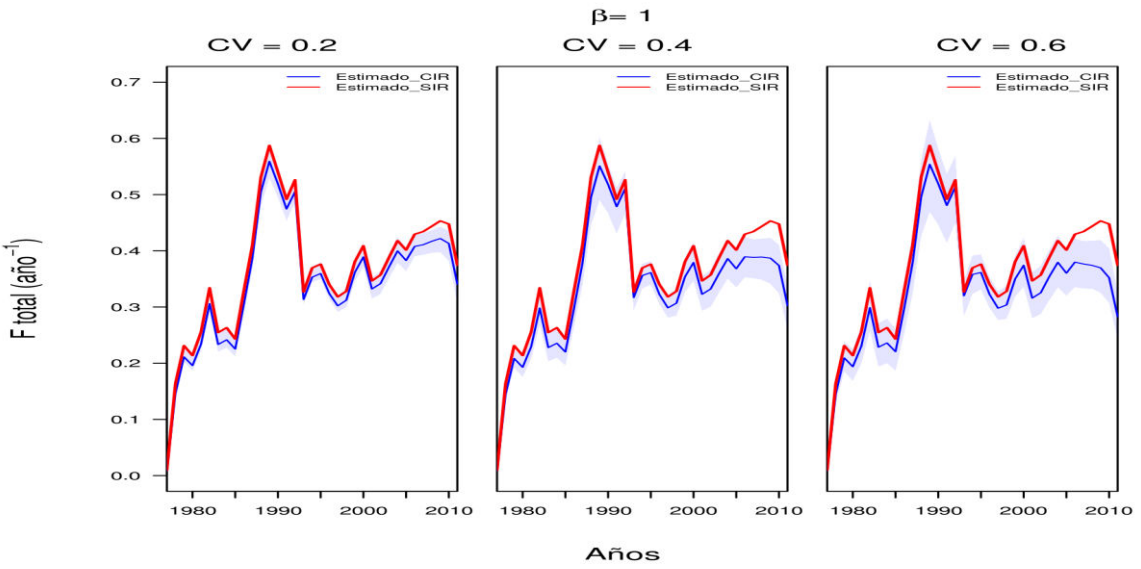


Figura 103. Mortalidad por pesca total estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la mortalidad por pesca en el modelo con índice de reclutamiento.

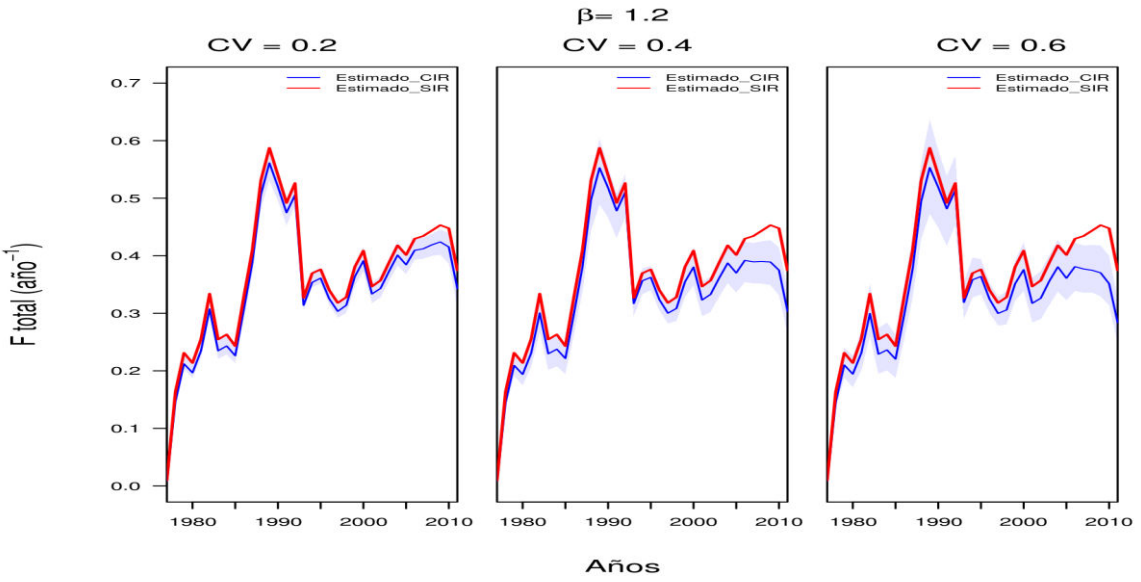


Figura 104. Mortalidad por pesca total estimada con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% de la mortalidad por pesca en el modelo con índice de reclutamiento.

El desempeño del modelo con respecto al reclutamiento mostró que al incorporar el índice de reclutamiento en el modelo de estimación de la merluza del sur presentó una tendencia decreciente y con menos variabilidad internaual que el modelo que no incorpora el índice. Sin embargo, el modelo que incorporó el indice subestimó los altos niveles de reclutamiento entre 1980 y 1985, y sobrestimó los bajos niveles de reclutamiento entre 1986 al 2010. Entonces, se obtuvo una diferencia significativa entre las magnitudes de los reclutamientos con respecto al modelo sin índice de reclutamiento. Ambos modelos no fueron sensibles a la variación del parámetro beta, pero sí la incertidumbre del índice siendo más variable a medida que se incrementó el coeficiente de variación (CV=0.2, 0.4 a 0.6). En efecto, las desviaciones estándar mostraron una tendencia creciente en sus valores fluctuando entre 150 a 110 millones de reclutas entre el período 1980 y 2010, (Figuras 105, 106 y 107).

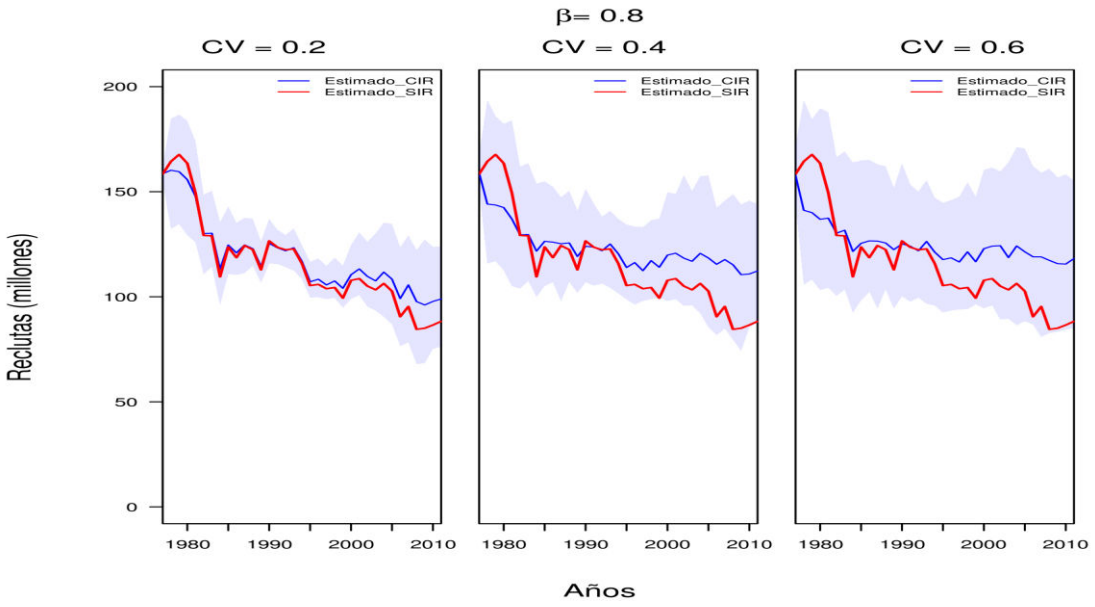


Figura 105. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980 a 2010, con un valor de β=0.8, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento.

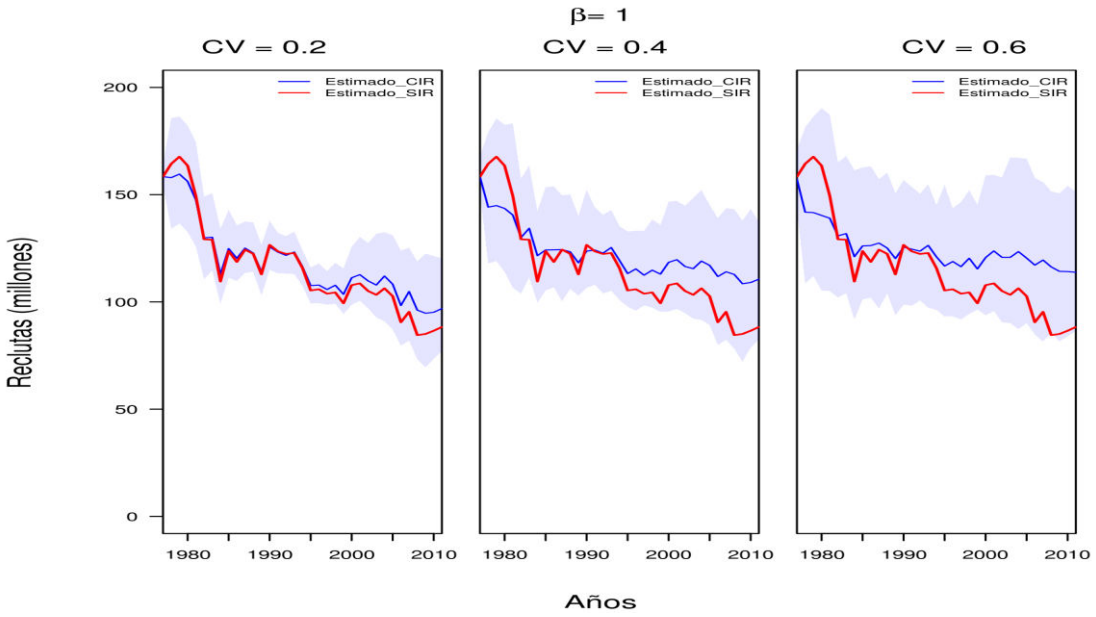


Figura 106. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento.

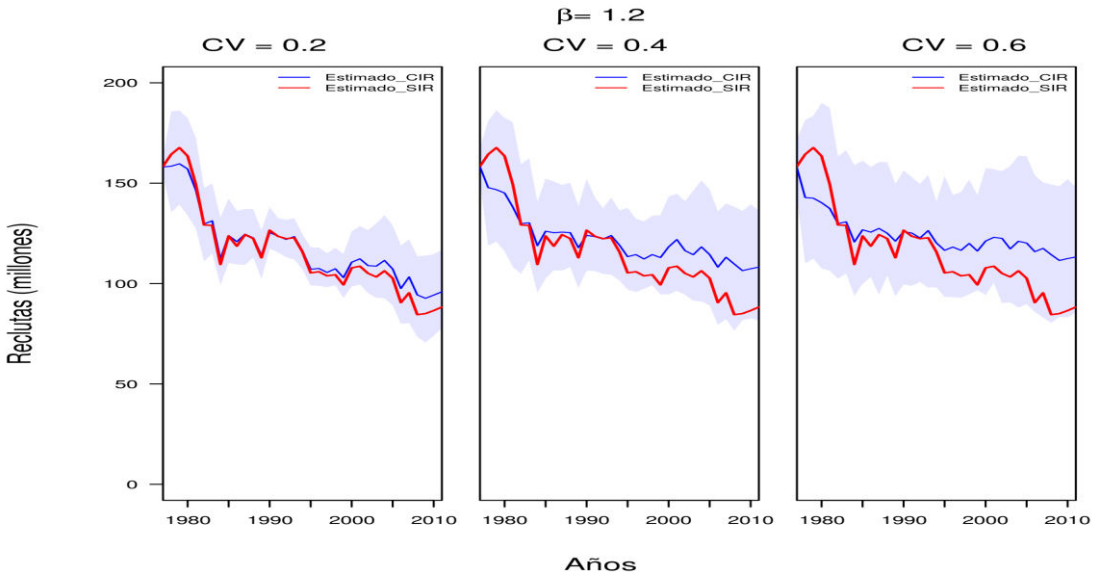


Figura 107. Reclutamiento estimado con el modelo de evaluación de merluza del sur incorporando el índice de reclutamiento (línea azul) y sin índice de reclutamiento (línea roja), entre el período 1980-2010, con un valor de β=1.2, donde el área azul sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% del reclutamiento en el modelo con índice de reclutamiento.

4.4.4. Discusión y conclusiones

En la mayoría de los stocks de peces el reclutamiento es altamente variable debido a las fluctuaciones interanuales en la sobrevivencia de los estadíos de desarrollo temprano (Hjort, 1914; Cushing, 1995; Chambers & Trippel, 1997; Stige *et al*., 2013). Por esta razón, un monitoreo constante a la pesquería contribuye a mejorar el entendimiento de este proceso y a generar información que permita predecir estas fluctuaciones. Si fuera posible predecir con mayor exactitud la fuerza de una clase anual, las estimaciones de los modelos de evaluación podrían ser más precisas y de esta forma se podrían evaluar de mejor manera las consecuencias de acciones de manejo alternativas (Stige *et al*., 2013). La incorporación de un índice de reclutamiento puede permitir estimaciones y predicciones del reclutamiento más precisas y menos sesgadas. Sin embargo, esto dependerá de si se utilizan larvas, huevos o juveniles. Teniendo en cuenta que huevos y larvas son más propensos a las perturbaciones ambientales, depredación, etc. (e.g. Sinclair & Tremblay, 1984; Houde, 1994; Blood, 2002; Beaugrand *et al*., 2003; Fiksen *et al*., 2007), un índice basado en juveniles podría ser más preciso debido a su mayor resiliencia principalmente frente a cambios ambientales (Sogard, 1997; Stige *et al*., 2013).

Los resultados sugieren que es posible incorporar sin inconveniente en ambos modelos de evaluación (Merluza del Sur y merluza de Cola) un índice que ayude a predecir con mayor precisión el reclutamiento. En general, el índice simulado presentó un buen desempeño en ambos modelos, generando estimaciones confiables y similares a las de los modelos sin índices de reclutamiento (modelos originales). En ambos modelos, el desempeño del índice de reclutamiento dependió del coeficiente de variación utilizado para generar el error de observación del índice y de la forma de la relación asumida entre el índice y la abundancia (i.e. hiperestabilidad, proporcionalidad o hiper-depleción).

La fuerte tendencia decreciente de la merluza de cola pareciera estar unido a múltiples factores que podrían estar actuando conjuntamente la dinámica de la abundancia del recurso. En primer lugar, existirían factores ambientales y oceanográficos, entre ellos: a) anomalías de gran escala en la temperatura superficial del mar (Cubillos et al., 2014), lo que puede ser indicativo de cambios en el régimen de reclutamiento de la merluza de cola.

Si bien la temperatura no es una causa directa, puede ser indicativa de cambios en la productividad primaria, transporte/retención en las zonas de crianza (Bailey et al. 1982; Castro et al. 2011), cambios en la estabilidad/turbulencia de la columna de agua afectando la disponibilidad y capturabilidad del alimento (Cury y Roy 1989; Sundby 1996); b) factores biológicos: un progresivo deterioro en la estructura de longitudes y edades del stock desovante, una ostensible reducción en la abundancia del recurso, una reducción de 2.4 años en la edad de primera madurez al 50% de las hembras (Lillo et al., 2011), bajos niveles del stock reproductor desde el 2000-2010 (Paya y Canales 2012), predación de merluza del sur (*Merluccius australis*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y a su vez, de ejemplares adultos de la propia merluza de cola (canibalismo) siendo el principal ítem alimenticio (casi 80% en peso) sobre su misma especie (FIP 2004-07, FIP 2008-23, Aviles et al., 1979; Ojeda, 1986; Paya y Rocha, 1991; Paya, 1992, Arancibia et al., 2010). En segundo lugar, existen los factores antropogénico y de manejo. En este sentido, el recurso ha estado fuertemente explotado, observándose que el estatus al 2010 fue de sobreexplotación. Esto implica baja abundancia y tasas de explotación altas ejercidas por la pesquería de arrastre de fondo de la zona austral, la que podría haber determinado una reducción significativa en la edad media y una menor incidencia de juveniles en la población, tal como se revela en los datos de captura a la edad de la pesquería o en los datos captura a la edad de estudios acústicos (Payá y Canales, 2012).

En el caso de la Merluza del Sur, el índice simulado presentó un buen desempeño en todos los casos, siguiendo la trayectoria y solapándose en la mayoría de la serie de tiempo la simulación con la estimación. Sin embargo, al comienzo de la serie el índice fue sobrestimado. Esto puede deberse a un artefacto del proceso de simulación-estimación, básicamente a una falta de estabilización al comienzo del procedimiento. En general, el uso de un CV mayor a 0.2 generó en todos los casos, independiente del parámetro de forma β, una amplia variabilidad en el índice simulado y estimado. Esto demuestra la importancia que tiene el uso de un índice de abundancia confiable en el modelo de evaluación. Cuando generamos el índice con mayor error de observación (mayor CV), estamos considerando que el índice no es del todo confiable, lo que puede generar estimaciones imprecisas y sesgadas. Por lo tanto, el índice podría en esos casos no reflejar de manera precisa los cambios en la abundancia.

La relación entre el índice y la abundancia, al igual que la relación que se da cuando se utiliza la CPUE como índice relativo de abundancia es de vital importancia (Hilborn & Walters, 1992). Los índices son una de las piezas claves en la evaluación de stock y teóricamente son el indicador de la abundancia en la población. Cuando se consideró que el índice generado podría disminuir más rápido que la abundancia (hiperdepleción), hubo un re-escalamiento en el valor del mismo, en comparación a cuando se consideró una relación proporcional. De la misma forma, hubo una disminución del valor del índice cuando se consideró que éste disminuía más lento que la abundancia. Estas diferencias, en términos de magnitud, dependiendo del parámetro de forma (β) empleado en la generación del índice, fueron significativas y variaron en más de un orden de magnitud cuando existió hiperestabilidad en el índice y en un orden de magnitud cuando existió hiperdepleción, en comparación a cuando existió proporcionalidad. Esto sugiere que la predicción del reclutamiento puede verse fuertemente influenciada si los supuestos sobre del índice no son correctos.

Las comparaciones entre el modelo que incorpora el índice de reclutamiento y el modelo sin índice, mostraron estimaciones similares de biomasa desovante, excepto al final de la serie donde ésta fue marginalmente sobrestimada con el modelo con índice de reclutamiento. Por otra parte, la mortalidad por pesca fue levemente sobrestimada en toda la serie, pero manteniendo la tendencia y la magnitud, cuando el modelo incorporó el índice de reclutamiento. El reclutamiento presentó tendencia similares en ambos modelos, pero sólo cuando se utilizó un CV= 0.2, independiente del parámetro de forma. Una mayor variabilidad en el índice (mayor CV) generó una importante sobrestimación de los reclutamientos a partir de la mitad de la serie. En general tanto el índice, cómo el reclutamiento mostraron igual tendencia, lo que se asocia a que el índice generado fue dependiente de los reclutamientos históricos, por lo tanto, está correlacionado con el reclutamiento. Sin embargo, esto no es relevante considerando que éste fue un ejercicio de aplicación para evaluar la factibilidad de incorporar un índice de reclutamiento en los modelos de evaluación. Aunque, cuando esto se lleve a la práctica hay que determinar con certeza qué fracción de la población será utilizada como un indicador (i.e. huevos, larvas, juveniles). Stige *et al*. (2013), evaluaron el uso de índices de reclutamiento independientes de la pesquería, demostrando que estos pueden mejorar las estimaciones de reclutamiento,

principalmente cuando se usa la abundancia de juveniles como un predictor. Por otra parte, Guy & Willis (1995) y Goñi *et al*. (2004), utilizaron índices de variabilidad del reclutamiento dependientes de la pesquería para *Merluccius merluccius,* como indicadores de abundancia relativa. Estos autores encontraron que era posible disminuir la varianza de las desviaciones estándar del reclutamiento en la relación stock-recluta, cuando se usa un índice de reclutamiento.

Uno de los principales desafíos en una evaluación de stock, es predecir y estimar los reclutamientos, comúnmente a partir de una la relación stock recluta. En este proceso, el uso de un índice de reclutamiento, es útil debido a que la relación entre el stock parental y los reclutas no dependerá exclusivamente de la relación stock-recluta, sino que será apoyada también por un índice de abundancia de reclutas independiente de la pesquería.

Se concluye que es factible incorporar un indicador de reclutamiento en los actuales modelos de evaluación de stock para merluza austral y merluza de cola. Los estimadores del reclutamiento, biomasa y mortalidad por pesca/tasa de captura exhibieron un buen desempeño cuando se considera un índice auxiliar de reclutamiento, aunque podría existir sesgo asociado a alta incertidumbre (e.g., coeficiente de variación = 0.6).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Allen, M.S. 1997. Effects of variable recruitment on catch-curve analysis for crappie populations. North American Journal of Fisheries Management 17:202-205.

Allen, M.S., Pine W.E. 2000. Detection fish population responses to a minimum length limit: effects of variable of variable recruitment and duration of evaluation. North American Journal of Fisheries Management 20: 672-682.

Angelescu, V., Gneri F., Nani A. 1958. La merluza del mar argentino (Biología y Taxonomía). Publicaciones. Servicio Hidrográfico Naval, Secretaria de Marina, Buenos Aires H 1004: 1-224.

Aracena, C., Lange C.B., Iriarte J.L., Rebolledo L., Pantoja S. 2011. Latitudinal patterns of export production recorded in surface sediments of the Chilean Patagonian fjords (41-55°S) as a response to water column productivity. Continental Shelf Research 31(3-4), 340-355.

Arana, P. 1970. Nota sobre la presencia de ejemplares de merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) frente a la costa de Valparaíso. Investigaciones Marinas 1 (3): 55-68

Arancibia, H., Cubillos L. 1993. Análisis de la pesquería industrial de cerco, dinámica poblacional y situación del recurso jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 2, Núm. 1, 23 págs. + 27 figs.

Arancibia, H., Alarcón R., Cubillos L., Núñez S., Toledo I., Vilugrón L., Veloso C., Peña H. 1994. Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en VIII Región. Informe Final Proyecto FIP Nº93-09.

Arancibia, H., Catrilao M., Farías B. 1998. Evaluación de la demanda de alimento en merluza común y análisis de su impacto en pre-reclutas. Informe Final Proyecto FIP N° 95-17, Universidad de Concepción, Fondo de Investigación Pesquera (FIP), Informe Técnico IT/95-17: 93 pp.

Arancibia, H., Neira S., Barros M., Gatica C., Zúñiga M. J., Alarcón R., Acuña E. 2010. Formulación e implementación de un enfoque multiespecífico de evaluación de stock en recursos demersales de la zona sur austral – Fase I. Informe Final Proyecto FIP 2008-23. Universidad de Concepción / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A., 301 p. + Anexos.

Avilés, S., Aguayo M. 1979. Merluza española (*Merluccius polylepis*, Ginsburg). Teleostomi Gadiformes Merlucciidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. l. Peces. Corporación de Fomento de la Producción (AP 79-18). Inst. Fom. Pesq. Chile, 29 p.

Balbontín, F., Bravo R. 1993. Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del Sur (Merluccius australis). Rev Biol Mar 28, 111-132.

Balbontín, F., Bernal R. 1997. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. Ciencia y Tecnología del Mar 20: 155-164.

Balbontín, F. 2006. Ictioplancton de los canales y fiordos australes, Chile. In Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas. Puerto Montt a Cabo de

Hornos. N. Silva & S. Palma. eds. Comité Oceanográfico Nacional. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 115-120 pp.

Barbieri, M.A., Lillo S., Saavedra A., Céspedes R., Adasme L., Ojeda V., López A., Cid L., Rojas P., Menares, B., Catasti V. 2003. Evaluación del reclutamiento de merluza de cola, año 2001. Informe Final Proyecto FIP Nº2001-21.

Barnett, H.A.R. 1955.The variance of the product of two independent variables an its application to an investigation based on sampled data. Journal of the Institute of Actuaries, 81: 190.

Beaugrand, G., Brander K.M., Alistair-Lindley J., Souissi S., Reid, P.C. 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. Nature 426: 661−664

Bernal, R., Balbontín F. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, y factores ambientales asociados. Cienc. Tecnol. Mar, 22: 155- 164.Bernal, M., Balbontin F. 2003. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes hasta el Cabo de Hornos. Cienc. Tecnol. Mar, 26 (1): 85-92

Bernal M. 2007. Modelado De la abundancia, producción y distribución de huevos de sardina (*Sardina pilchardus*, Walb.) en la Península Ibérica. Tesis Doctoral en Ciencias del Mar. Departamento de Biología. Universidad de Cádiz. 240pp.

Bernal, M., Stratoudakis, Y., Coombs, S., Angelico, M.M., Lago de Lanzós, A., Porteiro, C., Sagarminaga, Y., Santos, M., Uriarte, A., Cunha, E., Valdés, L., Borchers, D., 2007. Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of and spatiotemporal variability in spawning habitat. Progress in Oceanography. 74: 210-227.

Bertrand A., Bard F.-X, Josse E. 2002. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. Marine Biology 149 (5): 1023-1037.

Beverton, R.J., Holt, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish

Blood, D.M. 2002. Low-temperature incubation of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) eggs from the southeast Bering Sea shelf and Shelikof Strait, Gulf of Alaska. Deep-Sea Res II 49: 6095−6108

Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C:M. 1990/B:21.

Bustos, C., Balbontín F., Landaeta M. 2007. Spawning of the southern hake *Merluccius australis* (Pisces: Meluccidae) in Chilean fjords. Fish. Res 83, 23-32.

Bustos, CA, Landaeta MF., Balbontín F. 2008. Efectos ambientales sobre la variabilidad espacial del ictioplancton de Chile austral durante noviembre de 2005. Revista Chilena de Historia Natural 81(2): 205-219.

Buynak, G.L., Mitchell B., 2002. Response of small-mouth bass to regulatory and environmental changes in Elkhorn Creek, Kentucky. North American Journal of Fisheries Management 22:500-508.

Castro, LR, León R., Landaeta M. 2005. Variaciones en la distribución vertical del meroplancton e ictioplancton en la zona de aguas interiores de la X Región**.** Taller CIMAR Fiordos 10. Valparaíso. Octubre 2005.

Castro L, Landaeta M., Muñoz MI., Palma S. 2007. Patrones de distribución vertical y migraciones diurno-nocturnas del ictioplancton en el fiordo del Reloncaví. Taller CIMAR-Fiordos 12. Octubre. Valparaíso.

Castro L, Muñoz MI., Palma S. 2008. Cambios en la distribución de ictioplancton a lo largo de la Boca del Guafo, canal Moraleda y Fiordo Aysén, sur de Chile. Taller de Exposición Resultados Preliminares Crucero CIMAR 13 Fiordos. Valparaíso, Octubre 9-10 2008.

Castro LR., Alegría N., Barrientos P., Castillo J., Landaeta M., Lillo S., Muñoz M.I., Niklitscheck E., Rojas C., Saavedra A., SobrazoM. 2009. Conectividad entre áreas complementaras de desove y crianza de merluza austral, *Merluccius australis*, en la Patagonia Chilena. I Simposio Iberoamericano de Ecología Reproductiva. Reclutamiento y Pesquerías. 24 al 28 de Noviembre. Vigo. España

Castro L.R., M.A. Cáceres, N. Silva, M.I. Muñoz, R. León, M.F. Landaeta, & S. Soto-Mendoza. 2011. Short-term variations in mesozooplankton, ichthyoplankton, and nutrients, associated with semi-diurnal tides in a Patagonian gulf. Continental Shelf Research 31: 282-292.

Castro L., Muñoz MI, Cisternas L., y Cuevas MJ. 2012. Distribución vertical del ictioplancton y mesozooplancton quitinoso dominante en ambientes de estabilidad contrastantes de la zona de aguas interiores de la X región. Taller de Exposición de Resultados preliminares Crucero CIMAR 17. Valparaíso. Noviembre 2012.

Céspedes R., Adasme L., Reyes H., Braun M., Figueroa E., Valenzuela V., Ojeda V., Roa R. 1996. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la zona sur austral. Informe final IFOP (proyecto FIP IT/93-20), 145 p. (tablas y figuras).

Chambers, R.C., Trippel. E.A. (eds). 1997. Early life history and recruitment in fish populations. Chapman & Hall, London.

Checkley, D.M., Jr., Dotson R.C., Griffith D.A. 2000. Continuous, underway sampling sardine (*Sardinops sagax*) and northern anchovy (*Engraulis mordax*) in spring off southern and central California. Deep-Sea Research II 47, 1139-1155.

Chesheva, Z.A. 1992. Data on the biology of the Magellan hake, *Macruronus magellanicus*, from the Southwestern Atlantic. Journal of Ichthyology 32(7): 137-141.

Clark MR., Rowden AA., Schlacher TA., Guinotte J., Dunstan DK., Williams A., O'Hara TD, Watling L, Niklitschek E, Tsuchida S. 2014. Identifying Ecologically or Biologically Significant Areas (EBSA): A systematic method and its application to seamounts in the South Pacific Ocean. Ocean and Coastal Management, 91: 65-79.

Cohen, D., Inada, T., Iwamoto, T., Scialabba, N. 1990. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). FAO Species Catalogue. FAO Fisheries Synopsis 125 (10): 1-442.

Comisión Nacional de Medio Ambiente. 2009. Cuarto Informe Nacional de Biodiversidad Chile. 137 pp.

Cooke, J.G. 1984. Glossary of technical terms. In Exploitation of Marine Communities,

Cooke, K, Saunders, W., Andrew W., Kieser R. 1996. A hydroacoustic survery on Pacific hake on the continental shelf off British Columbia from the Canada/U.S. boundary of

Quen Charlotte Sound: August 15-31, 1994. Can. Manuscript Rep. Fish. Aquat. Sci. 2363, 51 p.

Cressie, N.A.C. 1993. Statistics for spatial data. Wiley, New York.

Córdoba J, Céspedes R. Ojeda V, Balbontín F, Rojas P, Saavedra A, Barbieri MA, Saavedra JC. 2006. Informe Final proyecto FIP 2005-04. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, año 2005. Fondo de Investigación Pesquera. Valparaíso.

Cubillos, LA., Castro L., Claramunt G. 2009. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro sur, año 2008. Informe Final Proyecto FIP 2008-09. 140 p.

Cubillos, LA., Castro L., Claramunt G. 2011. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2010. Informe Final Proyecto FIP 2010-02 .125 p.

Cubillos, LA., Castro L., Claramunt G., Navarro E. 2013. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2012. Cubillos, 151 p.

Cushing, D.H. 1995. Population production and regulation in the sea. A fisheries perspective. Cambridge University Press, Cambridge.

Czypionka T., Vargas C., Silva N., Daneri G., González HE., Iriarte JL. 2011. On the prevalence of mixotrophic plankton in the fjord region of southern Chile: a call for the consideration of mixotrophy in ecosystem analysis of fjords and coastal embayment. Cont. Shelf Res. 31: 216–224.

D'Amato, M.E., Carvalho, G.R. 2005. Population genetic structure and history of the longtailed hake, *Macruronus magellanicus*, in the SW Atlantic as revealed by mtDNA RFLP analysis. ICES Journal of Marine Science 62: 247-255.

Dorn, M.W. 1995. The effects of age composition and oceanographic conditions on the annual migration of pacific whiting, Merluccius productus. CalCOFI Rep., 36: 97-105.

Drapeau, L., 2004. Introduction to the use of quotient curves for characterizing spawning habitat of small, pelagic fish. In Report of a GLOBEC-SPACC Workshop on Characterizing and conmparing the spawning habitat of small pelagic fish. van der Lingen, CD., Castro, L., Drapeau, L., Checkley, D. (Eds.). GLOBEC Report 21:xii, 33 pp

Ernst, B., Aedo G., Roa R., Cubillos L., Rubilar P., Zuleta A., Castro L., Landaeta, M., (2005). Evaluación del reclutamiento de merluza de cola entre la V y X Region: revisión metodológica. Informe Final FIP 2004-12.

Fablet, R., R. Lefort, I. Karoui, L. Berger, J. Massé, C. Scalabrin & J.-M. Boucher. 2009. Classifying fish schools and estimating their species proportions in fishery-acoustic surveys. ICES Journal of Marine Science, 66: 1136-1142

FAO. 1983. Informe del Grupo Ad Hoc de Trabajo sobre los Recursos Pesqueros de la Plataforma Continental Patagónica, Roma, 7-11 febrero 1983. FAO, Inf. Pesca (297): 83 p.

Fiksen, Ø., Jørgensen C., Kristiansen T., Vikebø F., Huse G. 2007. Linking behavioural ecology and oceanography: larval behaviour determines growth, mortality and dispersal. Mar Ecol Prog Ser 347: 195−205

Fischer, W. 1959. Huevos, crías y prelarvas de merluza (Merluccius gayi) Rev. Biol. Mar. IX, 2, 3,4. 229-249.

Foote, K.G., Knudsen H.P., Vestnes G., MacClennan D.N., Simmonds E.J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Cooperative Research Reports, No.144.

Fournier, D.A., Skaug H.J., Ancheta J., Ianelli J., Magnusson A., Maunder M.N., Nielsen, A., Sibert, J. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlínear models. Optim. Methods Softw. 27, 233-249.

Gabelhouse, D.W. 1984. A length categorization system to assess fish stocks. North American Journal of Fisheries Management 4:273-285.

Gardiner, R., Shackley P. 1991. Stock and recruitment and inversely density-dependent growth of salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. Journal of Fish Biology 38:691-696.

Gislason, H. 1991. The influence of variations in recruitment of multispecies yield predictions in the North Sea. ICES mar. Sci. Symp., 193: 50-59.

Giussi, A.R., Hansen, J.E., and Wöhler, O. 2002. Estimated total abundance and numers at-age of longtail hake (*Macruronus magellanicus*) in the Southwest Atlantic durin the years 1987-2000. Scientia Marina, 66: 283-291.

Giussi, A.R., Scarlato N., Wöhler O.C. 2003. Informe sobre la campaña de prospección pesquera de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el sector externo de la plataforma y talud continental entre 37º15' y 48º00'S en el año 2002. Informe Técnico Interno INIDEP, 76: 31 pp.

Goñi, R., Adlerstein S., Alvarez F., García M., Sánchez P., Sbrana M., Maynou F., Viva C. 2004. Recruitment índices of European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus 1758), in the Northwest Mediterranean based on landings from bottom-trawl multispecies fisheries. e ICES Journal of Marine Science, 61: 760-773.

González, H.E., Calderón M.J., Castro L., Clement A., Cuevas L.A., Daneri G., Iriarte J.L., Lizárraga L., Martínez R., Menschel E., Silva N., Carrasco C., Valenzuela C., Vargas C.A., Molinet C. 2010. Primary production and plankton dynamics in the Reloncaví Fjord and the Interior Sea of Chiloé, Northern Patagonia, Chile. Marine Ecology Progress Series 402, 13-30.

González HG., Castro L., Daneri G., Iriarte JL., Silva N., Vargas CA., Giesecke R., Sanchez N. 2011. Seasonal plankton variability in Chilean Patagonia Fjords: carbon flow through the pelagic food web of the Aysén Fjord and plankton dynamics in the Moraleda Channel basin. Cont. Shelf Res. 31: 225-243.

Guy, C.S., Willis, D.W. 1995. Population characteristics of black crappies in South Dakota waters: a case for ecosystem-specific management. North American Journal of Fisheries Management 15:754-765.

Helser, T., Methot R., Fleischer G. 2004. Stock Assessment of Pacific Hake (Whiting) in U.S. and Canadian Waters in 2003.

Hilborn, R., Walters C. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman & Hall, London. 570 pp.

Hjort, J. 1914. Fluctuation in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. Rapp P-V Réun Cons Int Explor Mer 20:1-228.

Houde, E.D. 1994. Differences between marine and fresh - water fish larvae: implications for recruitment. ICES Journal of Marine Science 51: 91−97.

Inada, T. 1981a. Two Nominal Species of *Merluccius* from New Zealand and Southern South America. Japanese Journal of Ichthyology 28(1):31-36. Figs. 1-2.

Inada, T. 1981b. Studies on the Merlucciid Fished. Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab. N° 18.

Investig Ser II Mar Fish GB Minist Agric Fish Food, 19: 1-533.

Iriarte JL., González H.E., Liu K.K, Rivas C., Valenzuela C. 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5-43º S). Estuar. Coast. Shelf Sci. 74: 471-480.

Iriarte JL, González HE. 2008. Phytoplankton bloom ecology of the inner Sea of Chiloé, Southern Chile. Nova Hedwigia, 133: 67–79.

Isermann, D.A., Mckibbin W.L., Willis D.W. 2002. An analysis of methods for quantifying crappie recruitment variability. North American Journal of Fisheries Management 22:1124-1135.

Jackson, J., Kirby M, Berger W., Bjorndal K., Botsford L., Bourque B., Bradbury R., Cooke R., Erlandson J., Estes J., Hughes P., Kidwell S., Lange C., Lenihan H., Pandolfi J., Peterson C., Steneck R., Tegner M., Warner R. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. Science 293, 629. DOI: 10.1126/science.1059199.

Kalikhman, I. Ostrovsky, I. 1997. Patchy distribution fields: survey design and adequacy of reconstruction. ICES Journal of Marine Science, 54: 809-818.

Kalikhman, I. 2001. Patchy distribution fields: sampling distance unit and reconstruction adequacy. ICES Journal of Marine Science, 58: 1184-1194.

Landaeta M., Castro L.R. 2006. Variabilidad estacional en los patrones espaciales de las asociaciones ictioplanctónicas de la zona de Fiordos de Chile Austral. Cienc. Tecnol. Mar, 29 (2): 107-127.

Landaeta M., Muñoz MI., Castro L. 2009. Variabilidad estacional y a pequeña escala en la distribución vertical del ictioplancton en un fiordo estratificado del sur de Chile. Ciencia y Tecnología del Mar 32 (2): 27-42.

León, R., Castro LR., Cáceres M. 2008. Dispersal of *Munida gregaria* (Decapoda, Galatheidae) larvae in Patagonian channels of southern Chile. ICES J Mar. Sci. 65: 1131-1143.

Lillo, S., A. Paillamán, Correa V., Figueroa E., Céspedes R., Miranda H., Blanco J., Vega A., Balbontín F., Bravo R., Bernal R. 1995. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur en la zona de Guafo. Informe Final Proyecto FIP 1993-04. 147 pp.

Lillo, S., Paillamán A. 1996. Evaluación acústica y distribución espacial del stock de merluza común. En: Informe Final Proyecto FIP 95–14. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro sur.

Lillo, S., Espejo M., Céspedes R., Adasme L., Blanco J., Letelier J., Braun M., Valenzuela V. 1997. Evaluación directa del stock de merluza de cola en la X y XI Regiones. Final FIP 95-18. 70 p.

Lillo, S., Córdova J., Rojas M. 1998. Evaluación hidroacústica y distribución espacial del stock de merluza común. Pre-informe Final Proyecto FIP 97 –12. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro sur. IFOP. 125p+figs y anexos.

Lillo, S., Céspedes R., Ojeda V., Vega R., Adasme L., Hidalgo H. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro sur 1999. Informe final (FIP 99-06), IFOP: 55 p. (más tablas y figuras)

Lillo, S., Céspedes R., Ojeda V., Balbontín F., Bravo R., Saavedra A., Barbieri M., Vera C. 2005. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral año 2004. Informe Técnico FIP-IT/2004-07, 109 pp.

Lillo S., Céspedes R., Barbieri MA., Melenez R., Ojeda V. 2006, Programa Temporal de Evaluación hidroacústica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI regiones, año 2004. Informe Final FIP 2004-40.

Lillo, S., Molina E., Lang C., Ojeda V., Céspedes R., Adasme L., Meléndez R., Rojas M., Saavedra A. 2008. Evaluación hidroacústica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XII Regiones, año 2006. Informe Final Proyecto FIP 2006-10. 256 pp.

Lillo, S., Lang C., Ojeda V., Céspedes R., Adasme L.,. Meléndez R, Molina E., Roja M., Saavedra A. 2009a. Evaluación hidroacústica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XII Regiones, año 2007. Informe Final Proyecto FIP 2007-14. 234 pp.

Lillo, S., Molina E., Ojeda V., Céspedes R., Muñoz L., Hidalgo H., Hunt, K., Adasme L., Balbontín F., Bravo R., Molina E., Rojas M., Meléndez R., Saavedra A. 2009b. Evaluación de stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, año 2008. Informe Tecnico FIP-IT/ 2008-11,113pp.

Lillo S., Molina E., Ojeda V., Céspedes R., Muñoz L., Hidalgo H., Hunt K., Adasme L., Balboltín F., Bravo R., San Martín M., Melendez R., Saavedra A. 2010. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2009. Informe Final FIP N° 2009-10. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaiso, Chile.

Lillo, S., Molina E., Ojeda V., Céspedes R., Hunt K., Hidalgo H., Balbontín F., Bravo R., Melendez R. 2011. Pesca de Investigación Evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral año 2010. SUBPESCA 61pp.

Lillo, S., Céspedes R., Ojeda V., Balbontín F., Bravo R., Saavedra A, Barbieri M., Vera C. 2011. Evaluación hidroacústica de stock desovante de merluza del sur y merluza de cola, en la zona sur austral, año 2010. Pesca de investigación. Informe Final. 36 pp + figs y anexos

Lloris, D., Matallanas, J. & P. Oliver. 2003. Merluzas del mundo (Familia Merlucciidae). Catálogo comentado e ilustrado de las merluzas conocidas. FAO Catálogo de Especies para los Fines de la Pesca. No. 2. Roma, FAO, 2003. 57p. 12.

Massé, J. & N. Retière. 1995. Effect of number of transects and identification haul on acoustic biomass estimates under mixed species conditions. Aquat. Living Resour., 8: 195-199.

Medina, G. 2013. Uso de marcadores lipídicos en el estudio de la dinámica espacial de merluza austral (Merluccius australis) en la Patagonia Chilena. Tesis de Magister en ciencias mención Pesquerías. Universidad de Concepción.

Medina, G., Castro L., Pantoja S. 2013. Fatty acids in Merluccius australis tissues, a comparison between females from inshore and offshore spawning areas in the Chilean Patagonia. Fisheries Research (in review).

Montero, P., Daneri G., Gonzalez HE., Iriarte JL., Tapia FJ., Lizárraga L., Sánchez N., Pizarro O. 2011. Seasonal variability in primary production in a fjord ecosystem of the Chilean Patagonia: implications for the transfer of carbon within pelagic food webs. Cont. Shelf Res. 31: 202-215.

Neira, S., Arancibia H., Barros M., Castro L., Cubillos L., Niklitschek E., Alarcón R. 2014. Rol ecosistémico de sardina austral e impacto de su explotación en la sustentabilidad de otras especies de interés comercial. Informe Final Proyecto FIP 2012-15 (agosto). Universidad de Concepción, 242 pp + Anexos.

Neira, S., Arancibia H., Alarcón R., Barros M., Cahuin S., Castro L., Cubillos L., Castillo C., Daneri G., González H.. Iriarte J., Lillo S., Montero P. 2012. Informe Final Proyecto "Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral (ID 4728-23-LP11)". Universidad de Concepción, 266 pp + Anexos.

Nelson, M., Dark T. 1985. Results of the coastal Pacific Hake, Merluccius productus, survey. Mar. Fish. Rev. 47(2): 82-94.

Niklitschek EJ., Secor DH., Toledo P., Valenzuela X., Cubillos LA., Zuleta A. 2014. Nursery systems for Patagonian grenadier off Western Patagonia: large inner sea or narrow continental shelf? ICES Journal of Marine Science; doi:10.1093/icesjms/fst129.

O'Driscoll, R.L. 2003. Acoustic survey of spawning hoki in Cook Strait during winter 2002. New Zealand Fisheries Assessment Report No. 2003/27. 34 p.

Ojeda, V., Aguayo M. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*). Investigación Pesquera. (Chile) 33:47-59.

Pantoja, S., Iriate J., Daneri D. 2011. Ocenography of chielan Patagonia. Continental Shelf Research, 31: 149-153.

Payá, I. 1992. The diet of Patagonian hake Merluccius australis polylepis and its daily ration of patagonian grenadier *Macruronus magellanicus*. 753-760. En: Payne, A.I.L., Brink, K.H., Mann, K.H. and R. Hilborn (Eds.). South African Journal of Marine Science, 12, Sea Fisheries Research Institute, South Africa.

Payá, I., Rubilar P., Pool H., Céspedes R., Reyes H., Ehrhardt N., Adasme L., Hidalgo H. 2002. Evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas. Informe Final Proyecto FIP Nº2000-15. Tomo 1. 263 pp.

Payá, I., Canales C. 2013. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2012. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaiso (Chile). 65 p.

Petitgas, P. 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des pêches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 pp.

Petitgas, P., Lafont T. 1997. EVA2: Estimation variance. A geostatistical software on Windows 95 for the precision of fish stock assessment surveys. ICES CM 1997/Y:22.

Pool, H., Balbontín F., Montenegro C., Cortés N., Arriaza M. 1997. Interacciones tróficas en recursos demersales en la zona sur-austral. Informe Final Proyecto FIP 1994-32, 131 p.

Pope, J., Macer C.T. 1991. Multispecies virtual population analysis of the North Sea predatorsfor the years 1963-1987. ICES mar. Sci. Symp., 193: 46-49.

Pope, K.L., Wilde G.R., Durham B.W. 2004. Age-specific patterns in density-dependent growth of white crappie, *Pomoxis annularis*. Fisheries Management and Ecology 11:33-38.

Punt, A. 2003. The performance of a size-structured stock assessment method in the face of spatial heterogeneity in growth. Fisheries Research 65:391-409.

Quiroz, JC., Wiff R. 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2012: Merluza del Sur, 2012. TERCER INFORME FINAL. IFOP-SUBPESCA,

R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Rice, J.C., Daan N, Pope J.G., Gislason H. 1991. The stability of estimates of suitabilities in MSVPA over four years of data from predator stomachs. ICES mar. Sci. Symp., 193: 34-45.

Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Bd. Can. 11:559-623.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 191.

Rikhter, V.A., Sigaev I.K., Vinogradov V.A., Isakov V.I. 2001. Silver hake of Scotian Shelf: fishery, environmental conditions, distribution, and biology and abundance dynamics. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 29: 51-92.

Rivoirard, J.; Simmonds J., Foote K.G., Fernandes P., Bez N. 2000. Geostatistics for estimating fish Abundance. Blackwell Science

Robertson, G.P., Freckman D.W. 1995. The spatial distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. Ecology 76:(5):1425-1432

Santander, H., de Castillo O. S. 1969. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de merluza, Merluccius gayi (Guichenot) en la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 2: 80-126.

Seber, G.A.F., Wild C.J. 1989. Nonlínear Regression. John Wiley & Sons.

Simmonds, J., Williamson N., Gerlotto F., Aglen A. 1991. Survey design and analysis procedures: A comprehensive review of good practices. ICES C.M. 1991, 113 p.

Simmonds, J., MacLennan D. 2005. Fisheries acoustic. Theory and practices Chapman & Hall, 545 p.

Simrad. 2006. Simrad ES60. Fish finding echo sounder. Reference manual. Simrad Horten 136 pp.

Sinclair, M., Tremblay M.J. 1984. Timing of spawning of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) populations and the match-mismatch theory. Can J Fish Aquat Sci 41: 1055−1065.

Smith, T. 1998. Blue grenadier 1998, Stock Assessment Report. Blue grenadier assessment group, South East Fishery. (Australian Fisheries Management Authority: Canberra).

Sogard, S.M. 1997. Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes: a review. Bull Mar Sci 60:1129−1157

Sparre, P. 1991. Introduction to virtual population analysis. ICES mar. Sci. Symp., 193: 12-21.

Stige, L., Hunsicker, M., Bailey, K., Yaragina, N., and Hunt, G. 201). Predicting fish recruitment from juvenile abundance and environmental indices. Marine Ecology Progress Series 480: 245–261.

Stobberoup, K. 1992. Food composition and consumption of Chilean hake (*Merluccius gayi G.*) with special reference to cannibalism. ICES Counc. Meet. Pap./G 43: 30 pp.

Tascheri, R., Saavedra, J.C., and Roa, R. 2010. Statistical models to standardize catch rates in the multi-species trawl fishery for Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*) off Southern Chile. Fisheries Research, 105, 200-214.

Tuck, G, Thomson, R., Smith, D., Talman, S. and Punt, A. 2005. The quantitative stock assessment for blue grenadier (*Macruronus novaezelandiae*) in the south east Fishery, 2004. South East Fishery. (Australian Fisheries Management Authority: Canberra).

Van der Lingen CD, Hutchings L, Merkle D, van der Westhuizen JJ, Nelson J. 2001. Comparative spawning habitats of anchovy (*Engraulis capensis*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela upwelling ecosystem. In: Spatial processes and Management of Marine Populations. Kruse, G. H., Bez, N., Booth, T., Dorn, M., Hills, S., Lipcius, R. N., Pelletier, D., Roy, C., Smith, S. J. and D. Witherell (Eds). University of Alaska Sea Grant, AK-SG -01-02, Fairbanks, USA. 185-209.

Van der Lingen, CD., L. Castro, L. Drapeau, D. Checkley. (Eds.). 2005. Report of a GLOBEC-SPACC Workshop on Characterizing and Comparing the Spawning Habitats of Small Pelagic Fish. GLOBEC Report, 21: xii, 33 pp.

Vargas C., Castro L. 2001. Spawning of the chilean hake (*Merluccius gayi*) in the upwelling system off Talcahuano in relation to oceanographic features. Science Marina 65(2):101-110.

Vargas, C.A., González H. 2004. Plankton Community Structure and Carbon Cycling in a Coastal Upwelling System (I): Contribution of Bacteria, Ciliated Microprotozoans and Dinoflagellates to the diet of Copepods and Appendicularians. Aquatic Microbial Ecology 34: 151 – 164

Vargas, C.A., Martínez, R.A., Gonzaléz, H.E., Silva, N., 2008. Contrasting trophic interactions of microbial and copepod communities in a fjord ecosystem, Chilean Patagonia. Aquatic Microbial Ecology 53(2), 227-242.

Vasconcellos, M. 2003. An analysis of harvest strategies and information needs in the purse seine fishery for the Brazilian sardine. Fisheries Research 59, 363-378.

Wilson, C.D., M.A. Guttormsen, K. Cooke, M.W. Saunders & R. Kieser. 2000. Echo integration-trawl survey of Pacific hake, Merluccius productus, off the Pacific coast of the United States and Canada during July-August, 1998. NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-118, 103 pp.

Winter, W. P. 1991. Variability in stomach content weights and prey numbers, and the calculation of overlap cofficient in relation to MSVPA. ICES mar. Sci. Symp., 193: 60-63.

Wöhler, O.C., Giussi A.R. 2004. Evaluación de la abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental, período 1985-2003. Informe Técnico Interno INIDEP, 36: 38 pp.

Woillez, M., Poulard J.C., Rivoirard J., Petitgas P., Bez N. 2007. Indices for capturing spatial patterns and their evolution in time, with application to European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. ICES J. Mar. Sci. 64: 537-550.

Young, Z., Chong J., Robotham H., Galvez P., González H. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur-austral. Informe Final Proyecto FIP Nº96-37.

A N E X O S

ANEXO 1. Proyecto FIP 2013-27. Minuta Reunión de Coordinación

Fecha de reunión: 26 de marzo 2014, sala de reuniones del Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso.

Participan
Malú Zabando (Fondo de Investigación Pesquera, FIP)
Jorge Farías (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, SSPyA)
Darío Rivas (SSPyA)
Sergio Neira (Universidad de Concepción; Jefe de Proyecto FIP 2013-27)
Lorenzo Flores (SSPyA) se excusó por motivos personales.

La reunión se inicia alrededor de las 10 am con los saludos protocolares de rigor. Luego, el jefe de Proyecto procedió a realizar una presentación audiovisual para guiar la discusión. Se abordó tres secciones principales, a saber: objetivos general y específicos, aspectos metodológicos de la oferta técnica de la UdeC y otros.

La conversación giró en torno a preguntas que los colegas de la SSPyA y FIP realizaron a medida que avanzó la presentación. A continuación se presenta los principales puntos tratados.

Darío Rivas: ¿Por qué podemos lograr un índice de reclutamiento?, ¿Cuál es nuestro indicador?

SN: El objetivo general del proyecto es ambicioso y el equipo de trabajo está enfocado en responder esa pregunta. El éxito dependerá de la información disponible.

Darío Rivas: sobre objetivos específicos ¿Dónde, cómo, cuándo se medirá el reclutamiento? Tener en cuenta estudio reciente del equipo de Niklitschek quienes mediante el uso de microquímica de otolitos identifican áreas de nursery en la plataforma continental además de la zona de aguas interiores.

SN: La investigación de los colegas ha sido publicada recientemente, y no estuvo disponible a la hora de confeccionar la oferta técnica. Sin embargo, esta publicación se considerará en el desarrollo del proyecto. De hecho, existe conversaciones con el Dr. Edwin Niklitschek (Universidad de Los Lagos) para compartir muestras con él obtenidas en el crucero propuesto en nuestra oferta técnica.

También se discutió sobre la importancia que el proyecto diferencie bien el concepto de reclutamiento ecológico del reclutamiento al stock o pesquero.

SN: se aclarará estos conceptos y también el/los indicador/es que estaremos midiendo (si reclutamiento al stock o a la población).

Con respecto al crucero piloto, se solicita tomar máxima cantidad de información desde el crucero.

SN: efectivamente, el crucero será integrativo, considerando oceanografía física, oceanografía biológica, ictioplancton, fracciones reclutas, muestreo de estómagos de predadores.

Se insistió en que el muestreo sea costo efectivo, esto es monitorear con el menor costo posible para el estado.

SN: La filosofía del equipo de trabajo es obtener el máximo de información desde el crucero. Además, se presentará indicadores que pueden ser fácilmente obtenibles desde cruceros realizados rutinariamente en la zona de estudio y que no demandan esfuerzo de muestreo extra ni gastos excesivos en análisis posteriores.

Se discutió la necesidad de informar a los usuarios (pescadores artesanales) respecto de la realización de este estudio y particularmente de su importancia para las pesquerías de las especies objetivo.

SN: Efectivamente, se considera importante informar a los usuarios y se realizará las acciones que estén a nuestro alcance.

Los colegas de la SSPyA indican la necesidad de una comunicación fluida entre el equipo ejecutor y esa Subsecretaría. Se concordó realizar reuniones periódicas presenciales o por vía remota (teléfono, internet, etc.) y un taller metodológico con todo el equipo de trabajo previo a la entrega del informe de avance.

SN: Este taller no se encontraba las bases del proyecto y, por lo tanto, no se consideró en la propuesta técnica ni económica de la UdeC. Sin embargo, considerando la importancia de realizar dicho taller, se comprometió la organización del taller para una fecha y lugar por definir.

Los colegas indicaron que idealmente el taller se realizara durante un día en dependencias de la Universidad de Concepción, frente a lo cual el Jefe de Proyecto estuvo de acuerdo.

Sin otro tema pendiente, la reunión se levanta aproximadamente a las 13:00 hrs.

ANEXO 2. Taller de Coordinación Inicio de Proyecto

Taller

PROYECTO FIP 2013-27
ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE RECLUTAMIENTO PARA MERLUZA DEL SUR Y MERLUZA DE COLA EN LA ZONA SUR Y SUR AUSTRAL DE CHILE

Programa

Fecha: Viernes 27 de junio de 2014.
Lugar: Subsecretaría de Pesca, sala 2 Piso 19, Edificio Centenario, Valparaíso.

Hora	Tema y expositor
10:00 - 10:10	Bienvenida, introducción y organización del taller (**S. Neira**)
10:10 - 10:35	Áreas testigo monitoreo del reclutamiento especies objetivo del estudio (**S. Neira**)
10:35 - 11:00	Análisis de contenido estomacal para el seguimiento de (pre)reclutas (**H. Arancibia**)
11:00 - 11:25	Selección de ventanas temporales y zona para realizar el monitoreo del proceso de reclutamiento basado en primeras fases del ciclo vital (**L. Castro**)
11:25 - 11:50	Pausa de Café
11:50 - 12:15	Descripción muestreo piloto propuesto
	(R. Alarcón)
12:15 - 12:40	Análisis del desempeño de la evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola incorporando índices de reclutamiento. (**L. Cubillos**)
12:40 - 13:00	Conclusiones y cierre

Taller Proyecto FIP 2013-27

Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y sur austral de Chile

Lista de asistentes

Nº	Nombre	Institución	Contacto	Firma
1	Victor Espejo B	SSPA	vespejo@subpesca.cl	
2	Aurora Guerrero C	SSPA	aguerrero@subpesca.cl	
3	L Camila Bustos M	SSPA	lbustos@subpesca.cl	
4	Gonzalo Garrido Melo	SSPA	ggarrido@subpesca.cl.	
5	Hugo Arancibia	UdeC	harancib@udec.cl	
6	Luis Cubillos	UdeC	wcubillos@udec.cl	
7	Leonardo Castro	UdeC	lecastro@udec.cl	
8	Sergio Lillo J	IFOP	sergio.lillo@ifop.cl	
9	Darío Ruiz A.	SSPA	druiz@subpesca.cl	
10	Lorenzo Flores	SSPA	lflores@subpesca.cl	
11	Ruben Alarcón	UDEC	ruben.alarcon.munoz@gmail.com	
12	Sergio Neira A.	Universidad de Concepción	sneira@udec.cl	

ANEXO 3. Respuesta a observaciones del evaluador a la Oferta Técnica

A continuación, se presenta las respuestas del equipo científico del proyecto a las observaciones realizadas por el revisor a la oferta técnica de la Universidad de Concepción.

1. Objetivo 1.

Observación 1.1
El proponente ofrece realizar una revisión bibliográfica, aunque exhaustiva, no permite asegurar, ante todo evento, el cumplimiento del objetivo específico 1. Es imprescindible que se incluya un plan alternativo ante la eventualidad que la revisión bibliográfica no permita obtener información consistente, en el espacio y tiempo (una o más series temporales), que sustente la identificación de las "áreas testigos".

Respuesta a observación 1.1
El Objetivo 1 del proyecto solicita ***Identificar áreas que puedan ser consideradas como "áreas testigos" para el monitoreo del proceso de reclutamiento poblacional y las épocas del año más propicias para su detección y estimación en cada una de las especies objetivos***.

Al respecto, nuestra oferta técnica propuso una revisión bibliográfica exhaustiva no sólo de información publicada en literatura científica proveniente de revistas de corriente principal, sino que también aquella contenida en tesis e informes científico-técnicos. Sin embargo, también se revisará bases de datos de proyectos pesqueros, oceanográficos y otros realizados en la zona de estudio. Es difícil generar un plan alternativo, ya que no existe otra fuente de información significativa distinta de la mencionada. Se propone complementar la propuesta original (revisión bibliográfica) con un despliegue espacial y temporal de la información colectada (mapas de distribución de variables asociadas al proceso de reclutamiento) que permitan identificar de mejor forma las "áreas testigos".

2. Objetivo específico 2

Observación 2.1.
La metodología propuesta (análisis de contenido estomacal para cuantificar juveniles, hidroacústica, plancton) no recolecta directamente la fracción recluta. No se propone muestreo con un arte de pesca específico para juveniles y/o reclutas (edad 0+) de merluza (i.e., piloto o IKMT usada en *Meluccius hubsii*). La hipótesis de que los depredadores auxilian en la estimación de un índice de abundancia relativa, es algo débil y debe ser probada en el transcurso del proyecto para que sea de validez. La selección de ventanas

temporales y espaciales para el muestreo están bien explicitadas y se comprende que la información auxiliar que se recolectará (datos de la columna de agua, distribución del ictioplancton) permitirán acercarse al análisis de variabilidad ontogenética en el mar interior, pero el método de captura de reclutas no es estado específico.

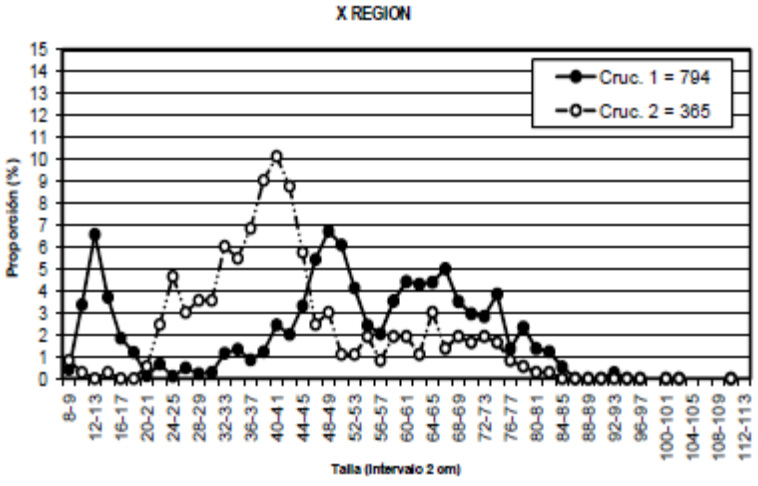
Respuesta

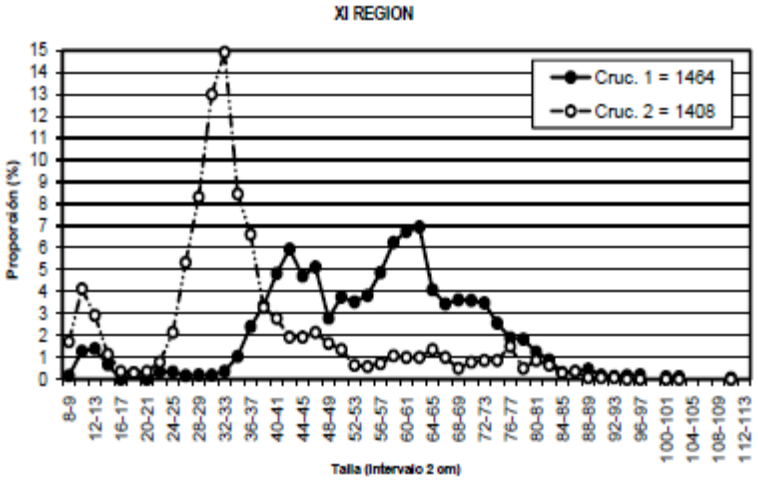
El objetivo 2 del proyecto solicita: ***Formular las propuestas de monitoreo del proceso de reclutamiento, que permita obtener indicadores representativos de la composición y fuerza anual de los contingentes de reclutas de merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio***.

Observaciones 2.1 y 2.3. La metodología no recolecta directamente la fracción recluta ni propone muestreo con un arte de pesca específico para juveniles. El método de captura de reclutas no es estado específico

Respuesta: El estudio parte de la premisa que un índice de reclutamiento debe estar basado en la abundancia de juveniles de edad/tamaño más cercano a la edad/tamaño de reclutamiento a la pesquería.

El arte de pesca a utilizar ha sido usado en estudios previos y su captura ha estado compuesta por individuos en un rango de tallas entre 10 y 85 cm en merluza del sur y desde 10 a 60 cm en merluza de cola. Por lo tanto, cubre con creces la fracción recluta en ambas especies objetivos del estudio. En las figuras 1 y 2 se muestra la Estructura de tallas de merluza del sur registrados en el mar interior en el último crucero realizado.

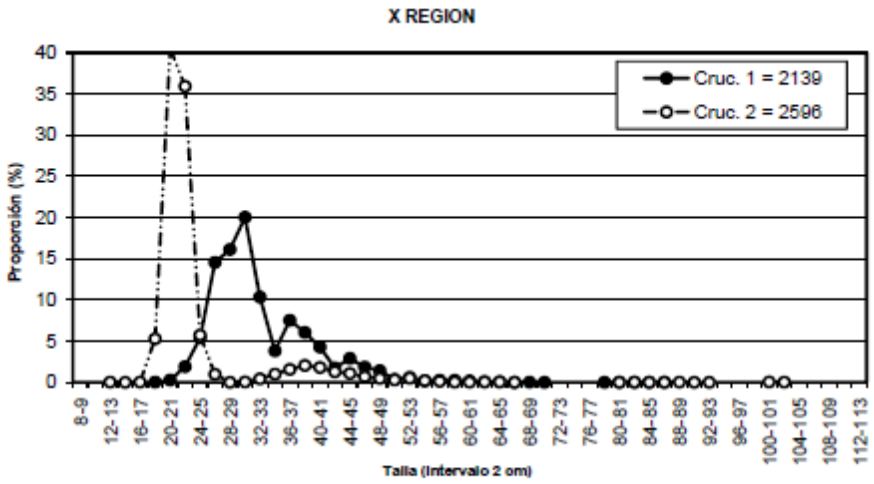




	Estadísticos				
	n	prom	desv. est	< 70 cm %	Prop. Sexual*
X Región					
Crucero 1	794	49,9	2,31	83,3	43 : 40 : 17
Crucero 2	365	42,8	2,33	92,9	54 : 44 : 2
XI Región					
Crucero 1	1464	55,1	1,54	82,5	56 : 40 : 4
Crucero 2	1408	36,5	1,04	93,2	48 : 42 : 10

Prop.Sexual* Macho : Hembra : Indeterm.

Figura 1. Estructura de tallas de merluza del sur registrados en el mar interior (fuente, Lillo et al., 2011).



	Estadisticos				
	n	prom	desv. est	< 55 cm %	Prop. Sexual*
X Región					
Crucero 1	2139	32,5	1,60	99,1	49 : 49 : 2
Crucero 2	2596	23,9	0,70	99,6	9 : 10 : 81
XI Región					
Crucero 1	2092	41,2	1,16	85,6	64 : 33 : 3
Crucero 2	2667	31,5	0,66	95,1	29 : 20 : 51

Prop.Sexual* Macho : Hembra : Indeterm.

Figura 2. Estructura de tallas de merluza de cola registrados en el mar interior (fuente, Lillo et al., 2011).

Observación 2.2. La hipótesis de que los depredadores auxilian en la estimación de un índice de abundancia relativa, es algo débil y debe ser probada en el transcurso del proyecto para que sea de validez.

Respuesta: Correcto, la idea es desarrollar esta hipótesis en el marco del proyecto.

Observación 2.4. Basado en información bibliográfica, se asume que las zonas de las aguas interiores de las regiones X y XI son las áreas de reclutamiento, y propone utilizar muestras obtenidas en esta área más otras de proyectos anteriores. Sin embargo, no se aclara el origen espacial de las muestras provenientes de los otros estudios.

Respuesta
En el informe de avance se aclara el origen espacial de las muestras provenientes de otros estudios corresponde a la zona de estudio, es decir zona centro y sur austral de Chile.

Observación 2.5. Es imprescindible que el total de muestras a utilizar sean representativas de la zona sur y austral. Este punto debe ser aclarado.

Respuesta
En lo posible se considerará muestras representativas de la zona sur y austral. Sin embargo, el muestreo en el "área testigo" seleccionada será representativa sólo de esa zona. Sin embargo, se debe recordar que se espera que por ser área testigo, ésta sea representativa del proceso en estudio, el reclutamiento.

3. Objetivo específico 3

Observación 3.1. Es apropiada la sugerencia de incorporar análisis de datos acústicos para cumplir este objetivo, tal como ha sido exitosamente realizado por Álvarez Colombo et al. para distribución y abundancia de juveniles de *Merluccius hubsii* en el Golfo de San Jorge, Argentina. No obstante, hay que hacer hincapié en las diferencias/similitudes de fuerza del blanco (TS) que puedan entregar los juveniles de ambas merluzas (*M. gayi* y *M. australis*), ya que ambas especies co-ocurren temporalmente en el Golfo de Ancud, lugar que los autores sugieren para realizar el muestreo.

Respuesta

El objetivo 3 solicita: ***Realizar una aplicación piloto de la metodología propuesta, basada en observaciones de campo, levantando la información necesaria y calcular los respectivos índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona de estudio.***

Respecto de la observación 3.1., se considerará la sugerencia del revisor a la hora de analizar la data acústica.

Observación 3.2. El proponente presenta una metodología adecuada para dar cumplimiento de este objetivo. Sin embargo, se recomienda:
i) Incorporar algunos (uno o más) canales transversales en los muestreos hidroacústicos (XI región).
ii) Describir y/o incorporar metodologías estándar para la corrección de las fuentes conocidas de sesgo e.g. cabeceo y alabeo (pitch and roll) de la embarcación y de la zona muerta cercana al fondo.
iii) Actualizar el software para el análisis de los registros acústicos. EchoView 3.5 es una versión antigua, existiendo 2 actualizaciones mayores hasta la fecha. La última versión disponible es EchoView 5.4, que incluye mejoras significativas y correcciones realizadas a las versiones previamente disponibles.
iv) Describir la metodología para la realización de los lances de investigación, cuándo y dónde se realizarán, así como los criterios para la selección de los registros acústicos a muestrear.
v) describir la metodología para corrección por sobreestimación de las observaciones en los vértices de las transectas tipo zigzag. Existen metodologías geoestadísticas que permiten hacer esto, pero no se hace mención a estas en la propuesta.
vi) Describir cómo se realizará la validación propuesta de las relaciones T-S-talla estimadas para merluza del sur y merluza austral*. (Nota del Editor: esto está textual del informe del revisor. Sin embargo, creemos que el revisor se refiere a merluza de cola cuando habla de merluza del sur).

Respuestas

En lo posible, se considerará las sugerencias del revisor en cuanto a i) incluir uno o más canales transversales en los muestreos acústicos (XI región), ii) describir metodologías estándar para la corrección de las fuentes conocidas de sesgo, eg. cabeceo y balanceo de la embarcación en la zona muerta cercana al fondo, y iii) se utilizará la versión del software que permita el uso de módulos específicos del paquete, en este caso, el módulo de fuerza de blanco (versión 4.3).
En cuanto a los lances de investigación los lances se realizarán en sectores donde no se interfiera con la operación de la flota artesanal y además no se genere riesgos a la seguridad a la nave. Los lances se efectuarán con luz día.
Cuando sea necesario, se corregirá la potencial sobreestimación de las observaciones en los vértices de las transectas tipo zig-zag. Se acoge la sugerencia del revisor de usar metodologías geoestadísticas en este punto.
Se realizarán mediciones de fuerza de blanco. La validación dependerá de la estructura específica de las agregaciones sobre las cuales se realicen las mediciones. Sin embargo, es necesario mencionar que el índice obtenido mediante esta metodología es de carácter relativo y no absoluto.

ANEXO 4. Taller de Difusión

PROYECTO FIP 2013-27
ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE RECLUTAMIENTO PARA MERLUZA DEL SUR Y MERLUZA DE COLA EN LA ZONA SUR Y SUR AUSTRAL DE CHILE

Programa

Fecha: Jueves 7 de mayo de 2015.
Lugar: Sala Minera Escondida, 2º piso Edificio Biólogo Marino, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Hora	Tema y expositor
09:00 - 09:15	Bienvenida, introducción y organización del taller (**S. Neira**)
09:15 - 09:45	Áreas testigo monitoreo del reclutamiento especies objetivo del estudio (**S. Neira**)
09:45 - 10:15	Resultados muestreo piloto I. Información pesquera crucero hidroacústico **(R. Alarcón)**
10:15 - 10:45	Resultados muestreo piloto II: Análisis de contenido estomacal para el seguimiento de (pre)reclutas especies objetivo del estudio (**H. Arancibia**)
10:45 - 11:00	Pausa de café
11:00 - 11:30	Resultados muestreo piloto III. monitoreo del proceso de reclutamiento basado en primeras fases del ciclo vital de las especies objetivo del estudio (**L. Castro**)
11:30 - 12:00	Análisis del desempeño de la evaluación de stock de merluza del sur y merluza de cola incorporando índices de reclutamiento. (**L. Cubillos**)
12:00 - 12:30	Conclusiones y cierre

Resultados del Taller

El taller se desarrolló de acuerdo al programa y contó con la participación de 17 personas (ver registro de asistencia y fotográfico [Anexo 6]). Las presentaciones se sucedieron y el público participante realizó preguntas y sugerencias al informe final del proyecto. A continuación se presentan los principales intercambios de opinión ocurridos en el taller.

Intervenciones a la presentación de Sergio Neira

Sara Hopf (CEPES): consulta la aplicabilidad de considerar las tallas 45 cm LT en merluza austral y 35 cm LT en merluza de cola como individuos reclutas.
Sergio Neira (UdeC): se considera que son los individuos reclutados al stock adulto y corresponde a 1 año en merluza de cola y 3 años en merluza austral. Depende de la selectividad del arte de pesca industrial.
Tony Pitcher (UBC): Contar con un indicador que pueda ser lo más cercano a la fracción del stock que es explotado. Consulta si la selectividad del arte del BC Abate Molina es similar a la del arte industrial. Se aclara que no es la misma, el arte industrial es más selectivo.
Sara Hopf: ¿Es suficiente realizar un crucero al año (Agosto-Noviembre)?
Sergio Neira: El crucero propuesto es costo-efectivo de modo de lograr cuantificar estadios tempranos así como el reclutamiento en ambas especies.
Sergio Lillo (IFOP): plantea las dificultades que plantean los aspectos administrativos más la interacción con usuarios del borde costero, lo que puede ser factores que atenten contra la realización de investigación en el mar interior de la X y XI regiones.
Patricia Ruiz (CEPES): ¿Por qué no se consideran áreas piloto fuera del mar interior X y XI regiones?
Sergio Neira: No se descarta que existan áreas de importancia para el proceso de reclutamiento de ambas especies fuera del mar interior. De hecho, recientemente se propuso que una proporción importante de los juveniles de merluza de cola que se integran al área de reproducción provendrían de la plataforma continental, al norte de la latitud 41ºS. Sin embargo, el mismo estudio indica que estos individuos de merluza austral habitaron en algún período de su vida el mar interior.

Intervenciones a la presentación de Rubén Alarcón

Sara Hopf: ¿Existe diferencia en la hora de los lances de identificación?
Rubén Alarcón: Existe diferencia, pero son todos diurnos.
Claudio Gatica (INPESCA): Al parecer los tamaños de muestra son bajos.
Rubén Alarcón: Aclara que lo presentado corresponde a los individuos medidos, no a los capturados en los lances de identificación.
Hugo Arancibia (UdeC): ¿Cómo se compara los resultados con los cruceros anteriores?
Sergio Lillo (IFOP): las estimaciones parecen un poco altas (en el caso de merluza austral X región). Se debiera explorar algunas fuentes potenciales de sobreestimación: existe un gradiente norte-sur con mayores tallas en la X a XI región, y los lances en el Canal Moraleda son más profundos.

Intervenciones a la presentación de Hugo Arancibia

Luis Cubillos (UdeC): Parece interesante la hipótesis de que ambas especies no presentarán recuperación a menos que existan buenos reclutamientos en merluza de cola.

Sara Hopf: ¿Existe correlación entre la biomasa de merluza austral y merluza de cola y los indicadores trofodinámicos?

Hugo Arancibia: Independiente del tamaño del predador (merluza austral) y presa (merluza de cola) la proporción de merluza de cola es prácticamente constante (~80% en peso) a través del tiempo, tanto en aguas interiores como exteriores.

Tony Pitcher: respecto de la hipótesis, la considera muy interesante y agrega que el reclutamiento de merluza de cola puede depender de los eufáusidos y *Nansenia spp.*

Tony Pitcher: la especie *Nansenia spp.* ¿Es una especie aceitosa? El éxito de *Nansenia* puede influir en el reclutamiento exitoso de merluza de cola. ¿Cuán volátil es *Nansenia spp.*? Por otro lado, ¿Cuántas especies componen el ítem "eufáusidos" en los contenidos estomacales de merluza de cola? ¿Podrían utilizarse un modelo ecosistémico como los desarrollados por el equipo de trabajo para incluir dos especies de krill y simular cambios de régimen?

Leonardo Castro (UdeC): hasta la fecha no se ha mirado con detención la composición y alternancias entre las especies que componen el krill en la zona de estudio. Sin embargo, existen muestras de cruceros CIMAR que podrían analizarse.

Intervenciones a la presentación de Leonardo Castro

Sara Hopf: ¿Los indicadores propuestos son más apropiados para estimar stock desovante o el reclutamiento?

Leonardo Castro: Hasta el momento, los indicadores propuestos en esta presentación no se han utilizado en ninguno de los dos casos.

Luis Cubillos: Se debe considerar con precaución si se quiere utilizar en estimación de stock desovante, ya que la estimación depende del área del desove y por el momento en el caso de los huevos de merluza austral y merluza de cola no conocemos bien la procedencia de los huevos (desovados en mar interior o en mar exterior).

Sara Hopf: ¿Se conoce la duración de cada estadio en cada especie?

Leonardo Castro: No, no se conoce con exactitud.

Sergio Lillo: ¿Ha existido cambios en la abundancia de eufáusidos y crustáceos (eg., múnida)?

Leonardo Castro: No, no se ha mirado esa data bajo esa pregunta.

Intervenciones a la presentación de Luis Cubillos

Tony Pitcher: Una pregunta técnica ¿Por qué considera que CV es log-normal?

Luis Cubillos: Es un supuesto general, que aplica en estos casos.

Tony Pitcher: La tasa de captura en merluza de cola parece estable en los últimos 10 años mientras que la biomasa continúa decayendo. Este es un signo de preocupación. Se debiera estudiar la capturabilidad del recurso. Si el modelo es correcto, toda la pesquería austral está en riesgo ante un colapso del stock de merluza de cola.

Luis Cubillos: La pesquería opera cerca de la época de desove cuando el stock adulto está concentrado.

Luis Cubillos: un avance sería modelar la relación stock-recluta considerando las interacciones de depredación entre merluza austral y merluza de cola.

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-27

"Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile "

Universidad de Concepción, mayo 7 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Claudia Gatica M	Inpesca	claugatic@gmail.com	
2	RUBEN ALARCON	UDEC	RUBEN.ALARCON.RAMOS@GMAIL.COM	
3	[illegible]	U. de C.	[illegible] UDEC.CL	
4	[illegible]	IFOP	SERGIO.[illegible]@IFOP.CL	
5	Dimetry Marshall	Udec	dametymarshall@udec.cl	
6	[illegible]	UdeC	[illegible]@udec.cl	
7	Natalia Monteciino F	Udec	NMONTECINO@UDEC.CL	
8	Tony Pitcher	UBC	pitcher.t@gmail.com	
9	Eduardo Escalona	Udec	eduescalona@udec.cl	
10	Sarah Hopf	CEPES	~~[illegible]~~ shopf@cepes.cl	

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-27

"Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile "

Universidad de Concepción, mayo 7 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Luis Cubillos S	UDEC	lcubillos@udec.cl	
2	Eduardo Flores B	UdeC	eflores@udec.cl	
3	Marco Arriaga J	INPESCA	marriaga@inpesca.cl	
4	María José Cuevas	UdeC	mariajosecuevas@udec.cl	
5	VANIA HENRIQUEZ	UDEC	vaniahenriquez@gmail.com	
6	Sandra Monteciinos G	Udec	sandra.montecinos@gmail.com	
7	Pamela Barrientos C	UdeC	pambarrientos@udec.cl	
8				
9				
10				

Project FIP 2013-27 Estimating Recruitment Indices for
Southern Hake and Hoki in Southern Chile

University of Concepcion
Sponsored by The Chilean Fisheries Fund

REPORT FROM INDEPENDENT REVIEWER

Prof. Tony J Pitcher
(Fisheries Centre, University of British Columbia)

I reviewed the progress of work on this project from 5-6 May 2015 with its Principal Investigator Dr Sergio Neira and others, and attended the project results workshop and discussions at UDEC on 7 May 2015. I have not read the full draft report itself, but have seen the results, summary graphs and tables presented and discussed. In my report here I have assessed this work as an independent reviewer, and my opinions are based on the evidence presented.

Overall I judge the work to show considerable success in meeting its objectives and in indicating a productive way forward in using recruitment indices based on field measurements. Most of my queries relate to broader issues where there is considerable scientific uncertainty or concern topics that are not fully specified in the project Terms of Reference.

This Project has two main aims related to the southern hake (Merlucius australis, queen hake, merluza austral) and hoki (Macruronus magellanicus, Patagonian grenadier, merluza de cola) fisheries in southern Chile; first to develop, measure and test consistent indices of recruitment, and second, to demonstrate how these new indices may be incorporated into stock assessments of the two species.

Recruitment is defined in this project as the minimum size and age when hake and hoki are first fully represented in the fishery (35 cm for hoki at approximately 1 year old, and 45cm for Hake at 2 years old). This operational definition is sensible in my opinion because quantitative information is unlikely to be available for smaller and younger fish, even though technically they may be regarded as ‘recruits’ to the geographical areas of the commercial fisheries and it is possible that the critical ecological factors determining recruitment success may operate before or around this age and size. As in many fisheries world-wide, these ecological processes need to be more deeply understood to improve our insight of fish population dynamics, but the operational definition is likely to be sufficient for present management purposes. Moreover, the research team is fully aware of this issue and it is likely to be briefly discussed in the report.

There are five main pieces of research work in the project, including three pilot studies with field sampling, each run by a faculty member and with assistance from graduate

students and postdocs in the processing of samples. The final conflation of results has been drawn together by the PI with input from all of the team members.

1. Delineation of 'witness areas'(Dr Sergio Neira)
2. Multi-purpose survey egg & larval samples and acoustic survey (Pilot Study 1: Dr Ruben Alarcón)
3. Diet and trophic information (Pilot Study 2: Dr Hugo Arancibia)
4. Early Life History stages (Pilot Study 3: Dr Leonardo Castro)
5. Including the new recruitment index in Stock Assessment (Dr Luis Cubillos)

1. Delineation of'witness areas'(Dr Sergio Neirea)

Quantitative surveys from this project confirmed previous work showing that the inner sea of Chiloe, especially the Gulf of Ancud and the Moraleda channel, supports juvenile hake and hoki after the spawning season from August through November. Moreover, maps of an overlap index based on the survey samples, shows spatial overlap between hake and hoki (probably on account of diet), but there is no overlap with sardines in this area.

Pre-recruits of both hake and hoki are seen in the survey nets, which have a smaller mesh size than commercial trawls, and these nets may be deployed in inshore areas. These samples can provide a signal of the abundance of incoming recruitment cohorts. These small fish might also be surveyed using acoustic methods, although validating a new technique and acoustic gear could become an expensive undertaking.

The conclusion is that these areas, that are relatively easily sampled, can provide convenient 'witness areas' for recruits to the two fisheries. It is possible that there are some residual spawning and juvenile areas further south, where spawning was known to have occurred in the past before the heavy depletion of these two species. However, I agree with the conclusion that the chosen witness areas should provide a consistent signal of recruitment in today's situation.

Nevertheless, it is known from Stable Isotope Analysis on adult otoliths (Oxygen and Carbon, Niklitschek et al., 2014) that some of the hoki population fished in offshore areas originate elsewhere, and so the recruitment index results from this project need to be hedged with that uncertainty until this is investigated further.

2. Egg & larval samples and acoustic survey (Pilot Study 1: Dr Ruben Alarcón)

The multi purpose survey in the Gulf of Ancud and the Moraleda channel for egg and larval samples, stomach contents, and acoustic determination of fish biomass was well described at the workshop. The vessel Abate Molina was employed with a midwater trawl. About 5 t of total fish were caught and about 1100 fish measured and weighed. Length frequency plots were presented by region. The analysis of stomachs to determine the presence of pre-recruits was not successful because the contents were in advance state as to estimate prey size.

The acoustic survey, using a Simrad EK60, estimated biomass with a geostatistical method, with Hoki at 25,700 t, and Southern Hake, 14,400 t, with an error of about 30% on these acoustic estimates.

Sea surface temperature records in this area suggest that a regime shift occurred in the late 1990s. Plankton samples might provide further evidence. If further regime shifts in the marine ecosystem occur in the future, the validity of the Recruitment Index might need to be re-examined.

3. Diet and trophic information (Pilot Study 2: Dr Hugo Arancibia)

In the Chiloe inland sea area, where most samples were taken, 200 Hake (35% of stomachs were full), 560 Hoki (60% full) stomachs were sampled, showing that across all ages in the sample Hake, mainly eat hoki (85%) and also pencil smelt (Nansenia, 11%). Hoki also eat pencil smelt (30-55%), smaller hoki eat more krill, and larger hoki are cannibalistic. In the open ocean hake still eat mainly hoki, but the hoki diet is much more mixed including lantern fish. These results are broadly similar results to previous work in the region.

A relatively simple trophic web model of this ecosystem (Ecopath with Ecosim, EwE) was shown and can be used to explore changes in fishery management policy and the impacts of environmental changes. The trophic information suggests that recovery of both species depends on recruitment of hoki. The main drivers of hoki recruitment are not well understood: Smelt, Krill and regime shift may all be implicated. The pencil smelt varies but is not well studied or surveyed. There is also a galaxiid fish that may have been affected by fish farming. Krill here are represented by 4 species, but one is normally dominant, but is not regularly surveyed. All of these issues related to long-term sustainability of these key fisheries could be usefully explored using the EwE model, which might be fitted to new survey data if surveys were commissioned.

Moreover, although Hake and Hoki are the principal commercial species in the area but there are many components in the marine ecosystem with which they are linked in a complex and dynamic food web. These species include other demersal fish predators such as kingclip (congrio) and pelagic species that may compete (sardines) or cease competing (collapsed horse mackerel) for the planktonic food also eaten by juvenile hake and hoki (kriil =euphausids). This raises the question as to what influence other species in the marine food web have on the recruitment indicator from this project? Ecosystem-based ecology was not requested in the project terms of reference, although the Concepcion team could investigate it as they have a good ecosystem model of the region. In my view, this issue is likely to become more urgent and important as the new Chilean fishery law's broader management aims need to be implemented. Although there is mention of the other commercial species in the area, I recommend that the final report mention the ecological links of hake and hoki, briefly outline their possible influences on recruitment, and suggest ways that they could be investigated through field sampling, surveys and modelling.

4. Early Life History stages (Pilot Study 3: Dr Leonardo Castro)

This ichthyoplankton component of the project entailed the collaboration of many technicians and students processing the samples. Sampling methods include oblique bongo net hauls and Tucker trawl hauls. Egg and larval maps were drawn up in relation to temperature and salinity: eggs seem to be the same size and contain a similar oil droplet everywhere, but this is uncertain because there were not many offshore eggs in the sample.

SIA and fatty acids analysis shows that fish have different diets inshore (fjords) and offshore (shelf break). Since females live in both areas, although they are smaller inshore, we can conclude that there is more than one spawning area. This confirms the work on otolith SIA Oxygen and Carbon mentioned above.

5. Including the recruitment index in Stock Assessment (Dr Luis Cubillos)

The aim of this work is to incorporate the recruitment index into IFOP's Stock Assessment model of Southern hake and Hoki. (The model uses MSE with AD Model Builder software with the GitHUB Version Control system)

A simple model was adopted for the recruitment index. It assumes a log normal distribution to take account of the likely asymmetry of error. It is possible that there may be more high extreme values of the index than would fit this distribution, and it is possible that the fit of a gamma distribution could be tested. The operating model provides pseudovalues for recruitment index and takes medians of the errors. The overall conclusion is that the new recruitment indices may be easily included in the existing stock assessment.

One anomaly in the plots provided was that the hake results with cv=0.2 indicated a biomass much higher than other panels in the plot. This was not seen in the hoki results and may have been a graphical error that should be checked in the final report.

The stock assessment work showed a reasonably stable recent southern hake catch indicting a stable fishing mortality, F , a good indication of sustainability in recent years.

At this point a major issue emerged from the stock assessment work. The analysis shows that the fishery catch rate for hoki is stable, yet hoki biomass exhibits a steep decline. This result implies that catchability (q) is increasing with declining hoki biomass. This is a really dangerous situation as it the profits from continued good catches can lead to a collapse of biomass. The assessment model (from IFOP) is likely correct, so the fishery management agency should have some serious concerns about the sustainability of the hoki fishery. It seems that the present hoki fishery, (largely purse seiners coming down from Talcahauno) concentrates on the spawning area, which is exactly what this perverse catchability signal suggests. This is a dangerous signal because the whole austral fishery system pivots on hoki, and although this issue is not a part of the UDEP project as such, it is worth ensuring that it is conspicuously flagged in the report.

The stock assessment work showed a reasonably stable recent southern hake catch indicting a stable fishing mortality, F , a good indication of sustainability in recent years.

Conclusions

In my opinion, the UDEC project team is to be congratulated on successfully collaborating across several disciplines to deliver these measures of hake and hoki recruitment together with pilot studies of relevant fieldwork. Such effective teamwork is not as common as one might hope in Universities so that the results should be immediately valuable in managing these valuable southern Chilean fisheries for sustainability and maximum benefit to Chilean society.

ANEXO 5. Composición y organización del equipo profesional y técnico

Nombre	Título	Rol y Función
Sergio Neira	Biólogo Marino Magister m. Pesquerías PhD Ecología Marina	Jefe de proyecto Encargado objetivo específico 1 Relator talleres Responsable informes Administración y coordinación del proyecto
Hugo Arancibia	Biólogo Marino Diplomado en Gestión por Competencias *Dr. rer. nat.*	Co-investigador y director alterno Investigador objetivo específico 2 Relator Talleres Responsable de informes Administración y coordinación del proyecto
Rubén Alarcón	Biólogo Magister Pesquerías	Co-investigador objetivos específicos 1 y 3 Jefe de Crucero Relator Taller Elaboración de informes
Ana Arriagada	Profesional Cs. del Mar	Apoyo análisis data acústica histórica y desde crucero piloto
Leonardo Castro	Biólogo Marino MSc. PhD.	Co-investigador objetivo específico 2 y 3 Coordinación ictioplancton y oceanografía Relator Taller Elaboración de informes
Luis Cubillos	Biólogo Pesquero Magister Oceanografía Dr. Oceanografía	Co-investigador objetivo específico 4 Modelación reclutamiento y modelos evaluación de stock Relator Taller Elaboración de informes
Danetcy Marmol	Profesional Cs. del Mar	Apoyo Objetivo específico 1 Alimentación y mantención de bases de datos
Lilian Cisterna	Biólogo Marino Magister Pesquerías (c)	Apoyo Objetivo específico 2 Análisis bases de datos contenido estomacal
Samuel Soto	Biólogo Marino Magister pesquerías	Apoyo objetivo específico 2 ictioplancton y oceanografía
José Giacaman	Profesional Cs. del Mar	Apoyo objetivo específico 1 y 3
Mónica Barros	Ingeniero Pesquero, Magister Pesquerías	Asistente técnica del jefe de proyecto Apoyo en coordinación actividades proyecto Alimentación y mantención bases datos Participación en objetivo específico 1 Organización Talleres Elaboración de informes

Total de horas por objetivo específico.

Objetivo Específico 1

Nombre	Gestión proyecto	Crucero	Recopilación de Datos	Procesamiento de datos	Análisis	Informes	Total
Sergio Neira A.	5		10	10	10	15	**50**
Hugo Arancibia F.	5		20	20	20	25	**90**
Rubén Alarcón M.		30	10	15	30	25	**110**
Leonardo Castro			20	25	35	30	**110**
Prof. Apoyo OE 1			15	25			**40**
Lilian Cisterna			40	30	20		**90**
Samuel Soto			40	30	20		**90**
Prof. Apoyo OEs 2-3			30	30	10		**70**
Mónica Barros	25		25	25	20		**95**
Rosemary Hurst							**0**
Tony Pitcher							**0**
Eduardo Escalona		10	10				**20**
Pamela Barrientos							**0**
Germán Vásquez		20	20				**40**
Total	**35**	**60**	**240**	**210**	**165**	**95**	**805**

Objetivo Específico 2

Nombre	Gestión proyecto	Crucero	Recopilación de Datos	Procesamiento de datos	Análisis	Informes	Total
Sergio Neira A.	5		10	10	10	15	**50**
Hugo Arancibia F.	5		20	20	20	25	**90**
Rubén Alarcón M.		20	20	20	20	30	**110**
Leonardo Castro				15	20	10	**45**
Asist. Anál. Acústicos							**0**
Luis Cubillos S.							**0**
Prof. Apoyo OE 1			15	25			**40**
Lilian Cisterna			40	30	20		**90**
Samuel Soto			40	30	20	10	**100**
Prof. Apoyo OEs 2-3			20	20	10		**50**
Mónica Barros	25		25	25	20		**95**
Rosemary Hurst				10	10	5	**25**
Tony Pitcher				10	10	5	**25**
Total	**35**	**20**	**190**	**215**	**160**	**100**	**670**

Objetivo Específico 3

Nombre	Gestión proyecto	Crucero	Recopilación de Datos	Procesamiento de datos	Análisis	Informes	Total
Sergio Neira A.	5		10	10	10	15	**50**
Hugo Arancibia F.	5		20	20	20	25	**90**
Rubén Alarcón M.		20	20	20	20	20	**100**
Leonardo Castro		20	20	25	25	15	**105**
Prof. Apoyo OE 1			20	30			**50**
Lilian Cisterna			40	30	20		**90**
Samuel Soto			40	30	20	20	**110**
Prof. Apoyo OEs 2-3			30	35	15		**80**
Mónica Barros	25		25	25	10		**85**
Rosemary Hurst				10	10	5	**25**
Tony Pitcher				10	10	5	**25**
Eduardo Escalona		160	10	10			**180**
Pamela Barrientos		200					**200**
Tec3 a bordo		200					**200**
Germán Vásquez		320	20	20			**360**
Roberto Torres		200					**200**
Hernán Rebolledo		200					**200**
Téc. Muest. Biol.		200					**200**
Téc. Ocean. crucero		200					**200**
Téc. Ocean. crucero		200					**200**
Total	**35**	**1920**	**255**	**275**	**160**	**105**	**2750**

Objetivo Específico 4

Nombre	Gestión proyecto	Crucero	Recopilación de Datos	Procesamiento de datos	Análisis	Informes	Total
Sergio Neira A.	5		10	10	10	15	**50**
Hugo Arancibia F.	5		20	20	20	25	**90**
Rubén Alarcón M.				10	20	10	**40**
Leonardo Castro							**0**
Asist. Anál. Acústicos				35	50	15	**100**
Luis Cubillos S.				50	80	30	**160**
Prof. Apoyo OE 1			20	30			**50**
Lilian Cisterna			15	15			**30**
Samuel Soto							**0**
Prof. Apoyo OEs 2-3							**0**
Mónica Barros	25						**25**
Rosemary Hurst				10	10	10	**30**
Tony Pitcher				10	10	10	**30**
Total	**35**	**0**	**65**	**190**	**200**	**115**	**605**

ANEXO 6. Registro Fotográfico. Taller de Difusión de Resultados



Foto 1. Jefe Proyecto. Dr. Sergio Neira



Foto 2. Dr. Hugo Arancibia



Foto 3. Dr. Leonardo Castro



Foto 4. MSc. Ruben Alarcón



Foto 5. Dr. Luis Cubillos



Foto 6. Participantes en el taller

