



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2016

Evaluación del stock desovante de merluza del sur,
merluza de cola y merluza de tres aletas en las
aguas exteriores entre la X y XII Regiones:

Sección II. Merluza de cola

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / MAYO 2017



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2016

Evaluación del stock desovante de merluza del sur,
merluza de cola y merluza de tres aletas en las
aguas exteriores entre la X y XII Regiones:

Sección II. Merluza de cola

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2017

REQUIRENTE

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**

Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño
Natalia Piergentili Domenech

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Gálvez Larach

JEFE DE PROYECTO

Álvaro Saavedra Godoy



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2017

AUTORES

Evaluación hidroacústica biomasa

Sergio Lillo Vega
Javier Legua Delgado

Determinación de talla y edad

Vilma Ojeda Cerda
Renato Céspedes Michea
Lizandro Muñoz Rubio
Héctor Hidalgo Valdebenito
Karen Hunt Jaque
Angélica Villalón Castillo

Índice gonadosomático, estadíos de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad

Fernando Balbontín Cavada
Ricardo Bravo Méndez
Gustavo Herrera Urzúa

Importancia relativa fauna acompañante

Esteban Molina Guerrero

Ítems alimentarios

Sebastián López Klarian

Análisis agregaciones

Bernardo Leiva Pérez

COLABORADORES

Investigadores hidroacústicos a bordo

Alvaro Saavedra Godoy
René Vargas Silva
Bernardo Leiva Perez

Muestreo biológico a bordo

José Pérez Soto
Adrian Ibieta Figueroa
Roberto Galaz Ubilla
Daniel Beroiza Castillo
Braulio Acuña Guajardo
Jose Pérez Sepulveda



RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al Informe Final del proyecto “Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones” y se presenta los estimados de biomasa y abundancia, estructura de talla y edad, distribución espacial, fauna acompañante, condiciones reproductivas, características de las agregaciones e ítems alimentarios de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), observados en agosto de 2016 en la zona sur-austral de Chile.

El proyecto contempló un crucero de tipo ecosistémico a bordo del B/C AGS 61 Cabo de Hornos, que se desarrolló entre el 1 y 31 de agosto de 2016 con zarpe y recalada en Valparaíso. El crucero se dividió en dos etapas, una orientada a evaluar la merluza del sur y merluza de cola a de cola (entre paralelos 43°30' y 47°00'S), y en una segunda etapa (crucero 2) a merluza de tres aletas (entre paralelos 46°35' y 51°00'S), realizándose una recalada intermedia en puerto Chacabuco el 16 de agosto.

Durante el desarrollo del crucero orientado a evaluar la merluza de cola (1-16 agosto) se ejecutaron 43 transectas de prospección acústica y 28 lances de pesca dirigidos a la identificación de ecotrazos y a la obtención de muestras biológicas para realizar muestreos de tallas y biológicos, recolección de otolitos, gónadas y estómagos de merluza de cola.

Los resultados indican que en términos generales el stock de merluza de cola presente en el área y período de estudio mantiene una estructura demográfica deteriorada, aunque en los últimos años se ha notado una recuperación del tamaño del stock, luego de los bajos niveles mostrados por este en los años 2012 y 2013.

La abundancia de la merluza de cola se estimó en 408.942.914 individuos de los cuales 201.138.794 (49%) correspondieron a machos y 207.804.120 (51%) a hembras. La biomasa total de merluza de cola se estimó en 261.111 toneladas con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 232.114 y 281.797 t. La biomasa del stock estuvo compuesta por 111.623 t de machos y 149.488 t de hembras.

Durante el presente estudio y aunque tanto la biomasa (-9%) y la abundancia (-36%) disminuyeron en relación con el año anterior, pero si se refiere a un contexto que abarque las estimaciones realizadas desde el 2003 a la fecha el tamaño del stock del año 2016 se ubica en el rango alto de las estimaciones efectuadas en el período considerado, sin desconocer un cambio de la estructura demográfica a partir del año 2008 caracterizada por una disminución en el tamaño y edad de los individuos.

La fracción desovante del stock fue estimada, en ambos sexos, a partir de la ojiva de madurez a la talla estimada con observaciones microscópicas, estimándose una abundancia desovante de 247.941.448 ejemplares que representa el 60,6% de la abundancia total. La biomasa de esta fracción



se estimó en 227.627 toneladas lo que representó el 60,6% del stock evaluado. Ambas estimaciones fueron realizadas considerando los resultados obtenidos por el método geoestadístico.

La estructura de talla fue polimodal con la presencia de tres modas que en orden de importancia relativa descendente estuvo compuesta por ejemplares de 55-79 cm (adultos), entre 35-49 cm y 25 y 29 cm, juveniles.

La estructura de edades en base a la observación de otolitos, muestra una composición sostenida por ejemplares desde 1 a los 15 años con la abundancia total compuesta mayoritariamente (89%) por las clases que comprenden los GE I a VII, con moda en el GE III tanto en machos como en hembras, edad en la que participan tanto individuos juveniles como adultos. La edad mediana del stock se estimó en 3,3 en machos y 4 en hembras, valores que se ubican en el rango entre 3 y 4 años observada en los últimos años.

Con respecto a la actividad reproductiva, los índices analizados mostraron que la actividad fue moderada durante la prospección, pero con fluctuaciones en los porcentajes correspondientes a los estadios de madurez sexual. En el período intermedio que abarcó desde el 9 al 12 de agosto, se encontraron los porcentajes más altos de hembras maduras, junto con altos valores del IGS, iguales a 8 y que disminuyó a 5,6 al final del período del crucero. La talla media se estimó utilizando un ajuste no lineal, entregó un valor para la talla media de 48,8 cm LT. La edad media de madurez se estimó 3,8.

Con respecto a la fauna acompañante, se capturaron e identificaron un total de 13 especies. Merluza de cola y merluza del sur aportan alrededor de 97% de la captura total realizada en el crucero. Las demás especies tienen bajos aportes individuales que en conjunto representan alrededor del 3% restante de la captura total. La distribución latitudinal muestra que la mayoría de las especies están presentes en toda la zona de estudio con distribución batimétrica entre los veriles de 200 m y 400 m de profundidad. Los resultados de los análisis clasificación y ordenación, muestran altos niveles de similitud entre los conglomerados y entidades, lo cual históricamente se mantiene casi sin alteración, ya que son siempre las mismas especies las que están presentes dentro de este ecosistema.

La alimentación de la merluza de cola estuvo basada en pequeños crustáceos pelágicos, como también en pequeños peces, mictófidos principalmente, además de otros pequeños meso y epipelágicos como el sternoptichido *Maurolicus parvipinnis*, lo cual, coincide con los resultados de seguimiento de los cruceros realizados por IFOP.



EXECUTIVE SUMMARY

This document is part of the final project entitled “Spawning Stock Assessment of Southern Hake, Hoki and Southern Blue Whiting in offshore waters of Regions X and XII” and contains the estimates of biomass and abundance, size and age structure, spatial distribution, by-catch, reproduction conditions, characteristics related to clusters and diet of Hoki (*Macruronus magellanicus*), observed in winter of 2016 in the southern-austral zone of Chile.

The Project envisaged an ecosystem type survey on board Research Vessel AGS 61 Cabo de Hornos, sailing and arriving to Valparaíso, on August 1 and 31, 2016, respectively. The survey was divided in two stages, the first stage focused on Southern Hake and Hoki (between parallels 43°30' - 47°00'S), and the second stage (survey 2) focused on southern blue whiting (between parallels 46°35' - 51°00'S), with an intermediate arrival at the port of Chacabuco on August 16.

The survey to assess hoki took place between August 1 – 16, 43 acoustic prospection transects and 28 fish identification hauls to identify eco traces and obtain biological samples to perform length and biological samples, collect otoliths, gonads and hoki stomachs.

The results indicate that in general, the hoki stock present in the area and throughout the study period has a deteriorated demographic structure, although during recent years, a recovery in the size of the stock has been noticed, following the low levels recorded in period 2012 - 2013.

The abundance of hoki was estimated in 408,942,914 individuals, of which 201,138,794 (49%) accounted for males and 207,804,120 (51%) females. The total biomass of hoki was estimated in 261,111 tons, with a confidence interval ($\alpha=5\%$) ranging from 232,114 – 281,797 t. The biomass of the stock was comprised by 111,623 t males and 149,488 t females.

During the present study, and although the biomass (-9%) and abundance (-36%) decreased with respect to the previous year, but considering the estimations performed since 2003 to date, the size of the stock in 2016 is within the highest range of the estimations made in the period, while acknowledging a change in the demographic structure since 2008, characterized by a reduction in the length and age of the individuals.

The spawning fraction of the stock was estimated in both sexes, based on the maturity ogive at length estimated with microscopic observations, estimating a spawning abundance of 247.941.448 individuals, accounting for 60.6% of the total abundance. The biomass of this fraction was estimated in 227.627 tons, accounting for 60.6% of the assessed stock. Both estimations were performed considering the results obtained with the use of the geostatistical method.



The length structure was polymodal with the presence of three modes, which in descending order of importance was comprised by individuals of 55-79 cm (adults), ranging from 35-49 cm and 25 -29 cm (juveniles).

The age structure based on observation of otoliths, show a composition sustained by individuals from 1 to 15 years with a total abundance mostly sustained (89%) by classes belonging to AG I - VII, with a mode in AG III both for males and females, including juvenile and adult individuals. The median age of the stock was estimated in 3.3 in males and 4 in females, values are distributed along the range of 3 and 4 years observed in recent years.

With respect to reproductive activity, analyzed indexes showed that the activity was moderate during the prospection, but with fluctuations in the percentages related to sexual maturity stages. During the intermediate period covering 9 - 12 August, the highest percentages of mature females were found, and high GSI values, equal to 8, dropping to 5.6 at the end of the survey period. The mean size was estimated using a non-linear adjustment, and resulted in a mean length of 48.8 cm TL. The mean age of maturity was estimated in 3.8.

A total of 13 species were harvested and identified as by-catch. Hoki and Southern Blue Whiting contribute with around 97% of the total catch obtained during the survey. The other species have low individual contributions, which together account for close to 3% of the rest of the total catch. The latitudinal distribution shows that most species are present throughout the study area with a bathymetric distribution between 200 m and 400 m depth. The results of classification and arrangement analysis showed high levels of similarity between clusters and entities, which historically remains unchanged since the same species are always present in this ecosystem.

The diet of Hoki was based on small pelagic crustaceans, and small fish, mainly myctophidae, in addition to other small mesopelagic and epipelagic fish such as sternoptichido *Maurolicus parvipinnis*, coinciding with the results of the follow-up of surveys performed by IFOP.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
EXECUTIVE SUMMARY	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS.....	viii
1. OBJETIVO GENERAL.....	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
3. ANTECEDENTES	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
4.1 Área y período de estudio.....	5
4.2 Embarcaciones y equipos.....	5
4.2.1 Embarcación	5
4.2.2 Equipos	5
4.3 Objetivo Específico 2.1 <i>Determinar la biomasa total y desovante en peso (en peso), abundancia total y desovante (en número) y la distribución espacial y batimétrica del stock desovante y total de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio.</i>	6
4.3.1 Diseño del muestreo	6
4.3.2 Identificación de los ecotrazos	7
4.3.3 Estimación de la abundancia y biomasa de la merluza del sur	8
4.3.4 Distribución espacial de la merluza de cola.....	13
4.4 Objetivo Específico 2.2 <i>Estimar la composición de tallas, de edad y la proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial, latitudinal y batimétrica</i>	14
4.4.1 Muestreos.....	15
4.4.2 Composición de la estructura de tallas	15
4.4.3 Composición de edades del stock de merluza de cola.....	16
4.5 Objetivo Específico 2.3 <i>Determinar el índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez, talla y edad de primera madurez y fecundidad de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación.</i>	19
4.5.1 Trabajo a bordo	19
4.5.2 Análisis de laboratorio	19
4.6 Objetivo Específico 2.4	



<i>Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación en el área y período de estudio</i>	23
4.6.1 Análisis de los datos	24
4.6.2 Análisis comunitario	24
4.6.3 Identificación de agrupaciones específicas	24
4.7. Objetivo Específico 2.5	
<i>Determinar la composición e importancia de los principales ítems alimentarios de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.</i>	25
4.7.1 Análisis de laboratorio	25
4.7.2 Isótopos estables	26
4.8. Objetivo Específico 2.6	
<i>Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur y Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio</i>	28
4.8.1 Descriptores y variables utilizadas en el análisis	28
5. RESULTADOS	32
5.1. Objetivo Específico 2.1	
<i>Determinar la biomasa total y desovante en peso (en peso), abundancia total y desovante (en número) y la distribución espacial y batimétrica del stock desovante y total de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio</i>	32
5.2. Objetivo Específico 2.2	
<i>Estimar la composición de tallas, de edad y la proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial, latitudinal y batimétrica.</i>	33
5.2.1 Estructura de tallas	33
5.2.2 Estructura de edades	35
5.3. Objetivo Específico 2.3	
<i>Determinar el índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez, talla y edad de primera madurez y fecundidad de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación.</i>	36
5.4. Objetivo Específico 2.4	
<i>Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación en el área y período de estudio</i>	38
5.4.1 Distribución batimétrica y espacial	38
5.4.2 Parámetros comunitarios	39



5.5	Objetivo Específico 2.5	
	<i>Determinar la composición e importancia de los principales ítems alimentarios de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio</i>	41
5.5.1	Contenido estomacal.....	41
5.5.2	Análisis de la alimentación de <i>Macruronus magellanicus</i> por isótopos estables	42
5.6	Objetivo Específico 2.6	
	<i>Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio</i>	42
5.6.1	Resultados generales descriptivos	42
5.6.2	Resultados de los descriptores según zonas y cañones	43
5.6.3	Análisis de componentes principales (ACP).....	44
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
7.	CONCLUSIONES.....	51
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

FIGURAS
TABLAS
ANEXO



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.
- Figura 2.** Buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Figura 3.** Plano de la red modelo Barracuda 608 utilizada en el estudio.
- Figura 4.** Localización de: a) transectas de muestreo acústico y b) lances de pesca de identificación.
- Figura 5.** Otolitos enteros de merluza de cola, par *sagitta*, vistos desde su cara externa. Estructuras pertenecientes a peces de 45 cm (A) y 75 cm (B).
- Figura 6.** Frecuencia de tamaños de los ovocitos presentes en un ovario de merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, utilizado en estimaciones anteriores de fecundidad. La moda más avanzada corresponde a los ovocitos que serán desovados en la temporada de puesta.
- Figura 7.** Semivariogramas estimado para merluza de cola. Dirección omnidireccional. Zona total de estudio.
- Figura 8.** Distribución espacial de la biomasa de merluza de cola. Agosto 2016. La escala de colores corresponde a toneladas por milla náutica cuadrada
- Figura 9** Distribución de talla de merluza de cola por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).
- Figura 10.** Distribución de talla de merluza de cola por área. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto, 2016).
- Figura 11.** Distribución de talla de merluza de cola por cañón y fuera de los cañones. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).
- Figura 12.** Distribución de talla de merluza de cola por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).
- Figura 13.** Distribución relativa de la talla de merluza de cola **a)** por sexo y **b)** ambos sexos, para los cruceros hidroacústicos 2001-2016.



- Figura 14.** Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza de cola para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2016.
- Figura 15.** Comparación de las funciones peso- longitud estimadas para merluza de cola por sexo y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación en el período 2000 – 2016.
- Figura 16.** Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza de cola, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el período 2000 – 2016.
- Figura 17.** Edad media de merluza de cola en cruceros de prospección. 2000-2016.
- Figura 18.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* en agosto de 2016.
- Figura 19.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total. Agosto de 2016.
- Figura 20.** Ovarios de merluza de cola en estadios iniciales desarrollo. a) Mc N° 2500. Estadio inmaduro, aumento 5x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); lamela (l); lumen (L). b) Mc N° 2754. Estadio Inmaduro con atresia ovocitaria, aumento 10x. Atresia ovocitaria (at); lamela (l); lumen (L).
- Figura 21.** Ovario de merluza de cola en estadio de desarrollo correspondiente a vitelado parcial. a) Mc N° 4054. Aumento 5x. b) Mc N° 4054. Aumento 10x. Ovocito en crecimiento secundario (Pv); ovocito reserva (r); ovocito alveolo cortical (ac); ovocito en crecimiento secundario (Pv); ovocito de reserva (r).
- Figura 22.** Ovario de merluza de cola con parásitos. a) Mc N° 2784. Estadio inmaduro parasitado. Aumento 5x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); parásito (P); lamela (l) lumen (L). b) aumento 20x.
- Figura 23.** Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza de cola.
- Figura 24.** Valor promedio del índice gonadosomático (IGS) $\pm$ la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y grupos arbitrarios de longitud total de merluza de cola. Agosto 2016.
- Figura 25.** Ojiva de madurez sexual de la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016, con límites de confianza del 95%.



- Figura 26.** Incremento relativo del índice gonadosomático (IR.IGS) en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016.
- Figura 27.** Relación entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la gónada y b) la longitud total. Merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016.
- Figura 28.** Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estándar crucero. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016.
- Figura 29.** Participación de la fauna acompañante asociada a merluza de cola. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016.
- Figura 30.** Participación (%) respecto captura total estándar por subzona **a)** todas las especies y **b)** fauna acompañante. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016.
- Figura 31.** Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur, merluza de cola y fauna asociada. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016.
- Figura 32.** Distribución latitudinal histórica de las especies más recurrentes capturadas durante los cruceros de evaluación directa.
- Figura 33.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2016.
- Figura 34.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2016.
- Figura 35.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola, años 2000 a 2016.
- Figura 36.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola, años 2000 a 2016.
- Figura 37.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola, años 2000 a 2016.
- Figura 38.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola, años 2000 a 2016.



- Figura 39.** Porcentaje de estómagos llenos y vacíos.
- Figura 40.** Biplot de nitrógeno y carbono para la zona estudiada.
- Figura 41.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfológicos largo, alto y elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC/(100m²)). Dentro del cañon (si) y fuera del cañon (no).
- Figura 42.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada y densidad acústica. Según cañon.
- Figura 43.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada y densidad acústica. Según zona.
- Figura 44.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto y elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada y densidad acústica. Según rango de fondo.
- Figura 45.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes.

TABLAS

- Tabla 1.** Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza de cola. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 1992-2016.
- Tabla 2.** Principales características del AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Tabla 3.** Calibración del sistema de ecointegración ER60. AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Tabla 4.** Datos operacionales de los lances de pesca de identificación.
- Tabla 5.** Capturas por especie registradas en los lances de pesca de identificación.
- Tabla 6.** Escala de madurez sexual para merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada para la merluza de cola (Troncoso, 2004).



- Tabla 7.** Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos. FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.
- Tabla 8.** Resumen modelación geoestadística de merluza de cola para la zona total de estudio
- Tabla 9.** Estimados de abundancia total y desovante de merluza de cola.
- Tabla 10.** Estimados de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza de cola.
- Tabla 11.** Estimaciones del tamaño del stock, peso promedio y proporción sexual correspondientes a los cruceros de merluza de cola durante el período 2000-2016.
- Tabla 12.** Parámetros de la relación peso - longitud de merluza de cola, crucero de evaluación agosto del 2016.
- Tabla 13.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, machos. Crucero de evaluación 2016. (Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).
- Tabla 14.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, hembras. Agosto 2016. (Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).
- Tabla 15.** Abundancia por grupo de edad y desviación estándar para merluza de cola por sexo y proporción por grupo de edad. Crucero agosto 2016.
- Tabla 16.** Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), desde el 04 al 15 de agosto de 2016. LT, longitud total; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.
- Tabla 17.** Proporción de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* en agosto de 2016.
- Tabla 18.** Talla media de madurez sexual estimada según máxima verosimilitud e incremento relativo del IGS (IR IGS) en merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 1996 a 2016.
- Tabla 19.** Proporción de hembras maduras a la edad y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016.
- Tabla 20.** Fecundidad promedio y fecundidad del total de la muestra calculada en estudios realizados en merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 1996 a 2016.
- Tabla 21.** Listado de las especies capturadas durante de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016. CTest (kg*0,5h-1): Captura total estandarizada. IRCT (%):



Importancia relativa respecto captura total estandarizada. CTestFA (kg*0,5h-1): Captura total estandarizada fauna acompañante. IRFA (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.

- Tabla 22.** Lista de especies que componen la fauna acompañante de merluza cola. CTest (kg*0,5h-1): Captura total estandarizada. IRFA (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante
- Tabla 23.** Listado total de las especies capturadas durante los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, aguas exteriores, realizados entre 2000 y 2016, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.
- Tabla 24.** Ítems alimentarios encontrados en los estómagos de *Macruronus magellanicus* para el año 2016.
- Tabla 25.** Ítems alimentarios por grupos-presa para la dieta de *Macruronus magellanicus*, para el año 2016.
- Tabla 26.** Ítems alimentarios encontrados en los machos de *Macruronus magellanicus* para el año 2016.
- Tabla 27.** Ítems alimentarios encontrados en las hembras de *Macruronus magellanicus* para el año 2016.
- Tabla 28.** Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G1 de *Macruronus magellanicus* estudiados para el año 2016.
- Tabla 29.** Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G2 de *Macruronus magellanicus* estudiados para el año 2016.
- Tabla 30.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas.
- Tabla 31.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro de cañones y fuera de cañones.
- Tabla 32.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores en zona dentro y fuera cañones.
- Tabla 33.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en cañones 1, 2 y 3.



- Tabla 34.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones.
- Tabla 35.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona.
- Tabla 36.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona.
- Tabla 37.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo.
- Tabla 38.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rangos de fondo.
- Tabla 39.** Matriz de correlaciones entre las variables originales.
- Tabla 40.** Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes.
- Tabla 41.** Correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

ANEXO

TALLERES



1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el stock desovante y total de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1** Determinar la biomasa total y desovante en peso (en peso), abundancia total y desovante (en número) y la distribución espacial y batimétrica del stock desovante y total de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio.
- 2.2** Estimar la composición de tallas, de edad y la proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial, latitudinal y batimétrica.
- 2.3** Determinar el índice gonadosomático, estadíos de madurez macroscópicos, ojiva de madurez, talla y edad de primera madurez y fecundidad de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación.
- 2.4** Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación en el área y período de estudio.
- 2.5** Determinar la composición e importancia de los principales ítems alimentarios de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.
- 2.6** Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.



3. ANTECEDENTES

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg, 1907), también conocida como “hoki” o “patagonian grenadier”, es una especie de hábitos pelágicos y demersales (euribática), que presenta una amplia distribución geográfica circunscrita al cono austral de Sudamérica, por el Pacífico sudoriental en las costas chilenas entre los 30° S y los 57° S (Lillo *et al.*, 1997) y por el Atlántico Sudoccidental entre los 33° S y 57° S (Giussi *et al.*, 2002), que de acuerdo a las zonas estadísticas definidas por FAO corresponden al área 87 denominada Pacífico sudoriental, y al área 41 denominada Atlántico sudoccidental.

Estudios de marcadores genéticos describen una sola unidad poblacional en las costas chilenas (Galleguillos *et al.*, 1999). Posteriormente, mediante el uso de técnicas de análisis de elementos trazas en los otolitos, Schuchert *et al.* (2010) postulan la existencia de una población patagónica en el cono sur de América, conformada por una población altamente mezclada y postulando la existencia de al menos dos áreas de desove, una el Pacífico sudoriental y otra en el Atlántico sudoccidental.

La pesquería

La pesquería demersal sur-austral se desarrolla en el área comprendida entre el paralelo 41°28,6 L.S y el extremo sur del país. La actividad industrial está limitada a aguas exteriores por fuera de las líneas de base recta y se subdivide en dos unidades que son la Unidad de Pesquería Norte (UPN) desde el 41°28,6 L.S al 47° hasta las 60 millas y Unidad de Pesquería Sur (UPS) desde el paralelo 47° L.S al extremo sur y hasta las 80 millas. La pesca artesanal que opera en el mar interior, se encuentra regionalizada en X, XI y XII Región.

Esta pesquería, de carácter multiespecífico orientada a la explotación de merluza del sur (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), se inició en 1978 con la operación de una flota compuesta por buques arrastreros fábrica, a la que posteriormente se agregaron en 1984 una flota de buques arrastreros hieleros, y entre 1986 - 1987 otras dos flotas compuestas por embarcaciones palangreras fábricas y hieleras. Además, a partir de 1984 se produce el desarrollo de una pesquería de carácter artesanal en la zona de aguas interiores de las regiones X a XII, orientada principalmente a la captura de merluza del sur.

En lo que respecta a la merluza de cola, en las últimas décadas se desarrollaron dos pesquerías, la primera correspondió a la pesquería demersal sur austral y que actúa preferentemente sobre la fracción adulta del stock y la segunda, corresponde a la pesquería pelágica de la zona centro-sur (35°S - 43°S) y que opera durante el período primavera-verano sobre una fracción mayoritariamente juvenil y que alcanzó desembarques promedios superiores a las 200 mil toneladas en el período 1987 - 1999, disminuyendo a menos de 50 mil toneladas en la década del 2000. En los últimos años la cuota de captura anual se redujo de 154 mil toneladas el año 2010 a niveles inferiores a las 50 mil



toneladas, a lo que se suma la veda reproductiva durante agosto, lo que se ha reflejado en la disminución de los desembarques de este recurso.

Los desembarques de merluza de cola provenientes de la pesquería demersal sur-austral, comienzan a fines de la década del 70 registrándose un aporte sostenido cercano a las 20 mil toneladas anuales, cifra que según Young *et al.* (1998) podría estar subestimada producto del descarte no registrado. A partir del año 2000 los desembarques se duplicaron sobrepasando el volumen de la pesquería centro-sur, esto debido al aumento de las cuotas de capturas asignadas a la pesquería demersal sur. Sin embargo, durante los últimos años la estructura demográfica del stock de merluza de cola ha mostrado una declinación paulatina en la participación de la fracción más adulta de la población y una mayor presencia en las capturas de individuos más jóvenes, particularmente de los grupos de edad II a VI.

El escenario antes señalado llevó a la autoridad administrativa a la adopción de diferentes medidas de manejo como fueron: el establecimiento de tamaños mínimos, zonificaciones, regulaciones de artes de pesca y fijación de cuotas de capturas. Actualmente, la pesquería se encuentra declarada en estado y régimen de plena explotación y a la medida de Licencias Transables de Pesca (LTP).

Del proceso reproductivo

En lo que respecta al proceso de desove, hito biológico considerado como base de referencia para definir el período de la pesca de investigación, la merluza de cola muestra un período bien definido de maduración que se inicia en mayo, alcanza su madurez en julio y culmina con un corto período de desove durante agosto (Young *et al.*, 1998), aunque es posible también observar, al igual que en la merluza del sur, variaciones temporales en el período en que se alcanza la mayor actividad reproductiva. En este sentido, el análisis de información de pesca de la flota entre 2000 y 2005, ratifica el acotado período de desove para esta especie y encontrando principalmente el pick de maduración en el mes de agosto, situación que se corrobora con los altos IGS registrado durante este mes en las evaluaciones realizadas en la zona de estudio.

El período de máxima actividad reproductiva, estimado a partir de índices gonadosomático (IGS), se ha señalado para el bimestre julio-agosto con una rápida disminución en septiembre (Aguayo *et al.*, 1991, 1994; Young *et al.*, 1998) sin embargo, observaciones realizadas en otros años (Chong, 2000; Balbontín y Bravo, 2001) muestran la existencia de un grado de variabilidad anual en la distribución de los EMS y por lo tanto, en la fecha de inicio del desove poblacional.).

De la alimentación

La merluza de cola presenta cambios en su dinámica trófica con la ontogenia, pasando de carcinófagos (individuos menores a 30 cm) a ictiófagos estrictos (individuos mayores a 55 cm) y con los individuos de tamaños intermedios de dieta principalmente ictiófaga pero con importante presencia de crustáceos (eufáusidos) (Neira *et al.*, 2015).



Al respecto, en muestreos realizados en el mar interior de la X y XI Regiones se le ha descrito como una especie de hábitos tróficos principalmente planctónicos con un reducido espectro de presas y su alimentación está basada en pequeños peces y crustáceos mesopelágicos, como mictófidios, eufáusidos, pasifeidos, entre los más importantes (Melendez *et al.*, 2009; Medina y Herrera, 2012). Sin embargo, en el mar exterior la muestran con un comportamiento alimenticio con un amplio dominio de canibalismo (53%) en el contenido estomacal de merluza de cola, seguido en importancia por el pez Nansenia (23,6%) y crustáceos (23,3%), aportando estas tres especies de presa sobre el 97% del total en peso del contenido estomacal de merluza de cola indicador de un espectro trófico estrecho (Neira *et al.*, 2015) y que concuerda con lo observado por Cubillos *et al.*, 1998).

Evaluaciones directas

Las evaluaciones orientadas a merluza de cola (**Tabla 1**) se han realizado preferentemente en el área comprendida entre las latitudes (43°30'S y 47°00'S) la que está asociada al principal foco de desove de la merluza de cola, pero sin olvidar que la definición de esta área está asociada también al proceso reproductivo de merluza del sur, por lo que existe un compromiso técnico en la fijación del área de estudio. Al respecto, los antecedentes disponibles hacen referencia que el proceso reproductivo de merluza del sur y merluza de cola presentarían una amplia distribución espacial (Aguayo *et al.*, 2001; Ernst *et al.*, 2006) pero el área de desove principal estaría asociado a las islas Guafo y Guambín, donde ambos recursos desarrollan este proceso biológico y corresponde a lo que se definió como el área de estudio del presente proyecto.

En este contexto y atendiendo la conveniencia de dar continuidad a una línea de investigación en la zona sur austral, la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño, y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, han considerado en el proyecto de Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura para el año 2016, un estudio para evaluar el stock desovante de los recursos señalados como objetivos.



4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Área y período de estudio del crucero de prospección.

El área de estudio comprendida entre las latitudes 43°30'S y 47°00'S (**Fig. 1**) y delimitada longitudinalmente por los veriles de ~150 y 600 metros de profundidad. En esta área se localizan los principales fondos de desove de la merluza de cola como son los asociados a las islas Guafo y Guamblin.

La pesca de investigación fue autorizada por la Resolución 2363 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del 29 de julio (Anexo 1) y en ella se permite la operación en el área comprendida entre las latitudes 43°30'S y 51°00'S en aguas exteriores, como también la operación en aguas interiores en el área comprendida entre cabo Quilán (43°16,6'S y 74°24,6'W) y el islote occidental de la isla Menchuan (45°37,7'S y 74°56,8'W), realizándose el crucero de prospección entre el 01 y 16 de agosto de 2016.

4.2 Embarcación y equipos

4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” (**Fig. 2, Tabla 2**), nave que posee un sistema de propulsión diesel eléctrico y su diseño cumple con la reducción del nivel de ruido recomendada para los buques de investigación (Mitson 1995). El AGS 61 “Cabo de Hornos” es administrado por la Armada de Chile y fue utilizado bajo la modalidad de arriendo.

4.2.2 Equipos

a) Sistema de ecointegración

Se utilizó un ecosonda científico marca Simrad modelo ER60 con seis transductores de haz dividido (split-beam transducer) montados sobre una quilla retráctil (drop keel) de frecuencias de 18, 38, 70, 120, 200 y 333 kHz, siendo la frecuencia principal de uso de 38 kHz. El ecosonda fue configurado en su frecuencia principal para transmitir a una potencia de 2000 W y una duración del pulso de 1,024 ms en todas las frecuencias. Los archivos de extensión .raw fueron descargados diariamente del servidor del buque y respaldados en discos duros externos.

El sistema de ecointegración, fue calibrado de acuerdo al procedimiento recomendado por el fabricante (Simrad, 2003), el cual consiste en ubicar un blanco de referencia con fuerza de blanco conocida bajo el transductor y dentro del haz acústico, a fin de comparar la fuerza de blanco registrada por el equipo con la fuerza de blanco conocida (**Tabla 3**).



Adicionalmente, se instaló directamente a la CPU del ER60 un inclinómetro digital marca Applied Geomechanics, modelo MD900-7, el cual permitió recolectar datos de ángulos de cabeceo y balance del buque (pitch and roll) a una frecuencia de 4 datos por segundo, lo que permitió compensar la señal acústica perdida por este movimiento (Dunford, 2005).

b) Sistema de pesca

Los lances de pesca de identificación fueron realizados con una red de arrastre de mediana modelo Barracuda 608 con abertura vertical entre 40 y 50 metros (**Fig. 3**). La red posee un cubrecopo de tamaño de malla de 50 mm, el que tiene como objeto aumentar el rango de selección de la red, lo que permite incrementar el rango de tallas de los ejemplares capturados.

La autorización para realizar la pesca de investigación fue consignada y regulada a través de la Resolución de pesca de investigación N° 2.363 del 29 de julio del 2016, en que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura autoriza al Instituto de Fomento Pesquero para realizar una pesca de investigación utilizando el barco científico AGS 61 “Cabo de Hornos”. La resolución autorizó para este crucero la extracción de un máximo de 20 toneladas de merluza del sur, 60 toneladas de merluza de cola y 40 toneladas de merluza de tres aletas. Además, autorizó la extracción de otras especies recurrentes en los lances de identificación tales como cojinoba, reineta, congrio dorado, tollo y brótula con cuotas de 500, 700, 300, 100 y 500 kg.

El funcionamiento del arte de pesca durante los lances, fue monitoreado mediante el empleo de una sonda de red, que permitió efectuar un seguimiento del comportamiento de la red de arrastre (altura, contacto con el fondo, profundidad), además de un sensor de captura.

4.3 Objetivo específico 2.1

*Determinar la biomasa total y desovante en peso (en peso), abundancia total y desovante (en número) y la distribución espacial y batimétrica del stock desovante y total de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio. **Sección II Merluza de cola.***

4.3.1 Diseño del muestreo

La evaluación acústica se efectuó mediante el empleo de un diseño de muestreo de tipo sistemático, en el cual asumiendo aleatoriedad en la distribución del recurso en relación con la localización de la primera transecta, ha sido señalado como el más adecuado en estudios dirigidos a estimar la abundancia y distribución de un recurso pesquero (Rivoirard *et al.*, 2000, Kalikhman, 2002).

a) Transectas de muestreo acústico



El plan de muestreo acústico comprendió 43 transectas distribuidas con dirección este - oeste que cubrieron entre los veriles de ~150 y 600 metros de profundidad. La distancia entre dos transectas adyacentes fue de cinco millas náuticas (Fig. 4a), y además se intensificó el muestreo acústico en la zona de los cañones existentes en la zona de estudio con transectas distanciadas 2,5 millas náuticas.

Los datos acústicos, densidad acústica, intensidad de blanco (TS) y la profundidad del fondo, se recolectaron de manera georreferenciada en forma continua durante las transectas y discretizadas en intervalos básicos de muestreo de media milla náutica.

b) Lances de identificación de ecotrazos

Durante la fase de evaluación, se efectuaron 28 lances de pesca en profundidades de trabajo de la red entre los 95 y 330 metros (**Fig. 4b, Tabla 4**). Durante los lances de pesca, la merluza de cola fue capturada en 27 de los 28 lances de pesca realizados y contribuyó con el 73% de la captura total, la merluza del sur y merluza de tres aletas presentes en 23 y 15 lances aportaron el 23,2% y 0,6% a la captura total, las tres especies antes mencionadas contribuyeron con el 96,8% de la captura en esta etapa del crucero.

Para los efectos de identificación de especies y muestreos biológicos, la unidad de muestreo fue el lance de pesca. En cada uno de ellos se registraron los datos de captura de las especies que la conformaron.

4.3.2 Identificación de los ecotrazos

Los datos acústicos fueron analizados mediante los métodos estándares utilizados en ecointegración (Simmonds y MacLennan, 2005). En primer lugar, se examinaron los ecogramas para detectar errores asociados a la posición geográfica, integración del fondo e interferencia de otros equipos acústicos, procediéndose en el caso de detectarse algunos de los tipos de errores antes señalados, a efectuar las correcciones pertinentes.

Una vez aceptados las correcciones, se procedió a la asignación de las unidades de ecointegración mediante la inspección de los ecogramas conjuntamente con los datos provenientes de los lances de pesca de identificación. Los criterios de identificación de ecotrazos son: a) Información de la proporción de especies provenientes de los lances de pesca de identificación, b) tipo (disperso-estrato-cardumen), morfología y nivel de intensidad del ecotrazo, c) profundidad del ecotrazo y d) información auxiliar como es la presencia de otras naves.

Teniendo en consideración que en 27 de los lances realizados la captura estuvo conformada en proporciones variables por dos o más especies (**Tabla 5**), la asignación de las unidades de ecointegración, se realizó mediante el método propuesto por Bodholt (1991), que plantea que la contribución a la integración ($s_{A(i)}$) de una especie "i" a la integración total ($s_{A(t)}$) de la unidad básica



de muestreo es proporcional a su participación en la captura en número (w_i) de las “j” especies participantes en el lance y su coeficiente de dispersión acústico ($\bar{\sigma}_i$).

$$S_{A(i)} = \frac{w_i * \bar{\sigma}_i}{\sum (w_j * \bar{\sigma}_j)} * S_{A(t)}$$
$$\bar{\sigma}_i = 10^{(TS_i)/10}$$

Para la estimación del coeficiente de dispersión acústica se utilizaron las siguientes relaciones de fuerza de blanco:

Merluza del sur	$TS = 20 * \log(L) - 68,1$ (dB)	(Lillo <i>et al.</i> , 1996)
Merluza de cola	$TS = 20,2 * \log(L) - 73,1$ (dB)	(Lillo <i>et al.</i> , 2005)
Merluza de tres aletas	$TS = 20 * \log(L) - 68,5$ (dB)	(Lillo <i>et al.</i> , 1996)

4.3.3 Estimación de la abundancia y biomasa de merluza de cola

La estimación de la abundancia y de la biomasa de la merluza de cola en el área de estudio se realizó haciendo uso de las estimaciones locales de densidad y de la relación TS - talla de la especie objetivo. Para este efecto la densidad acústica se estimó con un estimador de bootstrap (Robotham y Castillo, 1990) y un estimador geoestadístico (Rivoirard *et al.*, 2000) como:

a) Estimador Bootstrap

El estimador de $\hat{R}$ según el método bootstrap se calcula según:

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

Siendo $\hat{R}$ un estimador de razón obtenido de la i-ésima muestra de tamaño n seleccionado con reposición de la muestra original y donde G representa la cantidad total de iteraciones bootstrap, en el presente caso se utilizaron 2000 iteraciones bootstrap.



Estimador geoestadístico

La estimación geoestadística se inicia con la determinación de la dependencia espacial entre los datos provenientes del muestreo acústico, también conocido como análisis estructural y que comprende la estimación y ajuste de los variogramas experimental y teórico.

Variograma experimental

En la geoestadística, los datos son interpretados como una representación muestral de un proceso aleatorio dentro del área de estudio, a través de un variograma el cual mide la variabilidad media entre dos mediciones experimentales $(Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$ en función de una distancia h , mediante la ecuación $2\gamma(x, h) = E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$ (Isaaks y Srivastava, 1989; Cressie, 1991; Rivoirard *et al.*, 2000). Bajo la asunción de estacionaridad de segundo orden, es decir, que la media y la varianza de los incrementos son constantes, permite estimar el variograma experimental $2\gamma^*(h)$ como (Matheron, 1971):

$$2\gamma^*(h) = \frac{1}{N(h)} \cdot \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$$

Este estimador, aunque insesgado, es poco robusto y sensible a la presencia de valores atípicos. Cressie y Hawkins (1980) propusieron una alternativa más robusta que fue utilizada en esta evaluación y se define como:

$$2\gamma^*(h) = \left(\frac{1}{N(h)} \cdot \sum_{i=1}^{N(h)} |Z(x_i) - Z(x_i + h)|^{1/2} \right)^4 \left/ \left(0,457 + \frac{0,494}{|N(h)|} \right) \right.$$

Ambos estimadores se calculan para un vector h dado de modo que, fijada la dirección unitaria se consideran los pares de datos que distan $||h||$ unidades en esa dirección. Se modelaron cuatro direcciones (0° , 45° , 90° y 135°) y de existir anisotropía se modeló el grado de anisotropía en el modelo de covarianza. En caso de isotropía, se evalúa el estimador sobre una distancia $|h|$ y se consideraran todos los pares de datos distanciados h unidades, con independencia de la dirección del vector que les separa.

Para el cálculo del semivariograma se consideraron elementos que permiten elevar la eficiencia y la calidad de la estimación, independientemente del tipo de estimador que se utilice, como son: a) suavizar o regularizar el variograma agrupando los pares de observaciones según la distancia dentro de un intervalo $h = |h|$ con una tolerancia $\pm \Delta h/2$ y dentro de una dirección θ con una tolerancia



$\pm \Delta\theta/2$; b) El semivariograma muestral se estima para distancias de h menores que la mitad de la distancia máxima; c) La elección del número de intervalos es arbitraria. No obstante, se considera que un máximo de 25 intervalos es suficiente para cualquier propósito, y un mínimo de 10 debe ser usado para determinar con precisión el rango y la meseta del semivariograma; d) El tamaño de los intervalos debe ser elegido de forma tal que el número de pares en cada intervalo sea lo suficientemente grande para que el estimado del semivariograma sea relativamente estable. Se considera que entre 30 y 50 pares satisfacen este requerimiento (Journel y Huijbregts, 1978).

Modelos de Semivariograma

Para caracterizar la estructura espacial, se estima un modelo de variograma que puede ser acotado (esférico, exponencial, gaussiano o no acotado (lineal, logarítmico, potencial) poseen tres parámetros comunes que son:

- Efecto nugget o pepita: es una discontinuidad puntual en el origen del semivariograma y puede indicar que parte de la estructura espacial se ubica a distancias menores a las observadas.
- Sill o meseta: es el límite del semivariograma cuando la distancia h tiende al infinito.
- Rango: corresponde a la distancia a partir de la cual dos observaciones no presentan dependencia espacial, también se conoce como zona de influencia.

Los modelos de variogramas utilizados fueron:

Esférico (Cressie, 1991)

$$\gamma(h; \theta) = \begin{cases} 0, & \|h\| = 0 \\ c_0 + c_1 \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\|h\|}{\alpha_x} - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\|h\|}{\alpha_x} \right)^3 \right), & 0 < \|h\| \leq \alpha_x \\ c_0 + c_1, & \|h\| \geq \alpha_x \end{cases}$$

Exponencial (Cressie, 1991)



$$\gamma(h; \theta) = \begin{cases} 0, & \|h\| = 0 \\ c_0 + c_1 \cdot \left(1 - e^{\left(-\|h\|/\alpha_x\right)}\right), & \|h\| \neq 0 \end{cases}$$

Dónde:

- c_0 = Parámetro nugget.
- c_1 = Parámetro sill.
- α_x = Parámetro rango.
- $\|h\|$ = Norma del vector de distancia.

Métodos de estimación de parámetros

- **Mínimos cuadrados** (Cressie, 1985)

Los parámetros del semivariograma teórico estimados, son aquellos que minimizan la diferencia entre el modelo teórico y el experimental:

$$\hat{\theta} = \arg_{\theta} \min (\hat{G} - G(\theta))^T \sum^{-1} (\hat{G} - G(\theta))$$

Donde θ es vector $p \times 1$ de los parámetros del semivariograma (rango, varianza del nugget y sill); $\hat{\theta}$ es vector $p \times 1$ de los parámetros del semivariograma estimados o argumentos del mínimo, esto es, el valor que minimiza la función objetivo $(\hat{G} - G(\theta))^T \sum^{-1} (\hat{G} - G(\theta))$; $\hat{G}$ es el vector $(n(n-1)/2) \times 1$ de valores del semivariograma experimental, esto es el semivariograma de nubes; $G(\theta)$ es el vector de los valores del semivariograma teórico para la misma distancia que el semivariograma de nubes. Estos valores dependen de θ , vector de parámetros del semivariograma; $\sum$ es la matriz $(n(n-1)/2) \cdot (n(n-1)/2)$ en la que los elementos son definidos por el método utilizado como mínimos cuadrados ordinarios (OLS), mínimos cuadrados ponderados (WLS) o mínimos cuadrados generalizados (GLS). El superíndice T denota la traspuesta del vector o matriz y el superíndice -1 indica la inversa de la matriz.

Bondad de ajuste para los modelos de semivariograma

La bondad de ajuste entre el variograma experimental y el teórico se estima mediante el procedimiento propuesto por Rivoirard *et al.* (2000), procedimiento que no requiere de una hipótesis en la función de distribución de errores. Al dividir la suma de los valores experimentales al cuadrado, se obtiene un índice, independiente de la escala vertical, lo que hace posible la comparación de la bondad de ajuste (*gof*) de diferentes variogramas estimados.



Cuanto más cercano a cero el *gof*, el ajuste es mejor (en todos los casos *gof* se espera que sea mucho menor que 1, ya que la proporción es 1, cuando se toma $\gamma(h)$ cero). En general es mejor incluir una ponderación en la suma (Fernandes y Rivoirard, 1999):

$$gof = \frac{\sum_h w(h)(\gamma(h) - \gamma^*(h))^2}{\sum_h w(h)(\gamma^*(h))^2}$$

El ponderador $w(h)$ puede ser el número de pares utilizados para calcular $\gamma^*(h)$, o una potencia inversa de la distancia h . Para estos efectos fue utilizado el número de pares.

Estimación de kriging y su varianza

Las estimaciones locales de densidad acústica ($Z^*(x_0)$) en cada uno de los nodos de la grilla de interpolación se estimaron mediante kriging ordinario utilizando módulos disponibles en las librerías de R (R Core Team, 2015). La densidad acústica promedio del área de estudio ($\hat{Z}_g$), se estima promediando las estimaciones locales calculadas en cada uno de los nodos de la grilla en el área de distribución del recurso. La estimación local, global y su varianza se estiman como:

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

$$\hat{Z}_g = \frac{1}{m} \sum Z^*(x_0)$$

$$\sigma_k^2 = \sigma^2 - \sum_{i=1}^n \lambda_i c_{i0} - \mu$$

σ^2 = varianza del proceso o sill ($c_0 + c_1$).

λ_i = Pesos o ponderaciones de los valores originales.

c_{i0} = Matriz varianza-covarianza entre $Z^*(x_0)$, $Z(x_0)$.

μ = media del proceso kriging ordinario.

m = Número de nodos de la grilla de interpolación.



Los λ_i representan los pesos o ponderaciones de los valores originales, que se calculan en función de la distancia entre los puntos muestreados y el punto a predecir. La suma de los pesos debe ser igual a uno para que la esperanza del predictor sea igual a la esperanza de la variable, esto es un requisito de no sesgo.

Estimación de abundancia y biomasa

Una vez realizado el análisis estructural, la estimación de la densidad acústica mediante kriging y estimado el área de distribución o presencia efectiva del recurso, se procede a estimar la abundancia ($\hat{A}_g$), biomasa ($\hat{B}_g$) y sus respectivas varianzas como:

$$\hat{A}_g = a_g \cdot \hat{Z}_g \cdot \frac{1}{\sigma}$$

$$(\hat{V}(\hat{A}_g)) = a_g^2 \left[\left(\frac{1}{\sigma^2} \right)^2 \cdot \hat{V}(\hat{Z}_g^2) \cdot \hat{V}\left(\frac{1}{\sigma}\right) - \hat{V}(\hat{Z}_g) \cdot \hat{V}\left(\frac{1}{\sigma}\right) \right]$$

$$\hat{V}\left(\frac{1}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sigma^4} \cdot \hat{V}(\sigma) = (4 \cdot \pi)^2 \cdot \hat{V}(10^{0,1 \cdot \overline{TS}})$$

$$\hat{B}_g = \hat{A}_g \cdot w$$

$$(\hat{V}(\hat{B}_g)) = \hat{V}(\hat{A}_g) \cdot \hat{w}^2 + \hat{V}(\hat{w}) \cdot \hat{A}_g^2 - \hat{V}(\hat{A}_g) \cdot \hat{V}(\hat{w})$$

$\hat{A}_g$ = abundancia (en número)

a_g = área de distribución efectivas del recurso (mn²).

$\hat{Z}_g$ = Densidad promedio de la especie.

w = peso promedio de la especie en el área de estudio.

$\hat{B}_g$ = Biomasa (t).

σ = $4 \cdot \pi \cdot 10^{0,1 \cdot \overline{TS}}$; coeficiente de retrodispersión.

$\overline{TS}$ = Fuerza de blanco promedio de la especie estimada para la estructura de tallas en el lance más cercano

4.3.4 Distribución espacial de la merluza de cola

Se muestra como una carta de contornos que representan curvas que unen puntos de igual densidad. Esta presentación permite ver de manera clara las distintas áreas de concentración del recurso (Simmonds y MacLennan, 2005) y fue confeccionada según una escala de categorías de densidad.



Para el mapeo de las densidades se consideraron aspectos relacionados con geoestadística, mediante el uso de los semivariogramas herramienta analítica que permite determinar la existencia de estructuras espaciales sus características como: tamaño, dirección y tipo de estructura (Rossi *et al.*, 1992; Rivoirard *et al.*, 2000).

La distribución espacial del stock se analizó mediante la estimación de dos índices cuantitativos, la posición media de la distribución del stock de merluza común o centro de gravedad (Woillez *et al.*, 2007) y el índice de agregación o índice de Gini (Myers y Cadigan, 1995).

El centro de gravedad (CG) y su varianza o inercia se estimaron como:

$$CG_i = \frac{\int x_i \cdot Z(x) dx}{\int Z(x) dx} \quad I_i = \frac{\int (x_i - CG)^2 \cdot z(x) dx}{\int z(x) dx}$$

Donde x_i representa la posición latitudinal de la muestra y $Z(x)$ la densidad en el punto "i".

El Índice de Gini, es un indicador numérico relacionado a la curva de Lorenz y se estima como el doble del área comprendida entre la función identidad (distribución homogénea) y la curva de Lorenz. Este índice fluctúa entre 0 (distribución homogénea) a valores cercano a 1 (alta concentración).

4.4 Objetivo específico 2.2

*Estimar la composición de tallas, de edad y la proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial, latitudinal y batimétrica. **Sección II Merluza de cola.***

Estructura de los estimadores:

Índices:

- i : Lance $j = 1, 2, \dots, m$
- k : Longitud del ejemplar $k = 1, \dots, K$
- s : Sexo 1 (macho), 2 (hembra)
- e : grupo de edad, $i = 1, \dots, E$

Variables y Parámetros:

- n : Tamaño de muestra de lances.
- N ; Número total de lances de identificación del crucero.
- n_i^* : Número de ejemplares en la muestra del lance "i".



- n_{ki}^* : Número de ejemplares de la talla "k" en la muestra del lance "i".
- C_i : Captura de la especie en el lance "i".
- C_0 : Captura de la especie en la totalidad de los lances muestreados
- $\hat{p}_{ki}$: Estimador de la proporción de peces de la talla "k" en el lance "i".
- l : Longitud del ejemplar
- $\hat{l}$: Estimador de la talla promedio
- n_{si}^* : Número de ejemplares del sexo "s" en la muestra del lance "i".
- $\hat{p}_{si}$: Estimador de la proporción sexual del sexo "s" en el lance "i".
- $\hat{N}_s$: Estimador de la abundancia para el sexo "s"
- $\hat{N}_{se}$: Estimador de la captura en número para el sexo "s" y grupo de edad "e"
- $\hat{p}_{se}$: Estimador de la proporción para el sexo "s" y grupo de edad "e"
- $\hat{p}_{sk}$: Estimador de la proporción de peces para el sexo "s" y la talla "k"
- $\hat{q}_{ske}$: Estimador de la proporción de peces para el sexo "s" y la talla "k", clasificados en el grupo de edad "e"
- n_{ske}^* : Número de peces del sexo "s" y la talla "k" que pertenecen al grupo de edad "e"
- n_{sk}^* : Número de peces del sexo "s" y de la talla "k" en la muestra.

4.4.1 Muestreos

Los datos de talla, sexo y edad se generaron a partir de muestreos de longitudes y biológico-específico realizados a la captura proveniente de los lances de pesca de identificación de ecotrazos. Estos muestreos consistieron en un censo de lances y al interior de éstos, según la magnitud de la captura de los lances, en un censo o en un muestreo al azar de ejemplares.

El muestreo de longitudes permitió medir la longitud total de 3.070 ejemplares de merluza de cola, mientras que en el muestreo biológico-específico se midió la longitud y peso de 1.642 individuos. Además, se recolectaron: otolitos, gónadas y estómagos requeridos por otros objetivos del estudio.

4.4.2 Composición de la estructura de tallas

4.4.2.1 Diseño de muestreo



Para estimar la composición de la estructura de tallas, se aplicó un muestreo por conglomerados en dos etapas. Las unidades de primera etapa fueron los lances de pesca y los peces seleccionados aleatoriamente al interior del lance las unidades de segunda etapa.

a) **Estimador de la talla promedio ($\hat{l}$) y su varianza ($\hat{V}(\hat{l})$)**

$$E(l) = \hat{l} = \sum_{k=1}^K l_k \hat{p}_k ; \quad \hat{V}(\hat{l}) = \sum_{k=1}^K l_k^2 \hat{V}(\hat{p}_k)$$

b) **Estimador de la proporción sexual ($\hat{P}_s$) y su varianza $\hat{V}[\hat{P}_s]$**

$$\hat{p}_s = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} \hat{p}_{si} ; \quad \hat{p}_{si} = \frac{n_{si}^*}{n_i^*}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_s) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i^2}{C_0^2} \frac{[\hat{p}_{si} - \hat{P}_s]^2}{n-1} + \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^n \frac{C_i^2}{C_0^2} \frac{\hat{p}_{si}(1 - \hat{p}_{si})}{n_i^* - 1}$$

El análisis de las estructuras de tallas y la proporción sexual fueron tratadas de forma georreferencial. Para efectos de análisis espacial fue empleada la subdivisión latitudinal aplicada por Lillo *et al.* (2001), la cual consistió en dividir el área de estudio en 3 áreas: Área 1 entre 43°30' y 44°29' S. denominada Guafo; Área 2 entre 44°30' y 45°29' S. denominada Guamblín; y Área 3 entre 45°30' y 47°29' S. denominada Taitao. También, se analizó para las zonas específicas de los tres cañones registrados en el área de estudio y descritos por Córdova *et al.* (2006), denominados cañón Guafo, cañón Guamblín y cañón Taitao; y el área Fuera de los cañones.

4.4.3 Composición de edades del stock de merluza de cola

4.4.3.1 Análisis de los otolitos

Se empleó la técnica de hidratado de ambos otolitos utilizando cajas de hidratación, lo que permite recuperar la nitidez de los *annuli* presentando una imagen como se muestra en la Figura 5.

La observación bajo microscopio estereoscópico se realiza una vez que los otolitos se han preparado, hidratados y teñidos por su cara interna con negro para facilitar el contraste o alternatively prescindiendo de la tinción y observándolos directamente en cápsulas negras en donde se sumergen en medio clarificante. La estimación de la edad de este recurso en base a la técnica de preparación señalada se ha realizado por más de una década en el Laboratorio de Edad y Crecimiento de IFOP (<http://www.ifop.cl/eyc/index.html>), (Ojeda *et al.*, 2008).

4.4.3.2 Clave edad – talla



Las claves edad - talla son matrices que permiten clasificar los individuos según su grupo de edad (GE) y estimar la probabilidad de pertenencia a las diferentes edades según el número de anillos observado en la estructura, el tipo de borde y la época del año en que se obtuvo la muestra. Se emplea una fecha arbitraria de nacimiento, que en el caso de las pesquerías chilenas es el uno de enero, facilitando la identificación de la clase anual a la que pertenece el pez estudiado restando al año de la captura el GE asignado.

La clave edad - talla, cuenta con la clasificación de las lecturas de cada otolito por grupo de edad y se estima la probabilidad condicionada a la talla y varianza como:

$$\hat{p}(e / K = k) = \hat{q}_{ske} = \frac{n_{ske}^*}{n_{sk}^*} \quad \hat{V}(\hat{q}_{ske}) = \frac{1}{n_{sk}^* - 1} \hat{q}_{ske} [1 - \hat{q}_{ske}]$$

4.4.3.3 Estimación de la estructura etaria del stock evaluado

a) **Estimador de la abundancia en número por grupo de edad $\hat{N}_{se}$ y su varianza $\hat{V}(\hat{N}_{se})$**

$$\hat{N}_{se} = \hat{N}_s \hat{p}_{se}$$

$$\hat{V}(\hat{N}_{se}) = \hat{N}_s^2 \hat{V}(\hat{p}_{se}) + \hat{p}_{se}^2 \hat{V}(\hat{N}_s) - \hat{V}(\hat{N}_s) \hat{V}(\hat{p}_{se})$$

b) **Estimador de la estructura de edad de la captura $\hat{p}_{se}$ y su varianza $\hat{V}(\hat{p}_{se})$ (Kimura, 1977)**

$$\hat{p}_{se} = \sum_{k=1}^K \hat{q}_{ske} \hat{p}_{sk}$$

$$\hat{V}(\hat{p}_{se}) = \sum_{k=1}^K \left[\hat{p}_{sk}^2 \frac{\hat{q}_{ske} (1 - \hat{q}_{ske})}{n_{sk}^*} + \hat{p}_{sk} \frac{(\hat{q}_{ske} - \hat{p}_{se})^2}{N_{sk}^*} \right]$$

4.4.3.4 Peso medio a la edad

La estimación del peso medio a la edad, se realiza a partir de la longitud promedio por grupo de edad según sexo, empleando las relaciones longitud – peso, lo cual tiene un sesgo sistemático para cada longitud promedio dada. Este sesgo se incrementa con la variabilidad en la longitud de los peces en la muestra (Ricker, 1958). Pienaar y Ricker (1968) desarrollaron un método que permite corregir en forma significativa este sesgo.

Suponiendo que la longitud es una variable aleatoria normal con media μ y varianza σ^2 , $L \sim N(\mu, \sigma^2)$, el valor esperado de función de W , $\Psi(L)$, se estimó mediante el Método Delta (Wolter, 1985) como:



$$E(W) = a(\mu^b + a_1 \mu^{b-2} \sigma^2 + a_2 \mu^{b-4} \sigma^4 + a_3 \mu^{b-6} \sigma^6 + \dots)$$

en donde el número de términos de esta expresión general, está dado por la parte entera de $(b+3)/2$.

Dado el valor que toma el coeficiente b en las funciones, se indica el uso de 3 términos en esta expresión, siendo:

- a = valor del intercepto de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- b = valor de la pendiente de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- μ = valor promedio de la longitud al grupo de edad.
- σ = varianza de la longitud al grupo de edad.
- $a_1; a_2$ = valor tomado de la Tabla de valores de coeficientes (Pienaar y Ricker, 1968).

4.4.3.5 Relación longitud – peso

Es ampliamente usada en pesquerías para estimar el peso a partir de la longitud de un individuo y también para estimar índices de condición (Hayes *et al*, 1995). La expresión más usada para esta relación corresponde a la ecuación alométrica donde el peso es expresado en función de la longitud, y sus parámetros son estimados mediante una regresión lineal de los datos log-transformados. Dado que la variabilidad en el peso por lo general aumenta con la longitud, esta transformación tiene la ventaja que tiende a estabilizar la varianza del peso, pero introduce un factor de sesgo en las predicciones re-transformadas que es necesario corregir (Bradú y Mundlak, 1970; Hayes *et al.*, 1995), la que frecuentemente se omite ya que por lo general es muy pequeña (De Robertis y Williams, 2008).

El modelo que relaciona el peso con la longitud del pez asumiremos que corresponde a un modelo multiplicativo en el término de perturbación, y está dado por la siguiente relación:

$$W_i = a L_i^b \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

Donde W_i y L_i representan el peso total y la longitud total del individuo i -ésimo, ε_i indica un error aleatorio, a y b son los parámetros del modelo. Atendiendo a la forma de la ecuación anterior, se deriva un modelo de regresión lineal simple aplicando la transformación logarítmica de la siguiente forma:

$$\ln(W_i) = \ln(a) + b \ln(L_i) + \ln(\varepsilon_i),$$

$$Y_i = \alpha + b x_i + \varepsilon'_i; \quad i = 1, \dots, n,$$

Para la estimación de los parámetros de la relación linealizada se utilizó el método de máxima verosimilitud asumiendo que los errores siguen una distribución normal con media cero y varianza σ .



4.5 Objetivo específico 2.3

Determinar el índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez, talla y edad de primera madurez y fecundidad de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación. Sección II Merluza de cola.

A partir de las muestras obtenidas durante los lances de identificación realizados durante el crucero de prospección se caracterizaron diferentes aspectos del estado reproductivo de la merluza de cola.

4.5.1 Trabajo a bordo

Se realizaron muestreos estratificados de las hembras a partir de 28 lances de identificación. A cada ejemplar se le midió la LT, el peso del cuerpo con una balanza de precisión de 10 g y se extrajeron las gónadas, las que se clasificaron macroscópicamente según su estadio de madurez sexual (EMS); posteriormente se pesaron y fijaron en formalina 10% con tampón fosfato de Sorensen (Hunter, 1985), que permite una fijación adecuada para histología. Se obtuvieron 1.067 de merluza de cola, de las cuales 968 se analizaron en el laboratorio.

4.5.2 Análisis de laboratorio

a) Estadio de madurez sexual (EMS)

El estadio de madurez sexual se determinó de acuerdo a las características macroscópicas y mediante el examen microscópico de trozos de las gónadas fijadas a bordo. Los trozos de gónada se disgregaron para posteriormente medir el diámetro de los ovocitos más desarrollados, determinar la presencia de ovocitos hidratados con gota oleosa y la existencia de algún grado de reabsorción, como también examinar el aspecto general del resto de los ovocitos. La **Tabla 6** corresponde a la escala apreciativa modificada para su aplicación en la merluza de cola.

b) Estimación del índice gonadosomático (IGS) y su varianza ($\hat{V}(IGS)$)

Se pesaron las gónadas con una balanza electrónica de 0,1 g de precisión y se calculó el índice gonadosomático (IGS) sobre la base del peso de la gónada (PG) y del cuerpo del pez (PC) como:

$$IGS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_{gi}}{(P_{ci} - P_{gi})} \cdot 100$$
$$\hat{V}(IGS) = \frac{1}{n} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [IGS_i - IGS]^2$$



Con la información respecto del EMS según la talla de las hembras y el IGS promedio, se obtuvieron resultados que permitieron determinar en que etapa del proceso de desove se encontraba la fracción adulta de la población.

c) Análisis histológico de las gónadas

Se enfocó a la obtención de una mejor definición de los estadios de madurez sexual determinados microscópicamente y que presentaban dudas. Se puso énfasis en el reconocimiento de hembras inmaduras reincidentes y en aquellas longitudes cercanas a la talla media de madurez sexual.

La técnica utilizada en el tratamiento histológico consistió en la deshidratación de submuestras post-fijadas de tejido ovárico de 3 mm de grosor y la inclusión en paraplast. Se realizaron cortes de 5 micrómetros de espesor, teñidos con hematoxilina y eosina. El diagnóstico se basó en los caracteres señalados en la **Tabla 7**, utilizados en la determinación de los estadios de madurez ovárica de peces teleósteos y que es aplicable a merluza de cola, pero considerando que no hay un desove parcelado.

d) Ojiva de madurez y talla media de madurez de merluza de cola.

Para la determinación de la ojiva de madurez, se consideraron sexualmente inmaduros los peces en EMS 1 y 2. Los peces maduros fueron aquellos en EMS 3, 4, 5 y 6 en la merluza del sur, y 3,4 5 en la merluza de cola, además de los peces de ambas especies en EMS 2 en que en los ovarios ya se había iniciado el proceso de vitelogénesis.

Para la estimación de la talla y edad media de madurez en que el 50% de las hembras está sexualmente madura y la ojiva de madurez, se consideraron dos enfoques de estimación: la utilización de un modelo lineal generalizado GLM (McCullagh y Nelder, 1989) asumiendo una respuesta binomial, con función de enlace logística y un modelo no lineal para la función logística con errores normales. La estimación de parámetros en ambos métodos fue realizada mediante el método de máxima verosimilitud (Welch & Foucher, 1988). Se utilizó el programa R versión 3.3.1 (2016) The R Foundation for Statistical Computing Platform.

Para el GLM se consideró que la respuesta (Y_i) número de individuos maduros (hembras), sigue una distribución binomial cuyo predictor lineal esta expresado como,

$$\eta_i = b_0 + b_1 * LT_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

con $(b_0, b_1)^{LT}$ los coeficientes del modelo y LT la longitud (o edad) del ejemplar. Se consideró la función de enlace logística dada por,

$$g[P(LT)] = \log\left(\frac{P(LT_i)}{1 - P(LT_i)}\right) = \eta_i, \quad i = 1, \dots, n,$$



la cual relaciona el predictor lineal con la media de la variable respuesta (la proporción de individuos maduros a una longitud o edad), de la siguiente forma, $E(Y_i) = g^{-1}(\eta_i)$, quedando expresado como,

$$E(Y_i) = P(LT) = g^{-1}(\eta_i)$$

$$\log\left(\frac{P(LT_i)}{1 - P(LT_i)}\right) = b_0 + b_1 * LT$$

$$P(LT) = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + b_1 * LT)]},$$

Para el enfoque no lineal, se ajustó la función logística considerando errores normales, cuyo modelo queda expresado como:

$$P(LT_i) = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + b_1 * LT_i)]} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Dada la definición de modelo lineal generalizado (McCullagh *et al.*, 1989), este no considera un error en el modelo más bien, y esa es una de las generalizaciones desde un modelo lineal, que asume una distribución para la respuesta, que en este caso corresponde a una distribución binomial. Para la incorporación de la incertidumbre se consideró el uso de la estimación analítica descrita en Roa *et al.* (1999).

e) Fecundidad modal

Para la determinación de fecundidad se seleccionaron ovarios de peces en maduración avanzada o maduros. En la escala histológica corresponden a ovocitos con núcleo migrante, o bien en etapa de inicio del proceso de la hidratación (hialinos) para evitar la utilización de gónadas en que ya se hubiese iniciado el proceso de desove.

Como la separación de las modas de ovocitos no siempre es tan marcada, la moda de tamaño más avanzada de ovocitos vitelados se separó del resto mediante el método de Battacharya (Gayanilo *et al.* 1985), que se aplica a curvas polimodales. La relación porcentual entre el número de ovocitos de la moda más avanzada de tamaño y los ovocitos de menor diámetro se consideró que era la misma para las otras dos submuestras en que sólo se contaron los ovocitos. En la Figura 6 se muestra la distribución de los diámetros de los ovocitos de un ovario de merluza del sur utilizado anteriormente en estimaciones de fecundidad.



Siguiendo a Hunter *et al.* (1985), a cada ovario seleccionado se le eliminó el líquido superficial con papel absorbente, luego se tomaron tres trozos de tejido de diferentes regiones del ovario, de un tamaño que permitiera obtener aproximadamente 400 ovocitos por cada trozo, los que se pesaron con una balanza de precisión de 0,0001 g. Luego de contar bajo un microscopio estereoscópico los ovocitos de la moda más avanzada de tamaño de cada submuestra, se obtuvo el promedio de ovocitos de acuerdo a la siguiente relación:

$$E_i = n_0 \cdot W_i$$

Dónde:

- E_i = fecundidad (número total de ovocitos de la moda más avanzada de tamaño en el ovario).
 W_i = peso húmedo del ovario (g).
 n_0 = número promedio de ovocitos de la moda más avanzada de tamaño por gramo de submuestra.

Los valores de la fecundidad modal se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras. El número de muestras que cumplieron los requisitos fue de 100, en cuya selección se comprobó histológicamente que no estaban presentes folículos postovulatorios que evidenciaran la existencia de un desove reciente.

Para el cálculo de la fecundidad media poblacional, se utilizó la ecuación de regresión de la fecundidad modal *versus* el peso corporal menos el peso de la gónada. A partir de esta ecuación, se estimó la fecundidad de cada hembra madura muestreada y se obtuvo el valor promedio de fecundidad para cada lance (Picquelle y Stauffer, 1985), de acuerdo a la siguiente relación:

$$\bar{\bar{F}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \bar{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Donde:

- $\bar{\bar{F}}$ = Fecundidad media de la muestra total.
 $\bar{F}_i$ = Fecundidad modal promedio en el lance i .
 m_i = Número de hembras muestreadas en el lance i .
 n = Número de lances.

4.6 Objetivo específico 2.4



*Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación en el área y período de estudio. **Sección II Merluza de cola.***

En el diseño empleado para determinar la importancia relativa de la fauna acompañante, se consideró como unidad muestral el lance de pesca. La información básica que caracterizó el muestreo fue el peso de las especies en kilogramos, además de los datos operacionales del lance que caracterizan el muestreo como el número del lance, posición geográfica, hora de inicio y término, fecha y profundidad del lance.

Se realizó un censo de los lances, al interior de los cuales se tomó una muestra aleatoria de la captura en cajas de 44 litros. Cada caja fue pesada y posteriormente identificada y en la cual se separaron todas las especies presentes (incluyendo la especie objetivo), para proceder al pesaje de cada grupo de ejemplares de la misma especie.

Para la estimación de la proporción de especie ($\hat{p}_t$) se utilizó el estimador:

$$\hat{p}_t = \sum_{r=1}^M \frac{C_{tr}}{C_r} \hat{p}_{tr} ; \quad C_o = \sum_{j=1}^M C_{tr} ; \quad \hat{p}_{tr} = \frac{\sum_{k=1}^K W_{trk}}{\sum_{k=1}^K W_{rk}}$$

Dónde:

C_{tr} = Captura total en el lance r .

W_{trk} = Peso de la especie t , en la caja k del lance r

M = Número total de lances en el crucero.

$\hat{p}_{tr}$ = Estimador de la proporción de la especie t en el lance r .

Lo anterior permitió determinar la importancia relativa global de la fauna acompañante en el área de estudio. Los lances de pesca se agruparon por rango de profundidad y posición latitudinal a fin de describir y analizar la presencia de las especies según estas categorías (método gráfico).

4.6.1 Análisis de los datos

Se efectuó un análisis descriptivo orientado a determinar la participación de las especies que componen la fauna acompañante de las especies objetivos y descripciones en términos de rango de profundidad, posición latitudinal y en forma global, respecto de la captura total obtenida y de la captura de la especie objetivo, además de la captura de las especies que componían la fauna acompañante.



Para determinar el aporte porcentual en peso de cada especie respecto del total de la captura de la especie objetivo, se agrupó la fauna acompañante por rango batimétrico y por latitud.

Para estimar la importancia relativa de las especies, se revisó el registro del volumen de captura específico y se determinó la importancia relativa (en peso) de las especies que constituyen su fauna acompañante, según la contribución a la captura total y en relación a las especies objetivos del estudio.

4.6.2 Análisis comunitario

Se realizó para establecer e identificar agrupaciones específicas en el área de estudio, el área de estudio se dividió en macro zonas, las que a su vez que se dividieron en rangos batimétricos de 100 m de profundidad. Estos análisis consistieron básicamente en establecer e identificar agrupaciones específicas a partir de la aplicación de métodos de análisis basados en la clasificación y ordenación de las especies, que permiten obtener una visión de la comunidad a la cual está asociada la especie objetivo.

4.6.3 Identificaciones de agrupaciones específicas

El análisis consistió en la identificación por macro zona y batimétrica de las agrupaciones específicas a partir del análisis de clasificación de conglomerados (análisis de *cluster*) y de ordenación MDS (*Multidimensional Scaling*) (Clifford y Stephenson, 1975). En ambos casos se trabajó con una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la presencia de éstas a lo largo de los cruceros realizados entre los años 2000 y 2015, agrupadas por cruceros, cruceros-subzonas de evaluación y cruceros - estratos de profundidad. Cabe destacar que, para determinar o no, la presencia de agrupaciones de fauna en la zona de estudio, se consideró a merluza del sur y merluza de cola como parte integral de la fauna asociada a la zona de estudio.

La matriz de similaridad fue estructurada a partir de una matriz de abundancia relativa (CPUA) de las especies componentes de la fauna acompañante, agrupadas por macrozona y rango batimétrico. La comparación se realizó utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957). La función del índice se expresa por:

$$BC = \frac{\sum_{i=1}^p |x_{ijz} - x_{ikz}|}{\sum_{i=1}^p (x_{ijz} + x_{ikz})}$$



Donde p número de puntos macro zona rango batimétrico, X_{ijz} es la abundancia relativa de la especie “i” en la macro zona “j” rango batimétrico “z” y X_{ikz} es la abundancia relativa de la especie “i” en la macro zona “k” rango batimétrico “z”.

Para equilibrar los valores atípicos (especies raras, poco comunes o con valores de abundancia relativa muy altos), los valores de la matriz original de abundancia relativa (CPUA) fueron transformados a través de la aplicación de raíz cuarta ($\sqrt[4]{}$), según el criterio propuesto por Clarke y Warwick (1994).

4.7 Objetivo específico 2.5

*Determinar la composición e importancia de los principales ítems alimentarios de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. **Sección II Merluza de cola.***

Se analizaron 468 estómagos de *Macruronus magellanicus* provenientes de las muestras capturadas en los lances de pesca de identificación efectuados en la zona de estudio (**Tabla 4**). De estos se separaron 39 tejidos para el análisis de isotopos estables. Los tejidos de las presas fueron obtenidos desde los estómagos de los predadores, y de estos se seleccionaron 70 muestras que fueron congeladas a -20°C y etiquetadas convenientemente.

4.7.1 Análisis de laboratorio

a) Contenido estomacal

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de Biología Marina de la Universidad Andrés Bello en Santiago. Allí cada estómago se pesó en una balanza electrónica de 0,1 g de precisión y una vez extraído su contenido, las presas se separaron cuidadosamente y se identificaron al taxón más bajo posible, contándose y registrando el peso de cada presa.

Una vez extraído el contenido estomacal el estómago vacío se pesó y registró. Las presas se separaron cuidadosamente y se identificaron al taxón más bajo posible. Cada presa se contó y se registró su peso. Los datos generados se ingresan a un archivo electrónico para posteriormente ser cruzados con la información proveniente de los datos biológicos de las merluzas capturadas. Las presas como peces, crustáceos y moluscos se identificaron, con el apoyo de una lupa microestereoscópica, según claves y/o descripciones que aparecen en la bibliografía especializadas como por ejemplo, Wisner (1976) para peces mictófidios, Cohen *et al.* (1990) para peces Gadiformes y Takeda (1986), Retamal (2000) y Palma y Kaiser (2003) para crustáceos, entre las más utilizadas.



En el análisis del contenido estomacal se emplearon los indicadores propuestos por Hyslop (1980) que son:

- **Numérico (%N):** cada ítem de presa encontrado en los estómagos es contado y expresado en forma porcentual del total de presas del ítem en el total de estómagos con contenido analizados.
- **Gravimétrico (%P):** consiste en pesar cada taxón presa en cada estómago. Se emplea este método por sobre el volumétrico porque considera que el peso es una variable adecuada cuando se recolecta gran cantidad de material, es relativamente fácil de aplicar y entrega un estimado razonable del alimento consumido. Se expresa en forma porcentual del peso total registrado para cada ítem en el total de los estómagos.
- **Frecuencia de ocurrencia (%F):** es el número de veces que el ítem aparece en el total de los estómagos, expresados en porcentajes.

Con los datos anteriores es posible estimar la importancia relativa de cada taxón presa utilizando el Índice de generalizado trófico propuesto por Assis (1997) según la siguiente ecuación:

$$GI = \frac{\%P + \%N + \%F}{\sqrt[3]{3}}$$

GI es un índice similar al de importancia relativa propuesto por Pinkas *et al.* (1973), pero que representa un menor sesgo en el cálculo de la Frecuencia de ocurrencia y el peso en el cálculo final de la ecuación.

4.7.2 Isótopos estables

Cada tejido fue reducido hasta ~ 10 mg y lavado con abundante agua mili-Q. Luego todas las muestras fueron secadas por 12-18 horas a 60°C, para después extraer el exceso de lípidos en agitación continúa sumergidos en una solución de cloroformo:etanol (2:1) por 30 minutos en tandas de tres tiempos. Este procedimiento fue realizado hasta llegar a una solución blanquecina (Hussey *et al.*, 2010), para asegurar la muestra libre de lípidos se siguieron estas ecuaciones (Logan *et al.*, 2008):

$$\begin{aligned}\delta^{13}C_{\text{librelipidos}} &= 0,967 \times \delta^{13}C_{\text{muestra}} + 0,861; \\ \delta^{15}N_{\text{librelipidos}} &= 1,018 \times \delta^{15}N_{\text{muestra}} + 0,020\end{aligned}$$

Posteriormente, los tejidos fueron depositados en cápsulas de estaño de 5 x 9 milímetros “*Tin capsules*” y secados a 40°C por 12 horas. Los tejidos fueron analizados en el laboratorio de isótopos estables de la Universidad Andrés Bello-Viña del Mar, los cuales fueron analizados en un Analizador Elemental de Espectrometría de Masa. Los radioisótopos fueron reportados en notación de δ con sus desviaciones estándar (Pee Dee Belemita para $\delta^{13}C$ y N atmosférico para $\delta^{15}N$). Por lo tanto, $\delta^{13}C$ ó



$\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}}) - 1] \times 10^3$, donde R es $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ ó $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ respectivamente. Además la precisión fue del orden de $\pm 0,5\text{‰}$ para $\delta^{15}\text{N}$ y $\pm 0,2 \text{‰}$ para $\delta^{13}\text{C}$.

Para disminuir la incertidumbre en los isótopos estables, las presas se agruparon en grupos mayores de alimento, de acuerdo a su afinidad taxonómica. Así, las categorías fueron: camarones (CAM), cefalópodos (CEF), eufáusidos (EUF), peces mesopelágicos (MESOP), mictófidos (MYC), merluzas australes pequeñas (<30cm) (MAU), merluza de cola (MG) y merluza de tres aletas (MIA). Los restos no fueron incluidos en los análisis, ya que producen sesgos a la hora del cálculo trófico. Los análisis isotópicos fueron obtenidos con el paquete para R "SIAR": Stable Isotope Analysis in R (Parnell & Jackson 2011, Parnell *et al.* 2012) usando las siguientes opciones: para la modelación de las dietas de los predadores se usó modelos de mezcla, la cual fue expresada en valores medios por cada individuo. Además, para llegar a la probabilidad de consumo, se usaron los datos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ combinado 1000 pseudoréplicas. Además se usó modelos de dependencia alimenticia de acuerdo a los valores de %C y %N. La información a "*prior*" de los modelos bayesianos fueron tomados de las proporciones dietarias de los análisis estomacales. Para lo anterior se utilizó modelos de mezcla con el método de cadenas de Markov y Montecarlo (MCMC) en una dimensión paramétrica variable. La información a "*prior*" o variables latentes de los modelos bayesianos fueron tomados de las proporciones dietarias de los análisis estomacales. En tanto la función de verosimilitud fue estimada de acuerdo a la frecuencia de valores encontrados en los modelos de mezcla. Las comparaciones intra-específicas (sexos y tamaños) para las merluzas fueron hechas mediante un test de ANOVA de una vía seguido por un test *a posteriori* de Tukey. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el Software R (R Core Team 2013). Los valores de enriquecimiento trófico (TEF) fueron calculados por la siguiente ecuación:

$$\Delta = \delta_{\text{animal}} - \delta_{\text{presa}}$$

De esta forma el factor de enriquecimiento fue: CAM $\delta^{13}\text{C}$ 0.08 ± 0.03 ; $\delta^{15}\text{N}$ 0.059 ± 0.35 , CEF $\delta^{13}\text{C}$ 0.69 ± 0.6 ; $\delta^{15}\text{N}$ 2.27 ± 1.62 , EUF $\delta^{13}\text{C}$ 0.08 ± 0.03 ; $\delta^{15}\text{N}$ 0.059 ± 0.35 , MAU $\delta^{13}\text{C}$ 1.39 ± 1.08 ; $\delta^{15}\text{N}$ 2.87 ± 2.42 , MESOP $\delta^{13}\text{C}$ 0.97 ± 0.7 ; $\delta^{15}\text{N}$ 2.56 ± 1.92 , MG $\delta^{13}\text{C}$ 1.12 ± 0.85 ; $\delta^{15}\text{N}$ 1.99 ± 1.88 , MIA $\delta^{13}\text{C}$ 1.2 ± 0.6 ; $\delta^{15}\text{N}$ 4.3 ± 2.0 y MYC $\delta^{13}\text{C}$ 1.07 ± 0.67 ; $\delta^{15}\text{N}$ 1.90 ± 1.74 .

c) Análisis de los datos.

Debido a la alta cantidad de estómagos vacíos obtenido durante la prospección 2016, no fue posible realizar comparaciones dietarias en relación a las profundidades y zonas de pesca de la merluza de cola.

Para establecer diferencias de alimentación por sexo y tallas a través del contenido estomacal se utilizó el test estadístico no-paramétrico U Mann-Whitney (Zar 1999). Los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Core Team 2015) de libre disposición en internet.



4.8 Objetivo específico 2.6

Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. Sección II Merluza de cola.

La caracterización de las agregaciones se efectuó mediante el uso de descriptores obtenidos a partir de observaciones acústicas verticales realizadas durante la prospección acústica y lances de pesca mediante el sistema de ecointegración Simrad EK-60 y que fueron procesados mediante el programa SonarData Echoview® (versión 5.3.34).

Una agregación es definida como un conjunto de muestras acústicas que poseen una continuidad vertical y horizontal y además exceden un umbral predeterminado de energía y tamaño, es decir, muestras contiguas tanto a lo largo del mismo pulso (continuidad vertical) como desde el pulso anterior (continuidad horizontal). La resolución horizontal corresponde a la distancia cubierta entre pulsos sucesivos y la vertical a la distancia relativa correspondiente a la semi longitud del pulso.

Debido a que las agregaciones de merluza del sur y merluza de cola se distribuyen de manera conjunta y en la mayoría de las ocasiones no es posible desagregarlos en el ecograma, las agregaciones fueron tratadas de manera conjunta.

4.8.1 Descriptores y variables utilizadas en el análisis

De las agregaciones detectadas se extrajeron descriptores de posición, energía, morfológicos y batimétricos, estando referidos los primeros a la posición geográfica de las agregaciones, los de energía a la energía retrodispersada por las agregaciones, los morfológicos asociados al tamaño y forma de éstas, y los batimétricos definiendo la posición de la agregación en la columna de agua (Scalabrin y Massé, 1993; Freón *et al.*, 1996).

- a) **Descriptores de posición:** Corresponde a la posición geográfica media y medida en el pulso central de cada agregación.
- b) **Descriptores de energía:** Están referidos a la energía retrodispersada por una agregación ($NASC$ o s_A) expresada en m^2/mn^2 y a su densidad acústica ($Dens$) referidas al área transversal (m^2) de la agregación ($NASC \cdot 100/m^2$), determinadas de acuerdo a:

$$NASC = 4 \cdot \pi \cdot (1852)^2 \cdot 10^{10} \cdot \overline{Sv} \cdot \text{Altura media}$$

$$\overline{Sv} = 10 \cdot \text{Log}(E) \text{ (dB)}$$



$$E = \sum_{i=1}^N 10^{\frac{Sv_i}{10}}$$

La *altura media* se define como la altura promedio de todos los pulsos que conforman la agregación y se estima como

$$\text{Altura media} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \text{ (m)}$$

Siendo t_i la altura o espesor del pulso i y N número total de pulsos en la agregación.

- c) **Descriptores morfológicos:** Son extraídos directamente desde el ecograma donde se encuentran: la altura media (m), ya definida, el área transversal (m^2), el largo (m) y el perímetro (m).

El área de una agregación se obtiene asociando un rectángulo a cada muestra S con un valor de amplitud sobre el umbral de eointegración. La superficie del rectángulo Se es calculada como el producto de la distancia horizontal cubierta desde el pulso precedente (d_j) y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior e por lo tanto:

$$Se = d_j * e$$

El área transversal de la agregación (*Área*) es el resultado de la suma del área de todos los rectángulos elementales:

$$\text{Area} = \frac{1}{\eta} * \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n S_{ij}$$

Finalmente se extrajo el largo de la agregación (*Largo*) y su perímetro (*Perim*) ambas medidas en metros. A partir de estos, se derivan otros descriptores de la agregación como:

La dimensión fractal (*DFrac*) empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación y que corresponde a la relación entre la superficie de un cuadrado con un perímetro equivalente al de la agregación y la superficie de la agregación, donde un valor 1 representa un contorno suave y un valor 2 un contorno desigual o complejo, lo que se asociaría al grado de cohesión entre los peces que constituyen la agregación, especialmente en la frontera o borde de la agregación (Scalabrin, 1997).



$$DFrac = 2 * \frac{\ln\left(\frac{Perim}{4}\right)}{\ln Area}$$

La elongación (*Elon*) caracteriza la razón de aspecto de la agregación o relación entre el largo y el alto, donde valores elevados están asociados a agregaciones de forma elíptica y valores cercanos a uno, a agregaciones de tipo circular.

$$Elon = \frac{Largo}{Alto}$$

- d) **Descriptores batimétricos:** Se extraen del ecograma y corresponden a la profundidad del fondo (m) y la profundidad media de agregaciones (m), mientras que indirectamente se calculó el índice de altura (*IndAlt*). Este índice es utilizado para medir la posición relativa del centro de la agregación en la columna de agua con respecto al fondo y se expresa en forma porcentual como:

$$IndAlt = 100 * \frac{(Prof. fondo - Prof. media)}{Prof. fondo}$$

- e) **Análisis de los datos:** Se realizó un análisis general de las agregaciones en toda el área de estudio, aplicando estadística descriptiva referida a valores promedios, máximos, mínimos desviación estándar y coeficientes de variación para el total de los descriptores. Las agregaciones fueron analizadas observaciones considerando 3 subzonas: subzona 1 entre 43°30' y 44°29'S denominada Guafo; subzona 2 entre 44°30' y 45°29'S nombrada Guamblín; y subzona 3 entre 45°30' y 47°00'S llamada Taitao. Posteriormente, se realizó un análisis de acuerdo a rangos de 100 metros de profundidad del fondo, a fin de determinar si este factor influye en las características de las agregaciones. También se analizaron considerando las registradas en las zonas de cañones conocidos como cañón Ipún (44°10' S y 75° W), cañón Guamblín (45°15' S y 75°10' W) y cañón Taitao (46°18' S y 75°27' W) y nominados como 1, 2 y 3, respectivamente. La ocurrencia o no, de diferencias significativas en las características de las agregaciones de acuerdo al factor "zona de cañones" se realizó mediante un análisis de varianza (Andeva).

Finalmente, los datos fueron tratados mediante la aplicación del análisis de componentes principales (APC), resumiendo de esta manera la información contenida en la matriz de datos, permitiendo una representación visual o geométrica de la información (Rencher, 1995) y preservando las características de la observación original. Las variables originales utilizadas fueron todos los descriptores determinados (y definidos anteriormente) de las agregaciones, aun cuando entre ellas



pueda darse algún grado de multicolinealidad, lo cual es deseable dado que el objetivo es identificar series de variables interrelacionadas (Hair *et al.*, 1999).

Se redujo la dimensionalidad del problema obteniéndose variables o componentes principales que fueron expresadas como combinación lineal de las variables originales. Para el logro de lo anterior, se utilizó la matriz de correlaciones como matriz de entrada, dándole de esta forma la misma relevancia a todas las variables, desestimando de esta forma las unidades en que son trabajadas las diferentes variables. Para la determinación de los componentes principales y su interpretación, se aplicó el criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999).



5. RESULTADOS

5.1 Objetivo específico 2.1

*Determinar la biomasa (en peso), abundancia (en número) y la distribución espacial y batimétrica del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio. **Sección II Merluza de cola.***

a) Biomasa y abundancia

En la **Tabla 8** y **Figura 7** se presentan los resultados del análisis geoestadístico de merluza de cola provenientes de los ajustes realizados mediante el método de Matheron (Matheron, 1971, Rivoirard *et al.*, 2000).

Los resultados indican variogramas totalmente estructurados, donde la dependencia espacial, alcanza a 100%. El promedio geoestadístico de los datos (media kriging) estimado con cualquiera de los dos ajustes aplicados (exponencial y esférico) presentan diferencias menores al 4% entre ellas, aunque el mejor ajuste ($sse = 104,79$) se obtiene con un variograma de modelo exponencial.

Con el método geoestadístico, la abundancia se estimó en 408.942.914 individuos (IC $\alpha=5\%$: 330.411.290 – 487.474.538) de los cuales 201.138.794 (49,2%) fueron machos y 207.804.120 (50,8%) hembras (**Tabla 9**), mientras que con el método bootstrap, la abundancia se estimó en 424.935.501 (349.935.373 – 499.935.629).

La biomasa total de merluza de cola se estimó en 261.111 toneladas con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 232.114 y 281.797 t mediante el estimador geoestadístico y de 267.004 t e intervalo de confianza entre 242.138 y 291.871 t por el estimador de razón (**Tabla 10**). Los estimados de biomasa y sus respectivos intervalos de confianza señalan que ambos estimados se pueden considerar como estadísticamente similares.

La fracción desovante del stock, estimada a partir de la ojiva de madurez microscópica estimada para hembras, correspondió a una abundancia de 247.941.448 ejemplares que representó el 60,6% de la abundancia total, conformada por 112.056.019 machos y 135.885.429 hembras. La biomasa desovante de 227.627 t provino del aporte de 134.640 t de hembras y 92.963 t de machos.

Con respecto a los cruceros efectuados en el periodo 2007-2015, el tamaño del stock estimado en el presente estudio se ubica entre los valores altos del periodo, con una tendencia positiva, luego que el bienio 2012-2013 se alcanzaron los menores niveles (**Tabla 11**).



b) Distribución espacial

La distribución espacial (**Fig. 8**) muestra la presencia de merluza de cola en el 74,7 % (1.990 mn²) de las 2.663 mn cuadradas prospectadas. La distribución espacial está caracterizada por un predominio de niveles de densidades medias y algunos focos de mayor importancia relativa cercanos a los cañones de Guafo, Guamblin, cabo Raper y al sector sur del área.

La merluza de cola estuvo presente en toda el área de estudio y mostró una clara interacción espacial con la merluza del sur, pues en todos los lances con presencia de merluza de cola se registró también la captura de merluza del sur.

La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza de cola se localizó en la latitud 44°30' S, desplazando medio grado al sector norte respecto al año anterior, pero manteniendo la inercia latitudinal de 0,7°, ajustándose a los valores observados en la mayoría de los estudios realizados en la zona. El índice de Gini de 0,65 da cuenta de un recurso concentrado, concordante con la característica de condición reproductiva.

En el área de distribución del recurso se estimó una densidad media de 134,2 t/mn² (método bootstrap) y 129,1 t/mn² (método geoestadístico). El mapeo utilizó kriging ordinario, variograma exponencial, omnidireccional y una grilla de 0,125 millas náuticas en latitud y 0,5 millas náuticas en longitud.

La distribución estimada a partir de los lances de identificación y referidos a la profundidad de operación de la relinga, tuvo como profundidad media de distribución los 264 m con un rango que varió entre 121 m y 332 m para las profundidades promedios mínima y máxima de la red (**Fig. 8**).

5.2 Objetivo específico 2.2

*Estimar la composición de tallas, de edad y proporción sexual del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial, latitudinal y batimétrica. **Sección II Merluza de cola.***

5.2.1 Estructura de tallas

a) Muestreos

La composición de la estructura de tallas se estimó a partir de 2.758 individuos, compuesto de 1.273 machos y 1.485 hembras.

b) Composición de tallas



La estructura de talla de merluza de cola estimada en el área de estudio presentó una estructura polimodal, donde resaltan una moda de ejemplares adultos de individuos de 55 a 79 cm, una segunda conformada por ejemplares juveniles entre 35-49 cm y una tercera moda también representada por juveniles de menor talla entre 25-29 cm (**Fig. 9**). Esta composición se caracterizó por una mayor presencia de ejemplares adultos (62%) respecto de los juveniles (38%), una talla media adulta de 59 cm y una proporción sexual entre macho y hembras prácticamente de 1:1.

Las distribuciones de tallas de merluza de cola en el área de estudio registraron diferencias según el área. La mayor presencia de ejemplares adultos (83%) se registró en el área Guamblín con una moda principal entre los 55-79 cm junto con 67% de predominio de hembras; en cambio la mayor presencia de juveniles (88%) se registró en el área Taitao con una moda principal entre 35-49 cm junto con predominio de las hembras en 59%; mientras el área Guafo registró una presencia intermedia entre juveniles (49%) y adultos (51%), con una moda principal de juveniles entre 35-49 cm, otra moda juvenil entre 25-29 cm, una importante presencia de adultos sobre los 55 cm y una proporción sexual entre macho y hembras de 1:1 (**Fig. 10**).

Estas diferencias en composición de tallas por áreas se mantuvieron por Cañones. El Cañón Guamblín con una moda entre los 55-79 y la mayor presencia de adultos (91%); el Cañón Taitao con una moda juvenil entre 35-49 cm y la mayor presencia de juveniles (92%); y el Cañón Guafo con una estructura intermedia con una mayor presencia de adultos (71%). Estos resultados muestran que los adultos tuvieron mayor presencia en latitudes menores en el área de estudio y concentrado en los cañones de Guafo y Guamblín, dado que la estructura de talla en el área Fuera de los Cañones registró una estructura de ejemplares juveniles (94%) con una moda principal entre 35-49 cm y otra moda menor entre 25-29 cm (**Fig. 11**).

Batimétricamente las estructuras de tallas se registraron entre 200 y 399 m de profundidad, en donde la mayor presencia de adultos fue observado en la estructura de talla entre 200-299 m de profundidad, la cual presentó una distribución más desplazada a la derecha que respecto de la estructura entre 300-399 m de profundidad (**Fig. 12**).

d) Distribución de talla del crucero 2016 respecto de los cruceros anteriores en la zona de estudio

Considerando una talla de referencia de 55 cm, las estructuras de tallas registradas en el período 2001-2015 se pueden clasificar en: una etapa que abarca entre el 2001 y 2007 donde la composición de tallas estuvo dominada por individuos adultos y la presencia ocasional de juveniles (2001 - 2004), escenario que se invierte a partir del 2008, cuando la contribución de la fracción juvenil se hace mayoritaria (~58% y 80%) con pequeñas variaciones interanuales, situación que se modifica en el presente estudio, con predominio de individuos adultos (**Fig. 13 y 14**).



5.2.2 Estructura de edades

En la **Tabla 12** se entregan los parámetros de la relación peso – longitud de merluza de cola estimada para el crucero de agosto de 2016. Si se considera la serie de información correspondiente a los cruceros de evaluación 2001 - 2016, se aprecian variaciones en los pesos promedios a la talla que podrían estar asociado al grado de avance del proceso reproductivo al momento del crucero.

Los parámetros de las relaciones peso - longitud de merluza de cola estimados con la información de crucero 2001 - 2016, presentan en sus parámetros una fluctuación que se manifiesta en el caso de los machos en un rango que abarca para “a” entre 0,0016 - 0,0068 y “b” entre 2,7678 - 3,1423 en el caso de los machos y “a” entre 0,0009 - 0,0042 y “b” entre 2,8745 - 3,2724 para hembras (**Fig. 15**).

El peso promedio (ambos sexos) en el presente estudio corresponde a un valor de 639 g, valor mayor al observado el año 2015 (454 g), pero muy por debajo a lo registrado en los cruceros anteriores a 2008 en que el peso promedio podía estar alrededor de los 1.000 g, pero si manifiesta una recuperación al trienio anterior (**Tabla 11**).

La abundancia está conformada por un 49,2% (201,1 millones) de machos y un 50,8% (207,8 millones) de hembras. Considerando los GE que aportan a la estructura etaria en fracción superior al 5%, se tiene que la abundancia de machos está conformada en 87% por seis grupos, GE I - VI, en donde principalmente destaca la participación del grupo modal GE III (22%), y le sigue en importancia el GE IV y V (con 17% y 19% respectivamente, ver Figura en recuadro superior en **Tabla 13**). En hembras, la estructura la componen principalmente siete grupos que conforman el 88%, GE II - VIII, destacándose el GE III como moda principal (18%) y el GE VII como segunda moda en la estructura (15%, **Tabla 14**).

Para ambos sexos, la abundancia por GE stock desovante 2016 estuvo sostenida mayoritariamente (89%) por siete clases que comprendían los GE I a VII, con moda en el GE III (20%), lo que mantiene lo observado en los últimos 8 años, esto es, un stock compuesto por adultos jóvenes, (**Fig. 16**) con variaciones interanuales en la edad modal. Este año se destaca la participación del GE I con un aporte que no había sido observado anteriormente.

La composición etaria del stock se mantiene en línea con la que se ha observado a partir del 2008, es decir, un predominio de los GE III y IV (**Fig.16**). En general, considerando ambos sexos, los GE IX+ que entre el 2001 a 2005 constituían un 25 - 35% de la abundancia, en los años posteriores su aporte se ha reducido a menos del 5%, a excepción del 2010. Lo anterior podría ser un indicador de un del deterioro de la estructura demográfica del stock que se concentran en la época de desove y por ende su eventual impacto en el potencial reproductivo. Sin embargo, este año presentó un 6,8% y mantiene la recuperación ya observada en el 2015 (**Tabla 15**).

f) Edad mediana de la abundancia



Las edades medianas en la abundancia han fluctuado entre 2,5 y 7,2 años en machos y entre 2,7 y 8,1 años en hembras. En este parámetro se observan dos períodos, uno que comprende desde el 2000 al 2006 con edades medianas entre 5 y 7 en machos y 6 a 8 en hembras. Posteriormente se observa una disminución de la edad mediana la que ha variado 2,5 y 4 años, lo que indica que el recurso se mantiene con una componente de individuos cercanos a la edad mediana de madurez (**Fig. 17**)

5.3 Objetivo específico 2.3

*Determinar el índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez, talla y edad de primera madurez y fecundidad de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación. **Sección II Merluza de cola.***

a) Estadios de madurez sexual (EMS)

De los estadios de madurez sexual, las hembras inmaduras (EMS 1 y 2) correspondieron al 49% del total de hembras, un 37% a los ejemplares en maduración, 11% a las maduras y un 2% desovadas, lo que indica que en el período de muestreo una parte de la población estaba en preparación para el desove (**Fig. 18**) y que este proceso debería continuar durante la segunda quincena de agosto.

Los estadios de madurez de acuerdo a la longitud total de las hembras, mostraron que los peces en maduración estaban representados a partir del grupo de longitud de 33 a 42 cm LT, junto a la presencia de hembras inmaduras. La presencia de hembras inmaduras se observó de manera importante hasta el grupo de 53-62 cm LT (**Fig. 19**).

b) Análisis histológico de las gónadas

Se seleccionaron ovarios poniéndose énfasis en el reconocimiento microscópico e histológico de hembras inmaduras, ya que tienen implicancias en la estimación de la talla media de madurez sexual. Debido a problemas con la fijación de las gónadas en terreno, varias de las muestras seleccionadas no pudieron procesarse histológicamente por presentar un avanzado proceso de lisis.

Hembras que presentaban ovarios clasificados macroscópicamente como inmaduros, la observación microscópica en el laboratorio determinó que algunas de estas muestras correspondían a ovarios en regeneración, al reconocerse en su interior, estructuras ovocitarias en un estado avanzado de atresia (**Fig. 20**). Desde el punto de vista práctico, se confirma que este estadio de desarrollo se puede identificar mediante el análisis microscópico del ovario, preferentemente en combinación con la histología, no así con la observación a ojo desnudo. Las **figuras 20 a 22** corresponden a cortes histológicos de gónadas de merluza de cola.

c) Índice gonadosomático (IGS)



Los datos de peso gonadal utilizados en el cálculo del IGS (**Fig. 23**), correspondieron al peso en el laboratorio, contándose además con el registro realizado en terreno, siendo ambos valores similares, con un valor de R^2 cercano a 0,94 para la regresión entre el peso gonadal en el buque y en el laboratorio.

El IGS alcanzó un valor promedio ($\pm$ desviación estándar) de $3,8 \pm 4,0$ con valores individuales extremos de 0,1 y 17,1. Para determinar el impacto del estado reproductivo en los valores del IGS, se analizaron los datos de acuerdo al EMS de los ejemplares y se determinó como varían en peces inmaduros y maduros. En la **Figura 24** se observa que los peces con gónadas inmaduras (EMS 2) sólo alcanzaron el valor promedio de 0,4 del IGS, aumentando a 10,4 en el EMS 4 y disminuyendo a 0,7 en las hembras que ya habían desovados. Al aplicar un ANOVA a las distribuciones, se obtuvieron diferencias significativas ($F=1173,0$; $gl = 963$; $p = 0,0000$). La utilización del test post hoc de Tuckey HSD indicó que los EMS 1, 2 y 5 no eran significativamente diferentes entre sí, en cambio, los EMS 3 y 4 diferían entre sí y del resto.

Al analizar los datos separados en grupos arbitrarios de longitud total, se observó que el IGS presentó valores relativamente bajos hasta el grupo de longitud de 30 - 39 cm LT, igual a 0,6. Posteriormente el IGS mostró un aumento progresivo, desde 2,1 en el grupo de 40-49 cm hasta 11,6 a los 90-99 cm LT (**Fig. 24**). La distribución de los valores del IGS de acuerdo a los grupos de LT presentó diferencias estadísticamente significativas ($F=126,7$; $gl = 960$; $p = 0,0000$). De acuerdo al test post hoc de Tuckey HSD, no se encontraron diferencias significativas entre los tres primeros grupos de longitud, como tampoco entre tres últimos grupos (mayores de 70-79 cm).

d) Índices de la actividad reproductiva

Los lances diarios realizados durante la prospección fueron agrupados en períodos de 3 ó 4 días, se analizaron los datos de los EMS y IGS para detectar las variaciones en una pequeña escala de tiempo en la actividad reproductiva de las hembras adultas (EMS 3, 4 y 5). La actividad de desove fue moderada durante la prospección, con fluctuaciones en los porcentajes correspondientes a los estadios de madurez sexual. En el período intermedio que abarcó desde el 9 al 12 de agosto, se encontraron los porcentajes más altos de hembras maduras, junto con valores del IGS iguales a 8,0, el que disminuyó a 5,6 al final del crucero, coincidiendo con un porcentaje de solo 0,6% de hembras maduras (**Tabla 16**).

e) Talla media y edad media de madurez sexual.

Los datos disponibles comprendieron las clases de tallas entre los 23 y 94 cm LT y se procesaron y ajustaron a una ojiva de madurez de acuerdo a un modelo lineal, para posteriormente probar el ajuste de los datos a un modelo no lineal. La talla media de madurez calculada mediante un modelo lineal generalizado fue de 48,8 cm LT, con límites de confianza del 95% iguales a 48,6 y 48,9 cm LT ($b_0 = -9,3432$; $b_1 = 0,1916$; suma de los cuadrados residuales = 0,5291; error estándar residual = 0,9093 con 64 gl.). El ajuste logístico no lineal correspondió 49,0 cm LT, con límites de confianza de 48,8 y 49,2 cm LT ($b_0 = -9,6452$; $b_1 = 0,1969$). La proporción de individuos maduros a la talla y límites de confianza se incluyen



en la **Tabla 17** y se muestran gráficamente en la **Figura 25**. Los valores observados se distribuyen cerca de la curva estimada, sin existir puntos que se alejen de manera notoria de la estimación.

Un resumen de los valores de talla media de madurez sexual se presenta en la Tabla 18 donde se observan valores entre 45 y 56,5 cm, variaciones que podrían deberse a la composición de tallas de los ejemplares presentes en el área de desove.

En la estimación de la talla de primera madurez sexual basada en el incremento relativo del IGS (IR.IGS), el máximo valor se alcanza a los 43 cm LT (Fig. 26). Por este método diferente, se obtuvo un resultado que si bien está referido a la talla de madurez basada en los valores del IGS puede servir de comparación con otras estimaciones previas realizadas por este mismo método.

Respecto de la edad media de madurez, en la **Tabla 19** se presenta la proporción de hembras maduras, su ajuste a un modelo lineal generalizado, estimó que la edad (grupo de edad) media de madurez sexual correspondió a 3,6 ($b_0 = -4,805$; $b_1 = 1,330$).

f) Fecundidad

La determinación de fecundidad mediante el recuento de los ovocitos de la moda más avanzada de tamaño presente en el ovario mostró que la separación con respecto a los ovocitos de menor diámetro que no son desovados en la temporada de puesta fue muy clara y las dos modas se pudieron diferenciar fácilmente bajo el microscopio. Los datos correspondientes a la fecundidad se ajustaron al peso corporal y longitud de las hembras mediante un modelo de regresión lineal simple (**Fig. 27**). La fecundidad promedio 638.695 ± 397.407 ovocitos. La fecundidad relativa, expresada como el número de ovocitos por gramo de peso corporal, fue 669 ± 152 ovocitos. La fecundidad media del total de las hembras maduras de la muestra fue 296.672 ± 144.149 . En la Tabla 20 se incluyen otras estimaciones de fecundidad realizadas en merluza de cola, siendo la fecundidad de la muestra del 2016 un valor que está dentro del rango de las estimaciones anteriores. No obstante, la escasa variabilidad de la fecundidad en términos relativos, la fecundidad media del total de la muestra es más representativa de lo que ocurre a nivel de la población, ya que incluye un número mayor de observaciones y en general, un rango mayor de tallas.

5.4 Objetivo específico 2.4

*Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación en el área y período de estudio. **Sección II Merluza de cola.***

5.4.1 Distribución batimétrica y especial

Durante el crucero se capturaron e identificaron 13 especies. La fauna en la zona de estudio se compone, básicamente, de dos especies: merluza del sur y merluza de cola, las que en conjunto



aportan alrededor de 97% de la captura obtenida en la zona, les siguieron en importancia cojinoba (Fam. Centrolophidae), reineta y merluza de tres aletas. Las otras especies están representadas en bajas proporciones y en conjunto representan alrededor del 1% de la captura total obtenida durante el crucero (**Tabla 21** y **Fig. 28**). La fauna acompañante de merluza de cola estuvo compuesta por un 87% de merluza del sur (**Fig. 29** y **Tabla 22**), seguida en importancia por cojinoba (Fam. Centrolophidae), reineta, merluza de tres aletas y congrio dorado, las restantes especies en conjunto tuvieron una escasa participación.

Según la división de la zona de estudio, merluza de cola y merluza del sur son las dos especies que dan forma a las comunidades presentes en cada una de las subzonas. Merluza de tres aletas estuvo presente, pero en bajas proporciones (**Fig. 30a**). La fauna acompañante, se compone de merluza del sur, cuya participación supera el 90% en las zonas de Guafo y Guamblín, mientras que en la zona de Taitao su participación estuvo en torno a 70% (**Fig 30b**). Las restantes especies tuvieron aportes en torno a 1% en Guafo y Guamblín, mientras que en la zona de Taitao se presentó un aumento en la participación de otras especies cuyos aportes estuvieron en torno a 11%, aporte que estuvo dado principalmente por cojinoba (Fam. Centrolophidae) (**Fig. 30b**).

El área de estudio tuvo una profundidad media de distribución de las especies en torno a 270 m, con un rango que varió entre una profundidad máxima de 318 m y profundidad mínima de 200 m. Merluza de cola tuvo una profundidad media de distribución de 267 m, mientras que la fauna acompañante estuvo centrada en torno a 260 m (**Fig. 31**). La distribución latitudinal histórica de merluza de cola la coloca en toda zona de estudio, pero con mayor presencia a partir de los 45° de latitud sur, lo que también se observa en merluza del sur (**Fig. 32**). Especies como congrio dorado, reineta, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y jibia también presentan una distribución asociada a toda la zona de estudio. Reineta, y otras especies recurrentes como merluza de tres aletas y brótula, tienen una distribución en latitudinal que las localiza preferentemente al sur de los 45° de latitud sur (**Fig. 32**).

5.4.2 Parámetros comunitarios

La identificación de asociaciones faunísticas en la zona se llevó a cabo por medio de técnicas multivariadas: análisis de clasificación por conglomerados (*cluster analysis*) y de ordenación (NMDS). Ambas técnicas trabajan con una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la ocurrencia de éstas en los cruceros efectuados desde el año 2000 al 2015 (**Tabla 23**). Los análisis consideran agrupación por: cruceros, cruceros-subzonas y cruceros- veril de profundidad.



a) Cruceros

El análisis de clasificación identifica tres grupos con niveles de similitud superiores a 60% (**Fig. 33**). El grupo 1 lo integran los cruceros realizados en el año 2004-2005, 2008 a 2011 y 2013 a 2016. El grupo 2 reúne los cruceros realizados en los años 2000 a 2002 y los efectuados en 2007 y 2012. El grupo 3 contiene solo el crucero realizado el año 2003 (**Fig. 33**). El análisis de ordenación, efectuado sobre la matriz de cruceros, muestra concordancia en la formación de estos grupos, al mismo tiempo, que se observa el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades crucero (**Fig. 34a**). La fauna que caracteriza los conglomerados, indica que los grupos principales, 1 y 2, están caracterizados por peces. Merluza del sur y merluza de cola tienen presencia significativa en el grupo 2, mientras que en el grupo 1 se hace significativa la presencia de otros peces como la reineta y jurel, además, de la presencia de jibia. En el grupo 3 estas mismas especies están presentes, sin embargo, éstas no tuvieron una presencia significativa (**Fig. 34b**).

b) Cruceros-Subzonas

El resultado gráfico del análisis separa tres grupos con niveles de similitud superiores a 60%. Los grupos 2 y 3 presentan las mismas características de distribución espacial, ya que latitudinalmente se distribuyen en toda la zona de estudio abarcando desde 43°30'S hasta 47°00'S (**Fig. 35**). En el grupo 3 presenta una distribución espacial restringida y está acotado a la zona sur del área de estudio, específicamente, entre 45°30'S a 47°00'S, lo que se corresponde con la subzona de Taitao (**Fig. 35**). El análisis de ordenación muestra la equivalencia que existe en la formación de estos conglomerados y la continuidad espacial de éstos (**Fig. 36a**). La fauna que integra los conglomerados 1 y 3 se caracteriza por tener incidencia significativa de especies como reineta, congrio dorado, cojinobas y jibia, mientras que en el grupo 2 la presencia de merluza del sur y merluza de cola es significativa, respecto de las otras especies (**Fig. 36b**).

c) Cruceros-Veril

El análisis de clasificación discrimina tres conglomerados con similitudes superiores al 50%. La distribución batimétrica de éstos muestra que los grupos 1 y 2 se localizan, preferentemente, entre los veriles de 200 m hasta 400 m de profundidad, mientras que el grupo 3 se localiza, principalmente, a profundidades mayores de 400 m (**Fig. 37**). El análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados y las entidades que los componen (**Fig. 38a**). La componente de fauna que caracteriza a los conglomerados, indica que las especies se distribuyen en todo el rango de profundidad. Sin embargo, es posible diferenciar dos grupos de especies, uno que se localiza con mayor frecuencia a profundidades mayores de 200 m, como: merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado y brótula, y un segundo grupo que lo componen especies que se asocian más a profundidades que están en torno a los 200 m e inferiores, destacan: reineta y la jibia (**Fig. 38b**).



5.5 Objetivo específico 2.5

*Determinar la composición e importancia de los principales ítems alimentarios de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. **Sección II Merluza de cola.***

Se analizaron 828 estómagos para toda el área estudiada de los cuales solo el 24% presentó algún tipo de contenido (**Fig. 39**). Se separaron 39 tejidos para el análisis de isotopos estables. Los tejidos de las presas fueron obtenidos desde los estómagos de los predadores, y de estos se separaron 70 muestras.

5.5.1 Contenido estomacal

a) Alimentación de *Macruronus magellanicus*

La merluza de cola presentó una dieta basada en 9 especies presas (Tabla 24), cuyos principales ítems presas fueron *Euphausia* sp. con 32,7%GI y *Maurolicus parvipinnis* 30,4%GI. Seguido de mictófidios indeterminados con un 19,8%GI. Los demás ítems no representaron mayor importancia de GI (<10%), se menciona además la presencia de restos algales pero éstos no representan mayor importancia en la dieta (**Tabla 25**). En términos de Número *Euphausia* sp. fue la presa que aportó en mayor medida (>60%). Mientras en relación al Peso y Frecuencia, *Maurolicus parvipinnis* fue la presa de mayor importancia para la merluza de cola, superando el >30%. Cuando se hace la comparación entre las categorías mayores, los peces mesopelágicos representan la presa de mayor importancia con un 52%, mientras los eufáusidos aportan 32,7%%GI (**Tabla 25**).

b) Alimentación de *Macruronus magellanicus* diferenciada por sexo

Para los machos se encontró que mictófidios, *Maurolicus parvipinnis* y *Euphausia* sp. contribuyen en la dieta con valores $\approx 30\%$ GI (**Tabla 26**). En hembras tanto *Euphausia* sp. como *Maurolicus parvipinnis* presentaron valores >30%GI representando los principales ítems presa, seguido por los mictófidios con un 12%GI. Todas las demás presas encontradas se encontraban <10%GI. (**Tabla 27**). Los análisis estadísticos dan cuenta una alimentación similar con valores no significativos ($U=37$; $p>0.05$).

c) Alimentación de *Macruronus magellanicus* por rango de tallas

Los resultados mostraron que G1 presentó entre sus presas peces, crustáceos y cefalópodos, con *Euphausia* sp. y *Maurolicus parvipinnis*, como principales ítems (>305GI) (**Tabla 28**). Por su parte el grupo G2, no presentó cefalópodos entre sus presas, aunque se observó la presencia de algas como parte de sus presas. Este grupo consumió preferentemente *Euphausia* sp. (35.6%GI), seguido por los mictófidios con un 28.3%GI (**Tabla 29**). El test U de Mann-Whitney mostró que la dieta por tallas es similar con casi el 90% de similitud. Cuando se comparan las tallas se evidencia la alta similitud en la alimentación con $U= 39$; $p>0.05$.



d) Alimentación por rango batimétrico

El número de muestras de estómagos con contenido, obtenido durante la prospección 2016, no permitió realizar comparaciones dietarias en relación a las profundidades y zonas de pesca de la merluza de cola.

5.5.2 Análisis de la alimentación de *Macruronus magellanicus* por isótopos estables

En relación a las concentraciones de la estabilidad isotópica de la merluza de cola $\delta^{13}\text{C}$ $-17,89 \pm 1,32$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $17,34 \pm 3,41$. La **Figura 40** muestra cómo se distribuyó en el ambiente *Macruronus magellanicus* y sus presas, para el ecosistema de aguas exteriores. La merluza de cola (MCO) se presentó como un predador que se alimenta principalmente en aguas mesopelágicas y neríticas, esto inferido por los resultados del análisis isotópico, el que mostró que la merluza de cola presentó una amplitud de $\delta^{13}\text{C}$ (entre el -18 al -15).

El análisis isotópico de la alimentación de la merluza de cola, indicó que la dieta fue dominada por los peces meso pelágicos con >50% de contribución dietaria. Seguido por los eufáusidos que contribuyeron en un 33,7%. Mientras que camarones aportaron 10,3%. Finalmente, cefalópodos sólo registraron un aporte del 4% de la dieta de este predador. Por lo tanto, los peces mesopelágicos, como mictófidios y *Maurollicus parvipinnis* fueron las presas principales de este predador.

5.6 Objetivo específico 2.6

Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. Sección II Merluza de cola.

5.6.1 Resultados generales descriptivos

Se procesó y analizó un total de 195 agregaciones de merluza de cola y merluza del sur en su conjunto. Esta información proviene de las transectas de prospección acústica del crucero realizado en agosto de 2016. La **Tabla 30** entrega los estadísticos estimados de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones registradas durante el crucero.

5.6.1.1 Descriptores morfológicos

Los resultados de los descriptores de forma de las agregaciones de merluza del sur y merluza de cola registradas en el área de estudio (**Tabla 30**) muestran una fuerte variabilidad que se expresan en coeficientes de variación superiores al 99% y que supera el 100% en los descriptores largo, perímetro y área con la única excepción de la dimensión fractal que presenta la menor variabilidad con un 5,3%, situación que se ha venido observando en los últimos años.



5.6.1.2 Descriptores batimétricos

La profundidad promedio en que se ubicaron las agregaciones fue de 304 m (CV = 33,1%), distribuyéndose en la columna de agua entre los 101 y 493 m de profundidad. La profundidad del fondo varió entre 108 y 988 m, con promedio en 450 m (CV= 48,2%). El descriptor Índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo registró en promedio un 24,5% (CV = 86,9%), variando la distancia de las agregaciones al fondo entre un 0,4% y 79% de la profundidad del fondo, siendo los valores más altos asociados a los mayores rangos batimétricos (**Tabla 30**).

5.6.1.3 Descriptores de energía

Estos indicadores presentan una alta variabilidad expresados en coeficientes de variación superiores a 100. Los valores de NASC de las agregaciones fluctuaron entre 100 y 112.273 m²/mn² con un valor medio de 1.773 m²/mn² (CV=476%), mientras que la densidad acústica obtenida como una medida de estandarización de la energía retrodispersada de las agregaciones respecto a su área, varió entre 2,4 y 252 con un promedio de 9,0 NASC*100/m² (CV=235%) (**Tabla 30**).

5.6.2 Resultados de los descriptores según zonas y cañones.

5.6.2.1 Zona de cañones

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las 195 agregaciones detectadas y separadas por "zona dentro de cañones" y "zona fuera de cañones" se entrega en la **Tabla 31**. En la **Figura 41** se entregan el valor promedio y desviación estándar de los estimadores.

La **Tabla 32** entrega los resultados de la Andeva al desagregar las agregaciones según su ubicación en "zona dentro de cañones" y "zona fuera de cañones". Dentro de los descriptores morfológicos solamente las variables alto y elongación presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones. En el caso de los batimétricos todos ellos (profundidad agregación, profundidad del fondo e índice de altura) rechazan la hipótesis de igualdad, mientras que ambos descriptores de energía aceptan H_0 , lo que significa que no presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones. El valor promedio de energía retrodispersada fue mayor en la zona dentro de cañones (2.594 vs 977 NASC), no obstante el test indicó la aceptación de la H_0 lo que se explica debido a la alta variabilidad en los valores registrados (**Fig. 41**).

Los resultados obtenidos al analizar las agregaciones registradas en los cañones 1, 2 y 3, respectivamente, se presentan en la **Tabla 33** y **Figura 42**. La resultante de comparar los valores por cañón se entrega en la **Tabla 34** de ésta se desprende que la variable dimensión fractal y las variables



batimétricas presentan diferencias significativas entre cañones, ubicándose las agregaciones a mayor profundidad promedio en el cañón 2. La mayor profundidad del cañón 1 y el hecho que las agregaciones tienden a mantenerse dentro de un rango batial, hace que el índice de altura alcance en este cañón su mayor valor.

5.6.2.2 Sub-división latitudinal

El análisis latitudinal aplicado históricamente en el área de estudio consta de tres subzonas y en cada una de ellas se encuentra un cañón, siendo respectivos en la numeración.

Zona	Límite latitudinal
1	42°00' S - 44°29' S
2	44°30' S - 45°29' S
3	45°30' S - 47°29' S

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas y separadas por zonas se entregan en la **Tabla 35** y **Figura 43**, destacando la alta variabilidad observada en la mayoría de ellos y de los cuales solo las variables dimensión fractal, profundidad del fondo e índice de altura presentaron diferencias significativas entre zonas (**Tabla 36**).

5.6.2.3 Sub-división según profundidad del fondo

La **Tabla 37** entrega los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas según rango de fondo. El resultado del análisis de varianza (**Tabla 38**) muestra que las variables elongación, dimensión fractal, profundidad de la agregación, profundidad del fondo e índice de altura presentaron diferencias significativas, aunque se debe indicar que aquellas estadísticamente similares presentan una alta variabilidad que las convierte en poco informativas (**Fig. 44**).

5.6.3 Análisis de componentes principales (ACP)

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, para verificar el grado de asociación entre los distintos descriptores. La matriz de correlaciones entre las variables originales se entrega en la **Tabla 39** en donde se aprecia que las asociaciones más fuertes se presentan entre las variables perímetro-área ($r=0,904$), alto-área ($r=0,794$), fondo-índice altura ($r=0,791$), largo-perímetro ($r=0,789$) y largo-área ($r=0,767$).



Se realizó un análisis factorial de reducción de dimensiones, con todas las variables originales. Existió una asociación entre las variables, pero esta fue débil, obteniéndose un porcentaje de variabilidad explicada del 70,7% y un criterio de selección KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) del 0,54.

Luego de una aplicación exploratoria del ACP, donde se combinaron diferentes variables originales como activas, se logró una combinación que califica como meritoria según la medida de suficiencia de muestreo (MSA) y con una buena explicación de la varianza. Esto se logró con la exclusión de las variables dimensión fractal y densidad, las cuales no presentaron buenas correlaciones con el resto de los descriptores, ya que su mayor asociación fue con alto ($r = -0,41$) e índice de altura ($r = -0,123$), respectivamente. La nueva combinación alcanzó un valor del índice de Kaiser ($KMO = 0,55$) y un 82,4% de explicación de la variabilidad.

De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), se seleccionaron los tres primeros componentes que cumplen tal condición, los cuales explicaron en conjunto el 82,4% de la variabilidad total. La **Tabla 40** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de los nueve componentes. La **Tabla 41** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

El primer componente, denominado componente morfométrico, presenta un valor propio de 3,7 que explica el 41,1% de la variabilidad total y que asocia principalmente ($>0,72$) a las agregaciones de mayor tamaño con mayores valores de área, perímetro, alto, largo y NASC. El segundo componente principal con valor propio igual a 2,4 el cual explica el 26,6% de la variabilidad, denominado componente energético, asocia con mejor correlación ($> 0,63$) al descriptor profundidad del fondo con profundidad de agregación e índice de altura. El tercer componente principal con valor propio 1,3 y el 14,6% de explicación de la variabilidad total, presenta una baja correlación en casi todos los descriptores ($< 0,6$) siendo el descriptor morfológico elongación y el descriptor batimétrico índice de altura los de mayor correlación dentro del grupo de descriptores (0,603 y 0,644 respectivamente).

En la **Figura 45** se muestra la representación gráfica de los dos componentes principales, apreciándose que existe un grupo de agregaciones asociadas al componente 1 que presentan como características ser de gran envergadura (valor alto de área) asociadas a valores mayores del largo, del perímetro, del alto y de la energía retrodispersada que se ubican en sectores poco profundos y cercanos a este. El segundo componente presenta como característica agrupaciones con contorno desigual o complejo ubicadas en zonas de mayor profundidad y alejadas del fondo, con niveles de área menores y bajo valores de NASC, además, se observa en este componente una relación inversa entre la elongación con los descriptores batimétricos profundidad de la agregación, profundidad del



fondo e índice de altura, reflejando que agregaciones con alta relación de aspecto (largo/alto) se ubican en zonas de gran fondo y lejanas a este.



6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados provenientes del análisis de los datos obtenidos durante el crucero de prospección realizado en agosto del 2016 a bordo del AGS 61 “Cabo de Hornos”, indican que en términos generales el stock de merluza de cola presente en el área y período de estudio mantiene una estructura demográfica deteriorada.

En cuanto al tamaño del stock, en los últimos tres años se ha registrado una recuperación de la biomasa en relación con los años 2012-2013, esta solo alcanza niveles similares a los estimados en el período 2008-2011. En este escenario, se podría indicar que la biomasa de merluza de cola se mantiene dentro del rango observado desde el 2008 en adelante.

La composición de la estructura de tallas estimada durante el período de máxima concentración reproductiva, ha registrado desde el año 2008 una alta presencia de individuos juveniles (< 55 cm) en una magnitud que no habían observados en los cruceros previos (2001-2007), lo que habría llevado a un reescalamiento del stock presente durante el periodo reproductivo a partir del año 2008. No obstante, en los años 2015 (Lillo *et al.*, 2016) y 2016 la presencia de juveniles se ha reducido y consecuentemente ha aumentado la componente adulta, la que durante el año 2016 fue registrado con mayor grado.

La estructura juvenil del recurso en el período de desove, se enmarca dentro de un período de un bajo nivel de biomasa desovante del recurso (Payá y Canales, 2013), aspecto que explicaría la reducción de la fracción adulta que aporta al desove. No obstante, en estos dos últimos años (2015 y 2016) se ha registrado un aumento de la fracción adulta, pero no a niveles porcentuales de adultos registrados entre los años 2001 a 2007 (entre un 75-95%) y dentro de una familia de distribución sustentada en una moda entre 55 y 89 cm (Lillo *et al.*, 2002, 2003, 2004, 2005, 2008; Córdova *et al.*, 2006)

En particular en el crucero de 2016 a diferencia de los cruceros anteriores, fue registrada una moda importante de ejemplares tempranamente juveniles entre 25 y 29 cm, correspondiente al grupo edad I, luego, para considerar que estos juveniles ingresaron al stock, primero se tiene que observar su paso al grupo de edad II el año 2017, como fue posible observar en el grupo de edad II del crucero de 2013 que pasó a dominar la composición de edad en 2014 y 2015 en el grupo de edad III y IV, respectivamente.

En lo referente a su distribución espacial, la merluza de cola estuvo presente en toda el área de estudio con las mayores concentraciones localizadas en el inicio de los cañones y al borde la plataforma continental, a diferencia de años anteriores en que las mayores densidades se localizaban en el sector oriental de los cañones. Su centro de gravedad fue localizado en los 44°30'S e inercia de 0,7°, se mantuvo dentro del rango de valores observados en cruceros previos, siendo probable que las variaciones observadas en los distintos años sean de ocurrencia normal dentro de la dinámica espacial de este recurso. El grado de agregación de 0,68 estimado mediante el Índice Gini, puede considerar



el reflejo del proceso reproductivo del recurso durante el período y área del estudio y se mantiene en rangos similares a los obtenidos en los estudios realizados desde el año 2004 a la fecha.

En lo que respecta a los aspectos reproductivos, el análisis de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola mostró que las hembras participantes del proceso reproductivo correspondieron a un 51%, valor que se ubica en el rango inferior de este indicador y se mantiene en línea con lo registrado en el último quinquenio, donde este valor se ha ubicado bajo el 75%, a diferencia de lo observado en la década pasada, cuando en cinco de esos años superó el 80% (Lillo *et al.* (2013). Al analizar el IGS promedio de la merluza de cola correspondiente a las hembras maduras, se obtuvo un valor alto, igual a 10,4, característico de hembras desovantes.

Al analizar los estadios de madurez de acuerdo a la longitud total de las hembras, se observa una buena separación de los ejemplares en maduración y maduros, a partir del grupo de longitud de 63-52 cm LT, del resto de los inmaduros de menor tamaño. La talla media de madurez se estimó en 49 cm LT, valor que se ubica en el rango medio bajo de los valores estimados para este recurso que abarca desde 44,2 a 56,7 cm. El grupo de edad correspondiente a la edad media de madurez sexual se estimó en 3,6.

Un elemento a considerar para estimar la talla media de madurez es el hecho que parte de las hembras adultas no desovarían en todas las temporadas de puesta, un fenómeno ya descrito en la merluza de cola de Nueva Zelanda (Livingston *et al.*, 1997) y que también observado en el bacalao del Atlántico, *Gadus morhua* (Rideout *et al.*, 2000), en la merluza del Atlántico *Merluccius hubbsi* (Macchi *et al.*, 2016) y en *Preurogramma antarctica* de la Antártica (Ghigliotti *et al.*, 2016), entre otras especies. Esta estrategia reproductiva dificulta establecer la talla media de madurez, ya que hay ejemplares con apariencia de hembras inmaduras pero que presentan estructuras histológicas en sus gónadas que probablemente correspondan a restos del desove de una temporada anterior.

En relación con lo anterior, mediante el análisis microscópico, apoyado por el diagnóstico histológico, se han observado ovarios de hembras de merluza de cola con apariencia de inmaduros, pero que presentan lamelas con ovocitos de reserva y algunas estructuras en avanzado grado de atresia, probablemente restos del desove de la temporada anterior, los que se han clasificado como en regeneración. Estas gónadas fueron clasificadas como inmaduras en su examen macroscópico a bordo, ya que su apariencia externa es esa, la mayoría de ellas entre los 50 y 66 cm LT. Al presentar esta característica en plena época de desove, significa que esas hembras no alcanzarán a madurar en la presente temporada, un fenómeno ya descrito en la merluza de cola de Nueva Zelanda (Livingston *et al.*, 1997) y que también se ha observado en el bacalao del Atlántico, *Gadus morhua* (Rideout *et al.*, 2000). Estas estructuras atrésicas son muy escasas y difíciles de detectar, por lo que no se descarta que algunas hembras en regeneración se clasifiquen como inmaduras, alterándose el cálculo de la talla media de madurez.

Otro enfoque del proceso de maduración gonadal de la merluza de cola, considera la existencia de un patrón de maduración irregular, pudiendo una parte de la población probablemente madurar a una diferente tasa que el resto de ella que se captura regularmente en las pescas de investigación. Se ha



planteado la posibilidad de migraciones divergentes dentro de una población (Secor, 1999), relacionadas con decisiones en la etapa temprana de vida sobre uso del hábitat dentro de poblaciones, denominadas “contingentes”. Si este criterio se aplicara a la merluza de cola, involucraría que un grupo de peces al formar un contingente, mantienen su integridad desarrollando un patrón diferente de migración estacional que no es compartido con los peces de otros contingentes. Como consecuencia, estos contingentes podrían presentar diferentes tasas de crecimiento y tamaño de primera madurez sexual.

El análisis de los índices utilizados para cuantificar la actividad reproductiva, señala que se mantiene la regularidad del desove durante agosto, lo que es coincidente con la fecha de inicio de las prospecciones hidroacústicas y que para merluza de cola indicaron una disminución hacia fines del período de estudio. Esta regularidad en la época de desove se manifiesta con mayor claridad en especies de peces de latitudes altas, de aguas templadas, como *Clupea harengus* del Mar del Norte, la época de desove puede durar entre dos y tres semanas (Cushing, 1975) o como sucede en el área de Maryland y Rhode Island del Atlántico, con el máximo de la época de desove de *Scomber scombrus*, la que ocurre dentro de un período de dos semanas, pudiendo variar la fecha de acuerdo a la migración primaveral de esta especie (Morse, 1980).

Otro enfoque al problema se basa en el estudio de la composición química de los otolitos. El análisis de los elementos traza en el borde los otolitos de ejemplares de merluza de cola capturados en el Atlántico y Pacífico señaló mediante un análisis de clusters, la existencia de un alto grado de mezcla en los stocks de merluza de cola de la Patagonia, distinguiendo al menos dos áreas de desove en Sudamérica, las que se conectarían a través del Cabo de Hornos y de los canales de Tierra del Fuego (Schuchert *et al.*, 2010). Por otra parte, Niklitschek *et al.* (2014) compararon los isótopos estables de otolitos de merluza de cola provenientes de los fiordos patagónicos con los de aguas exteriores, encontrando en las zonas de alimentación de los adultos en aguas exteriores un alto grado de mezcla en relación al origen de esos peces. Estimaron que la contribución al reclutamiento desde agua interiores es de 10 a 35% y menor que el aporte de las zonas de crianza ubicadas en la plataforma (64 a 85%). También demostraron que la mayoría de los adultos habían utilizado el hábitat de las aguas interiores como subadultos. La proximidad de las áreas de crianza y los cambios en los patrones de circulación en el área pueden haber producido diferentes grados de contribución al reclutamiento en agua exteriores, lo que se reflejaría en variaciones en la composición de acuerdo al origen de los reclutas, en una escala interanual o decadal. Por lo tanto, se podría concluir que al provenir la merluza de cola de aguas exteriores de áreas de crianza diferentes, se podría esperar que estas diferentes historias de vida se reflejen en diferencias en la talla de madurez de los adultos.

En lo que se refiere al espectro trófico de *Macruronus magellanicus* para la época y zona comprendida en este estudio, difiere de los estudios publicados con datos del Atlántico, principalmente con lo relacionado a la presencia e importancia de los peces mictófidos y múnidos, no así con los eufáusidos (Brickle *et al.*, 2009; Sánchez y Prenski 1966), mientras que estudios similares realizados en Chile, indican la importancia de peces y crustáceos (Meléndez *et al.*, 2008, 2009; López *et al.*, 2016). Sin embargo, con los resultados del presente estudio permiten señalar que la alimentación de la merluza de cola estaría dirigida a pequeños crustáceos pelágicos, como también a pequeños peces como



mictófidos principalmente, además de otros pequeños peces meso y epipelágicos como el sternoptichido *Maurollicus parvipinni*. Del mismo modo, en la merluza de cola se puede evidenciar un cierto cambio ontogénico en la dieta desde basada en crustáceos, en tallas menores, a aquella compuesta por pequeños peces meso y epipelágicos en tallas mayores. Sin embargo, las estimaciones de la dieta efectuados durante el período reproductivo difieren de lo observado fuera de este período, cuando la dieta presenta un alto nivel de canibalismo especialmente en los individuos de mayor de talla (Neira *et al.*, 2015, Cubillos *et al.*, 2008).

En lo que respecta a la estructura de especies, el área de estudio mantiene su condición de estabilidad, respecto de su fauna, la que da estructura a las comunidades presentes en la zona. La presencia continua de merluza de cola y merluza del sur son la base que dan forma a estas comunidades. Otras especies como: reineta, congrio dorado, cojinobas (Fam. Centrolophidae), merluza de tres aletas y jibia, mantienen su ocurrencia en el tiempo como en el espacio, pero en la mayoría de los casos, pobremente representadas en el contexto de su aporte a la captura. La distribución espacial histórica de éstas, muestra un patrón de distribución latitudinal continuo (43°S a 47°S), así como también, batimétrico (100 m hasta profundidades mayores de 400 m). Este continuo, espacial y temporal, mantiene la estabilidad, respecto de la composición de fauna en la zona, lo que ha sido reportada en evaluaciones previas.

Los resultados obtenidos de los análisis de clasificación y ordenación, corroboran que la zona de estudio no presenta fuertes alteraciones respecto de su estructura y composición de fauna. Esto se manifiesta a través de los altos valores de similitud. Estos valores, están íntimamente ligados al dominio de unas pocas especies (merluza del sur y merluza de cola) y a la alta recurrencia de algunas especies que son la base de las comunidades presentes en la zona. Esta ha sido una condición que se ha mantenido, históricamente, casi inalterada y que también es posible de observar en otras latitudes similares como la patagonia Argentina y en Nueva Zelanda, en ambos lugares son las mismas especies las que dan soporte a la estructura de comunidades. Adicionalmente, los altos niveles de similitud, asociados al dominio casi exclusivo de dos especies, dan base al hecho de que la fauna presente en la zona es casi monoespecífica, lo que también ha sido reportado para otros estudios similares dentro de la zona (Queirolo *et al.*, 2008).



7. CONCLUSIONES

1. La abundancia de la merluza de cola se estimó en 408.942.914 individuos de los cuales 201.138.794 correspondieron a machos (49%) y 207.804.120 a hembras (51%) mediante el estimador geoestadístico.
2. La biomasa total de merluza de cola se estimó en 267.004 toneladas con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 242.138 y 291.871 t mediante el estimador bootstrap y de 261.111 t e intervalo de confianza entre 232.114 y 281.797 t por el estimador geoestadístico. Los estimados de biomasa y sus respectivos intervalos de confianza señalan que ambos estimados se pueden considerar como estadísticamente similares.
3. La fracción desovante del stock, estimada a partir de la ojiva de madurez microscópica estimada para hembras, alcanzó una abundancia de 247.941.448 ejemplares que representó el 60,6% de la abundancia total, conformada por 112.056.019 machos y 135.885.429 hembras. La biomasa desovante de 227.627 t provino del aporte de 132.567 t de hembras y 90.890 t de machos. La fracción desovante del stock presentó un incremento relativo en comparación a los resultados de la última década, cuando este indicador no sobrepasaba en promedio el 40% del total del stock evaluado.
4. Con respecto a cruceros previos, la abundancia disminuyó en 36% y la biomasa en 9% en relación al año 2015. Sin embargo, ambos valores se posicionan sobre el promedio del período 2001-2015 de cada indicador, que los ubican entre los mayores valores del período antes señalado.
5. La distribución del recurso presentó su centro de gravedad de la distribución localizado en los 44°30'S, una inercia de 0,7° y un índice de concentración o de Gini de 0,68 que refleja el comportamiento gregario de un recurso en pleno desarrollo de su proceso reproductivo en el área y período del estudio.
6. La estructura de talla presentó una distribución polimodal, con la moda de mayor importancia relativa compuesta por individuos adultos de un rango de tallas entre 55 y 79 cm, luego se registraron dos modas de ejemplares juveniles, una compuesta por individuos entre 35-49 cm y la otra por ejemplares de 25 a 29 cm.
7. La estructura de edades en base a la observación de otolitos, muestra una composición sostenida por ejemplares desde 1 a los 14 años con la abundancia total sostenida mayoritariamente (89%) por cinco clases que comprenden los GE I a VII, con moda en el GE III.



8. El análisis de los índices utilizados para cuantificar la actividad reproductiva, señala que se mantiene la regularidad del desove durante agosto, lo que es coincidente con la fecha de inicio de las prospecciones hidroacústicas.
9. El índice gonadosomático alcanzó un valor promedio de 3,8 con valores individuales extremos de 0,1 y 17,1. Los peces con gónadas inmaduras sólo alcanzaron un IGS promedio de 0,4, en cambio en peces sexualmente maduros este índice aumentó a 10,4.
10. La estimación de la talla media de madurez fue de 48,8 cm LT, con límites de confianza de 95% de 48,6 y 48,9 cm. En términos del grupo de edad, la estimación de la edad media de madurez fue de 3,6 años.
11. En la merluza de cola la fecundidad promedio fue de 638.695 ± 397.407 ovocitos y la fecundidad relativa fue igual a 669 ± 152 ovocitos. La fecundidad media del total de la muestra fue 296.672 ± 144.149 .
12. La captura obtenida en los lances de pesca de identificación estuvo compuesta por 13 especies, de peces.
13. El área de estudio mantiene su condición de estabilidad, respecto de la fauna que da estructura a las comunidades presentes en la zona. Se destaca la presencia continua de merluza del sur y merluza de cola como principales componentes de estas comunidades, seguidas en importancia por: reineta, congrio dorado, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y merluza de tres aletas.
14. La alimentación de merluza de cola se basó principalmente mictófidos y peces mesopelágicos, como los pertenecientes a la Sternoptychidae, mostrando una conducta trófica eurífaga.
15. El análisis de isótopos estables confirma que la merluza de cola es un depredador generalista y que se alimenta en toda la columna de agua.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M., I. Payá, C. Vera, V. Ojeda, I. Céspedes y J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales "peces" zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI-IFOP 91/6). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 83 p. + 60 tablas.
- Aguayo, M., R. Céspedes, L. Arias, I. Payá, E. Figueroa, V. Ojeda, L. Adasme y L. Muñoz. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales "peces" zona sur austral - 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI IFOP 94/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 50 págs.
- Aguayo, M., R. Céspedes, F. Balbontín, R. Bravo, V. Catasti, P. Gálvez, y L. Adasme. 2001. Dinámica reproductiva de merluza del sur y congrio dorado. Informe final proyecto FIP 99-15.
- Balbontín, F. y R. Bravo. 2001. Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza del sur y merluza de cola. En: Informe Final Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2001. Informe Técnico para el Instituto de Fomento Pesquero, 45 págs.
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C: M. 1990/B:21.
- Bradu, D., y Y. Mundlak. 1970. Estimation in lognormal linear models. J. Am. Stat. Assoc. 65(329): 198-211.
- Bray, J.R., y J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27:325-349.
- Brickle, P., A. I. Arkhipkin, V. Laptikhovsky, A. Stocks and A. Taylor. 2009. Resource partitioning by two large planktivorous fishes *Micromesistius australis* and *Macrurus magellanicus* in the Southwest Atlantic. Estuarine, Coastal and Shelf Science 84: 91-48.
- Brown-Peterson, N.J., D. M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B.J. Macewicz, y S.K. Lowerre-Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem science [online serial] 3:52-70.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 págs.



- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Inc., London, 229 págs.
- Cohen, D. M., T. Inada, T. Iwamoto y N. Scialabba. 1990. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated g illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO species catalogue. Vol. 10. FAO Fish. Synop. No. 125, v. 10: i-x + 1-442.
- Córdova, J., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, P. Rojas, A. Saavedra. M. Barbieri, y J. Saavedra. 2006. Evaluación del Stock desovante de merluza del sur y merluza de cola. Zona Sur Austral, 2005. Informe proyecto FIP 2005-04. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Cressie, N. A. C. 1985. Fitting variograma models by weighthted least squares. Mathematical Geology 17 (5), 563 – 586.
- Cressie, N. A. C. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons, New York. 900pp.
- Cressie, N. A. C. y D. M Hawkins. 1980. Robust estimation of the variogram, I. J. Int. Assoc. Math. Geol. 12:115 - 125.
- Chong, J. 2000. Ciclo de maduración ovárica, fecundidad y talla de madurez en *Macruronus magellanicus* (Lonnberg, 1907) de la zona sur de Chile. Biol. Pesquera 28: 3-13.
- Cubillos, L.A., C. Alarcón, C. Castillo-Jordán, G. Claramunt, C. Oyarzún y S. Gacitúa. 2011. Spatial and temporal changes in batch fecundity of common sardine and anchovy off central and southern Chile (2002–2007). Ciencias Marinas 37(4B): 547–564.
- Cubillos, L., A. Hernández, L. Vilugrón, L. Miranda, R. Alarcón, C. Pino, A. Sepúlveda, G. Vásquez. 1998. Estudio biológico-pesquero de merluza de cola en el área de distribución de la pesquería pelágica centro-sur. Informe final Proyecto FIP 96-19. 176 pp.
- Cushing, D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge University Press, Londres, 278 pp.
- De Robertis, A., y K. Williams. 2008. Weight-length relationships in fisheries studies: the standard allometric model should be applied with caution. Trans. Am. Fish. Soc. 137:707-719.
- Dunford, A. 2005. Correcting echo-integration data for transducer motion (L), J Acoust. Soc. Am. 118 (4) 2121-2123
- Ernst, B., G. Aedo, R. Roa, L. Cubillos, P. Rubilar, A. Zuleta, L. Castro y M. Landaeta. 2006. Evaluación del reclutamiento de merluza de cola entre la V y X regiones: Revisión metodológica". Informe final FIP 2004-12. <http://FIP.cl/proyectos.html>.



- Fernandes, P. G. y J. Rivoirard. 1999. A geoestatistical analysis of the spatial distribution and abundance of cod, haddock and whiting in North Scotland. In: *geoENV II- Geostatistics for Environmental applications* (eds. J. Gomez-Hernandez, A. Soares y R. Froidevaux), pp- 201 – 212. Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
- Freon, P, F. Gerlotto, O. A. Missund. 1996. Consequences of fish behaviour for stock assesment. ICES. Mar. Sci. Symp. 178-183.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tathan, R. L. y W. C. Black (1999). *Análisis Multivariante*. Madrid. Prentice Hall. (5º edición).
- Hayes, D. B., J. K. T. Brodziak, y J. B. O'Gorman. 1995. Efficiency and bias of estimators and sampling designs for determining length-weight relationships of fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 84-92.
- Hunter, J.R., N.H. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (Ed) *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, Engraulis mordax*. NOAA Technical Report, NMFS 36: 67-77.
- Hussey, N. E., MacNeil, M. A. y Fisk, A. T. 2010. The requirement for accurate diet-tissue discrimination factors for interpreting stable isotopes in sharks. *Hydrobiologia*, 654(1), 1-5.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- Isaaks, E. H. y R. M. Srivastava. 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York, 560pp.
- Journel, A. G y Huijbregts. 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Press, New York. 600pp.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age - length key. *J. Fish. Res. Board of Can.* 34: 317 - 324.
- Kalikhman, I. 2002. Patchy distribution fields: sampling distance unit and reconstruction adequacy. *ICES Journal of Mar. Science*, 58: 1184-1194.
- Lillo, S., J. Córdova y A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES. J. of Mar. Sci.* 53(2): 267-271.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, M. Aguayo, L. Adasme y A. Saavedra. 2001. Evaluación acústica del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores. Informe proyecto FIP 2000-14. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., M. A. Barbieri, M. Espejo, J. Castillo, H. Miranda, J. Córdova, A. Saavedra, M. Rojas, C. Cancino, F. Flores, H. Reyes. 2005. Estimaciones in situ de la fuerza de blanco (TS) de



merluza del sur y merluza de cola. Informe IFOP/FIP 2003-34
<http://www.fip.cl/proyectos.html>

- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Adasme, F. Balbontín, M. Rojas y A. Saavedra. 2008. Evaluación del stock desovante de merluza de cola en aguas exteriores, año 2007. Informe FIP 2007-13. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, E. Molina, R. Meléndez y A. Saavedra. 2012. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, año 2011. Pesca de Investigación SubPesca-IFOP. Informe FIP 2011-04 <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, R. Meléndez, A. Saavedra. 2013. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, aguas exteriores, año 2012. Informe final. FIP 2012-07.
- Livingston, M E, M. Vignaux y KA Schofield. 1997. Estimating the annual proportion of nonspawning adults in New Zealand hoki, *Macruronus novaezelandiae*. U. S. Fish. Bull. 95: 99-113.
- Logan, JM; TD Jardine; TJ. Miller; SE. Bunn; RA. Cunjak y ME. Lutcavage. 2008. Lipid corrections in carbono and nitrogen stable isotope analyses: Comparison of chemical extraction and modelling methods. J. Anim. Ecol., 77:838-846.
- McCullagh, P. y J. A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall, 511 págs.
- Matheron, G. 1971. The theory of regionalized variables and its applications. Technical reports C-5, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre de Geoestatistique et de Morphologie Mathématique, Fontaine bleam (F). 211 p.
- Medina, M. y L. Herrera. 2012. Determinación de la composición trófica de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, entre septiembre y diciembre de 2011. Informe técnico 41 págs.
- Meléndez, R., Klarian, S. y Armijo, S. 2008. Analisis de los contenidos estomacales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) provenientes de aguas exteriores de la XI Región de Chile (2008). Informe final presentado al Instituto de Fomento Pesquero.
- Meléndez, R. Lopez, S y F Burgos. 2009. Análisis de los contenidos estomacales de la merluza del sur (*Merluccius australis* (Hutton)) y de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) provenientes de aguas exteriores de la XI Región de Chile (Agosto 2010). Informe final presentado al Instituto de Fomento Pesquero.



- Mitson, R.B. (Ed.), 1995. Underwater Noise of Research Vessels: Review and Recommendations. ICES Coop. Res. Rep. No. 209, 61.
- Morse, W.W. 1980. Spawning and fecundity of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* in the Middle Atlantic Bight. Fishery Bulletin 78 (1): 103-108.
- Myers, R.A. y N.G. Cadigan. 1995. Was an increase in natural mortality responsible for the collapse of northern cod? Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 52, 1274-1285.
- Neira S., Arancibia H., Alarcón R., Castro L., Cubillos L., Lillo S, Barros M. 2015. Informe Final 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, 241 pp.
- Niklitschek, E. J., D. Secor, P. Toledo, X. Valenzuela, L. Cubillos y A. Zuleta. 2014. Nursery systems for Patagonian grenadier off Western Patagonia: large inner sea or narrow continental shelf? – ICES Journal of Marine Science 71: 374–390.
- Ojeda, V., L. Muñoz, K. Hunt, L. Miranda. R. Bravo, L. Cid; H. Hidalgo y M. Miranda, 2008. Estructuras de edad en las capturas de los recursos pesqueros: Merluza del sur, Congrio dorado, Merluza de cola, Merluza de tres aletas, Bacalao de profundidad. En: Informe Final Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Investigación Situación Pesquería Demersal Sur - Austral, 2007.
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de Aguas Chilenas. Ediciones Universitarias, Valparaíso, 151 p.
- Parnell A y Jackson A. 2011. Siar. Stable Isotope Analysis in R. R package version 4.1.1. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=siar>.
- Parnell A, Inger R, Bearhop S y Jackson A. 2012. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. PLoS ONE 5: e9672
- Payá, y Canales 2013. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2014. Proyecto 2.2: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en merluza de cola, 2014. Informe Final. Convenio II. Subsecretaría de Economía.
- Picquelle, S. y G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of Northern anchovy biomass assessment. NOAA. Tech. Rep. NMFS 36.
- Pienaar L. y W. Ricker, 1968. Estimating mean weight from length statistic. J. Fish. Res. Board of Can. 25: 2743 - 2747.



- Pinkas, L. M. Olphant y I. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Calif. Dep. Fish and game. Fish Bull., 152: 105 p.
- Queirolo D., V. Zamora, C. Hurtado, I. Montenegro, T. Melo, J. Merino, E. Gaete, y R. Escobar. 2008. Caracterización de agregaciones de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona centro-sur de Chile. LAJAR, 36 (2), 259-269.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rencher, A. 1995. Methods of multivariate analysis. New York. Wiley. 627 p.
- Retamal, M. 2000. Catálogo multimedia de los crustáceos decápodos de Chile. World Biodiversity Data Base ETI series.
- Ricker W., 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., N° 119.
- Rideout, RM, MPM Burton y GA Rose. 2000. Observations on mass atresia and skipped spawning in northern Atlantic cod, from Smith Sound, Newfoundland. Journal of Fish Biology 57: 1429–1440.
- Rivoirard, J. Simmonds, K. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance. Ed. Blackwell. 345 Págs.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fishery Bulletin 97: 570–580.
- Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G. y Franz, E. H. 1992. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs 62: 277-314.
- Robotham, H. y J. Castillo. 1990. The bootstrap method; an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustics techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. Int. Explor. Mer, 189:421-424.
- Saavedra, A., C. Lang, A. Barraza, J. Saavedra, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, R. Vargas, R. Meléndez. 2014. Evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, año 2013. Informe Final. FIP 2013-13 Capítulo III– Merluza de tres aletas. IFOP.
- Sánchez, F., L. B. Prenski. 1996. Ecología trófica de peces demersales en el Golfo de San Jorge. Rev. Invest. Des. Pesq., 10: 57-71.



- Scalabrin, C., y J. Masse. 1993. Acoustic detection of spatial and tempopral distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. *Aquat. Living Resour.* 6:269-283.
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especies pelagiques à partir d'atributs discriminants des bancs de poissons monospecifiques. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer.
- Schuchert, P.C., A.I. Arkhipkin y A.E. Koenig. 2010. *Traveling around Cape Horn: Otolith chemistry reveals a mixed stock of Patagonian hoki with separate Atlantic and Pacific spawning grounds.* *Fisheries Research* 102:80-86.
- Secor, D.H. 1999. Specifying divergent migration patterns in the concept of stock: The Contingent Hypothesis. *Fish. Res.* 43: 13-34.
- Simmonds, J., y D. MacLennan. 2005. *Fisheries acoustic.* Chapman y Hall, 548 págs.
- SIMRAD. 2003. Simrad EK60. Scientific Echo Sounder. Instruction Manual, 165 pp SIMRAD. 2003. Simrad EK60. Scientific Echo Sounder. Instruction Manual, 165 pp.
- Takeda M. 1986. Crustacea Decapoda. In: Nakamura I (ed.). Important fishes trawled off Patagonia, pp. 318-343. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo
- Vivanco, M. 1999. *Análisis estadístico multivariable.* Editorial Universitaria, Chile. 233 p.
- Welch, D. and R. P. Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:333-343.
- Wisner, R. 1976. The taxonomy and distribution of Lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. *NORDA Report* 3: i-vii + 1-220.
- Wolter, K. M. 1985. *Introduction to Variance Estimation XII*, 428 page, 1985.
- Wollez, M., Poulard, J.-C., Rivoirard, J., Petitgas, P. y 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 Journal of Marine Science*, 64: 537–550.
- Young, Z., J. Chong, H. Robotham, P. Gálvez y H. González. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur-austral. 1998. Informe Final proyecto FIP 96-37. IFOP.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical analysis.* 3rd edn. Prentice hall, Princeton, NJ, USA, 663 pp.

FIGURAS

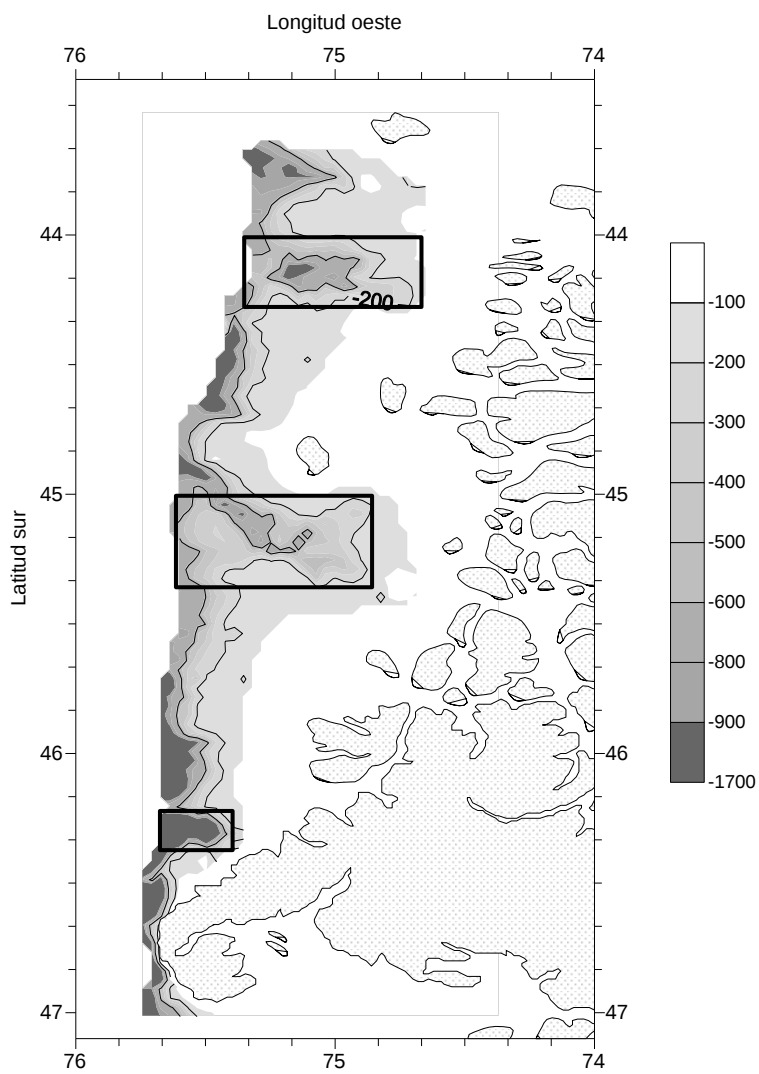


Figura 1. rea de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.



Figura 2. Buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos”.

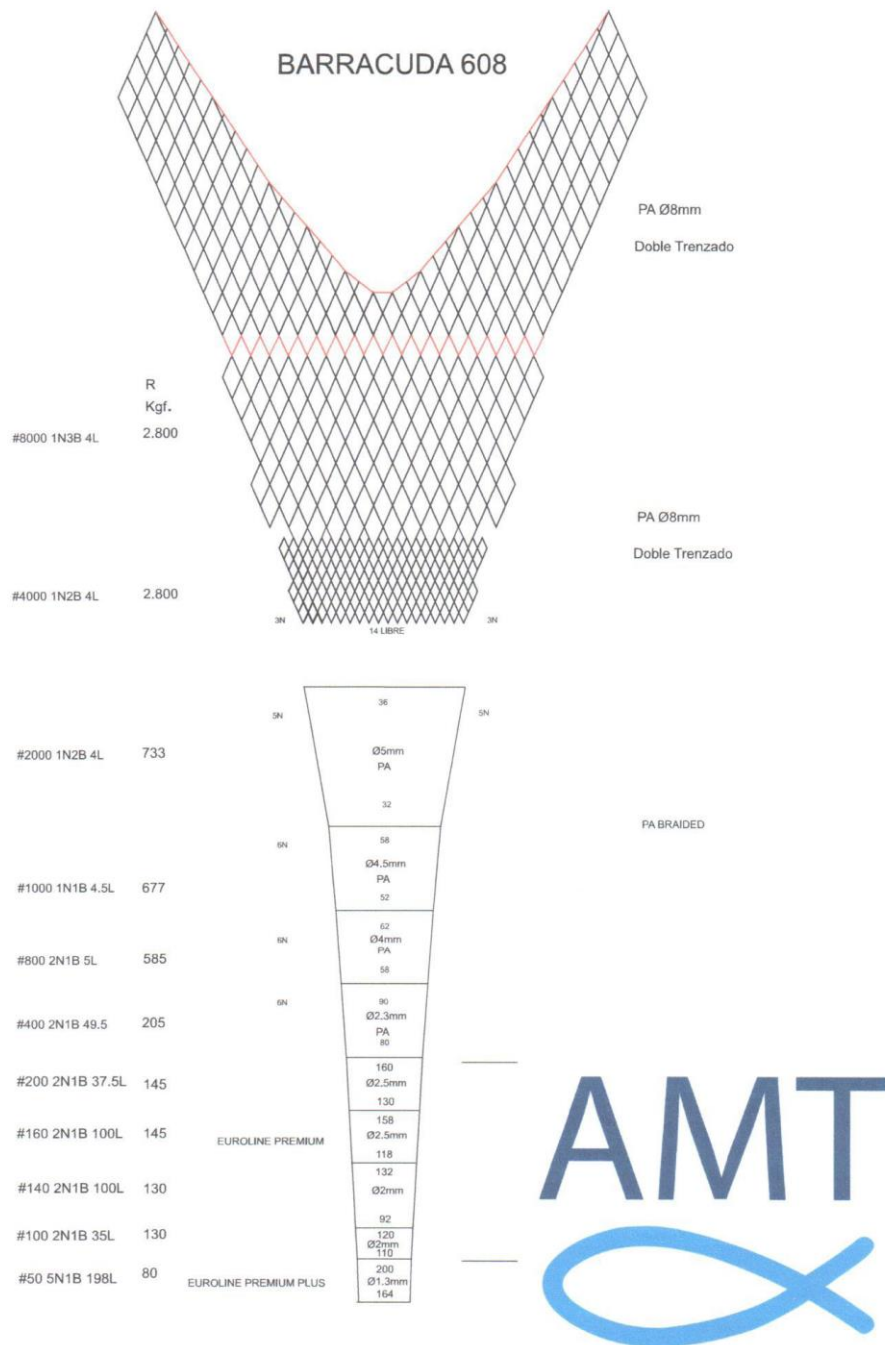


Figura 3. Plano de la red modelo Barracuda 608 utilizada en el estudio.

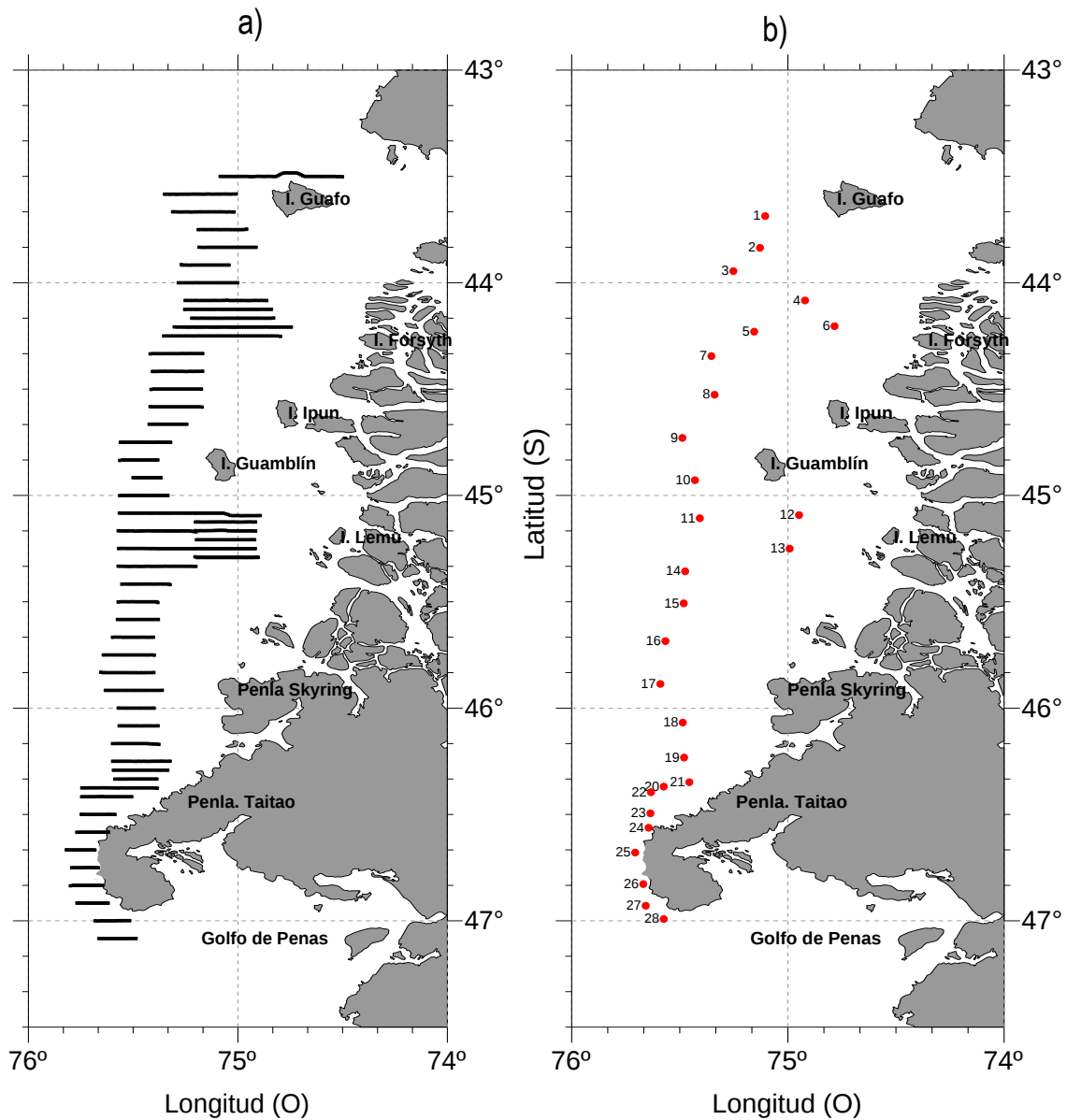


Figura 4. Localización de: a) transectas de muestreo acústico y b) lances de pesca de identificación.

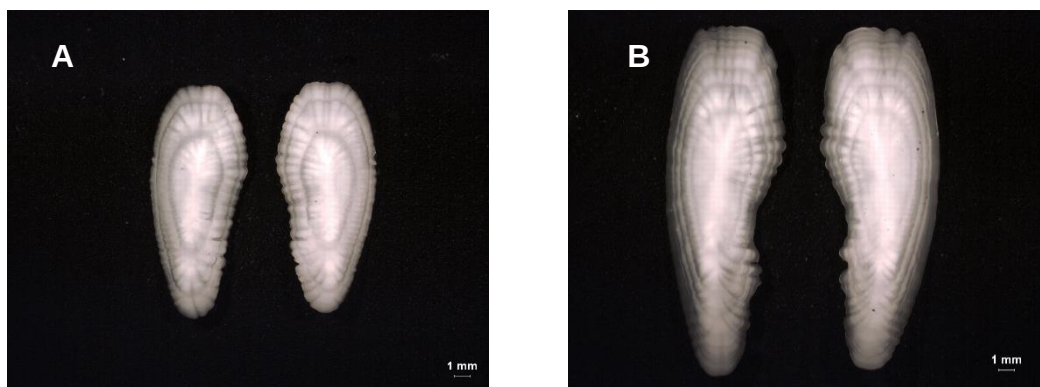


Figura 5. Otolitos enteros de merluza de cola, par *sagitta*, vistos desde su cara externa. Estructuras pertenecientes a peces de 45 cm (A) y 75 cm (B).

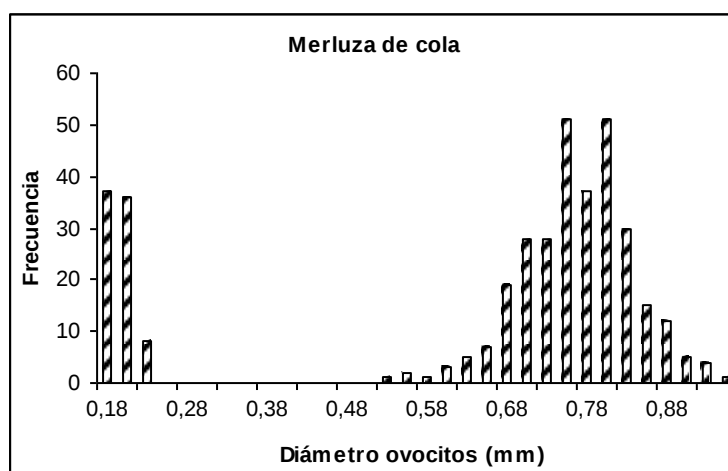


Figura 6. Frecuencia de tamaños de los ovocitos presentes en un ovario de merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, utilizado en estimaciones anteriores de fecundidad. La moda más avanzada corresponde a los ovocitos que serán desovados en la temporada de puesta.

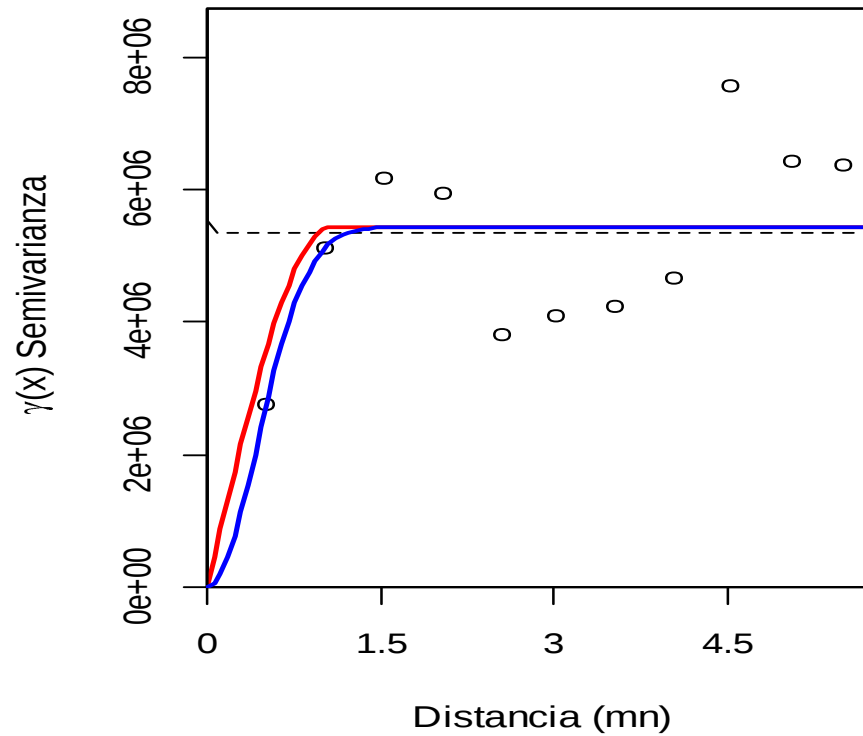


Figura 7. Semivariogramas estimado para merluza de cola. Dirección omnidireccional. Zona total de estudio.

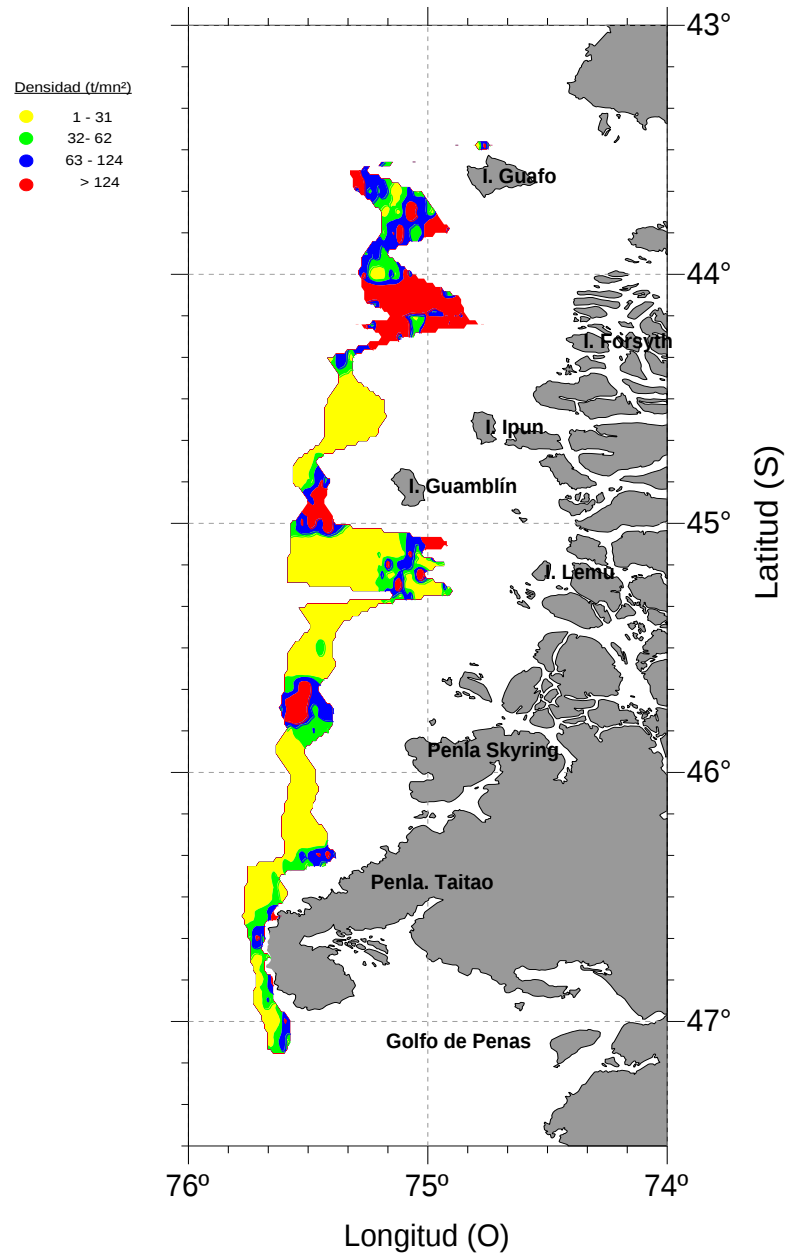
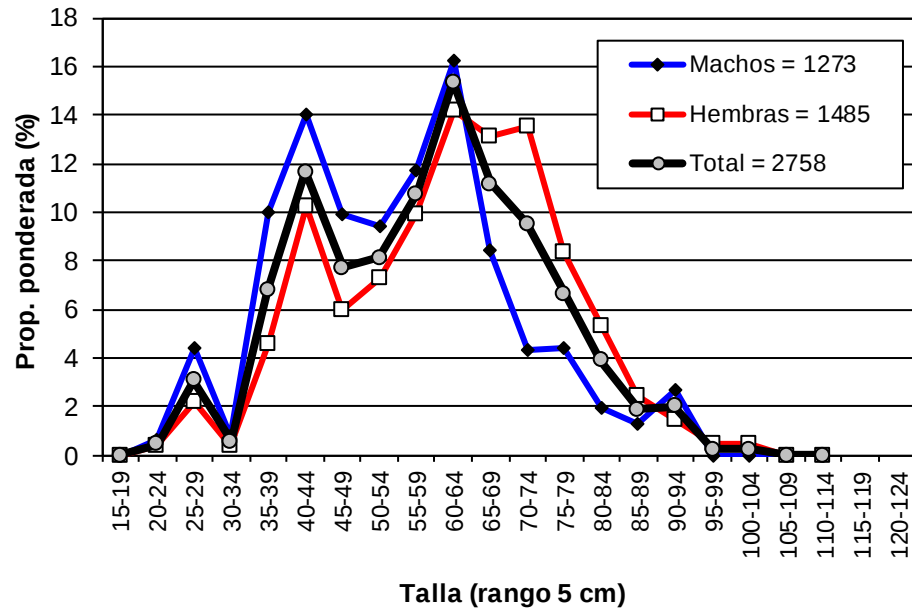
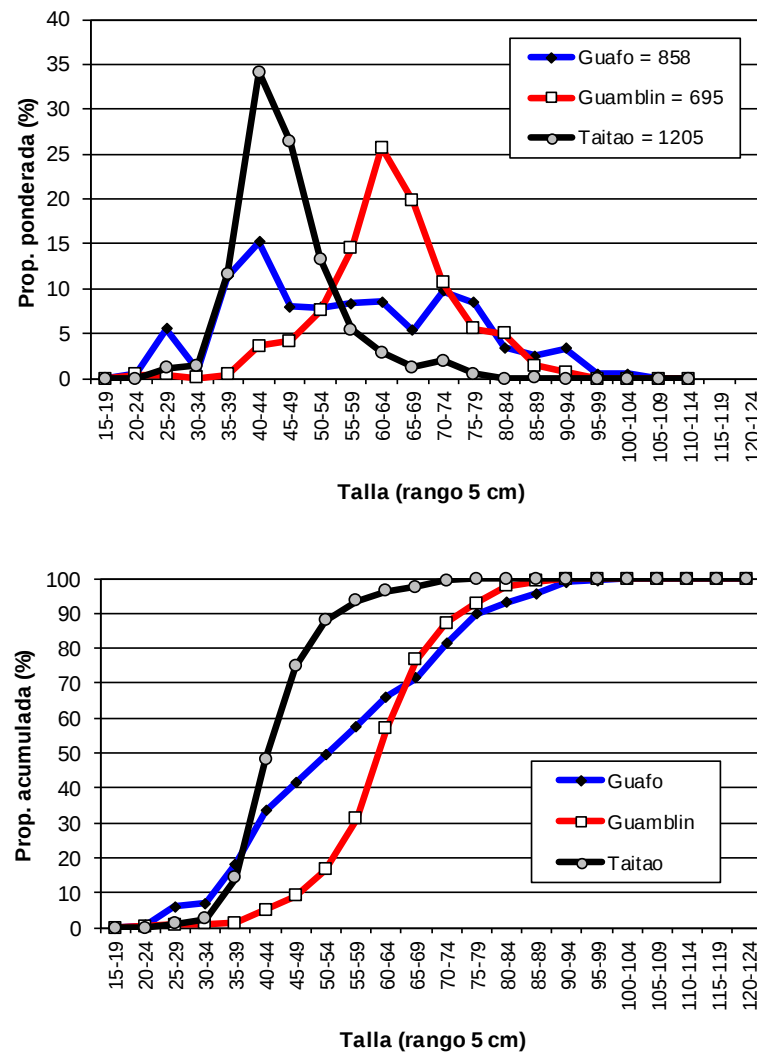


Figura 8. Distribución espacial de la biomasa de merluza de cola. Agosto 2016. La escala de colores corresponde a toneladas por milla náutica cuadrada.



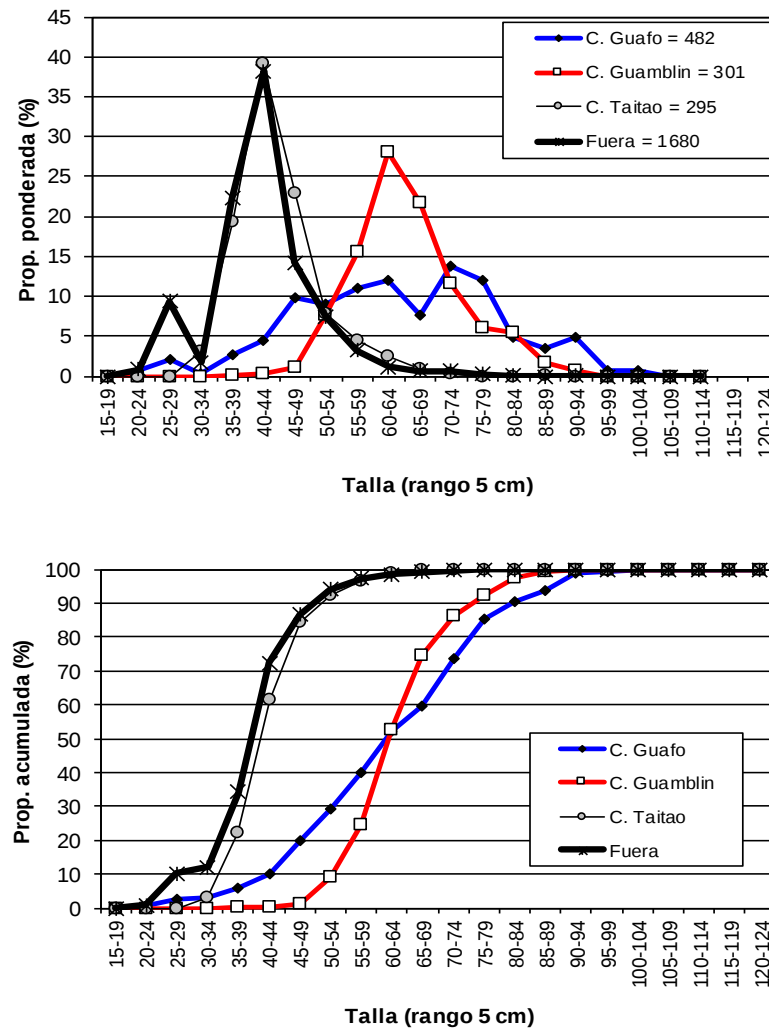
Indicador	Macho	Hembra	Total
n	1273	1485	2758
Mín. (cm)	21	20	20
Máx. (cm)	92	100	100
Prom. (cm)	54,6	61,3	58,5
D. est. (cm)	3,7	3,8	2,8
% < 55 cm	49,1	30,9	38,3
Pr. Sex. (%)	49	51	100

Figura 9. Distribución de talla de merluza de cola por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).



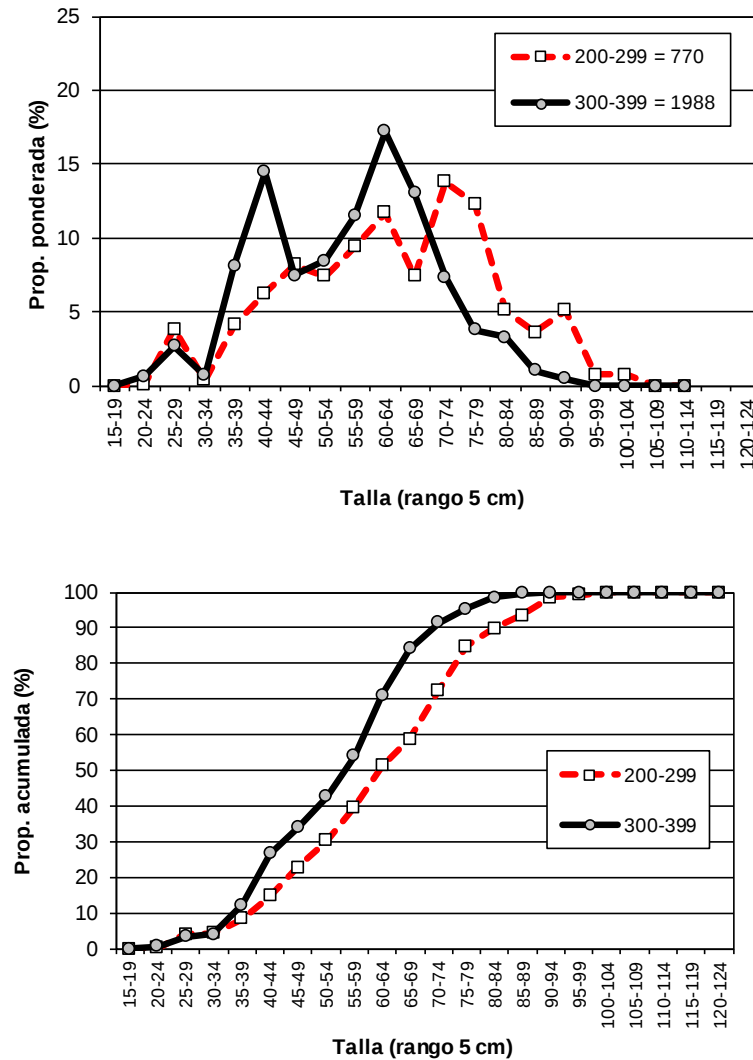
Indicador	Guafo	Guamblin	Taitao
n	858	695	1205
Mín. (cm)	20	21	26
Máx. (cm)	100	94	88
Prom. (cm)	56,3	63,3	46,2
D. est. (cm)	3,4	4,5	1,7
% < 55 cm	49,3	16,6	88,0
Macho (%)	50	33	41
Hembra (%)	50	67	59

Figura 10. Distribución de talla de merluza de cola por área. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto, 2016).



Indicador	C. Guafo	C. Guamblin	C. Taitao	Fuera
n	482	301	295	1680
Mín. (cm)	20	36	33	21
Máx. (cm)	100	94	88	94
Prom. (cm)	63,5	65,2	44,2	41,8
D. est. (cm)	4,4	4,2	2,5	1,6
% < 55 cm	29,0	9,1	92,1	94,0
Macho (%)	51	30	41	48
Hembra (%)	49	70	59	52

Figura 11. Distribución de talla de merluza de cola por cañón y fuera de los cañones. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).



Indicador	Profundidad (m)		
	200-299	300-399	400-499
n	1217	1588	265
Prom. (cm)	61,3	52,4	74,8
D. est. (cm)	2,7	2,1	3,7
% < 70 cm	37,6	70,0	12,3
Macho (%)	51,2	48,4	46,0
Hembra (%)	48,8	51,6	54,0

Figura 12. Distribución de talla de merluza de cola por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).

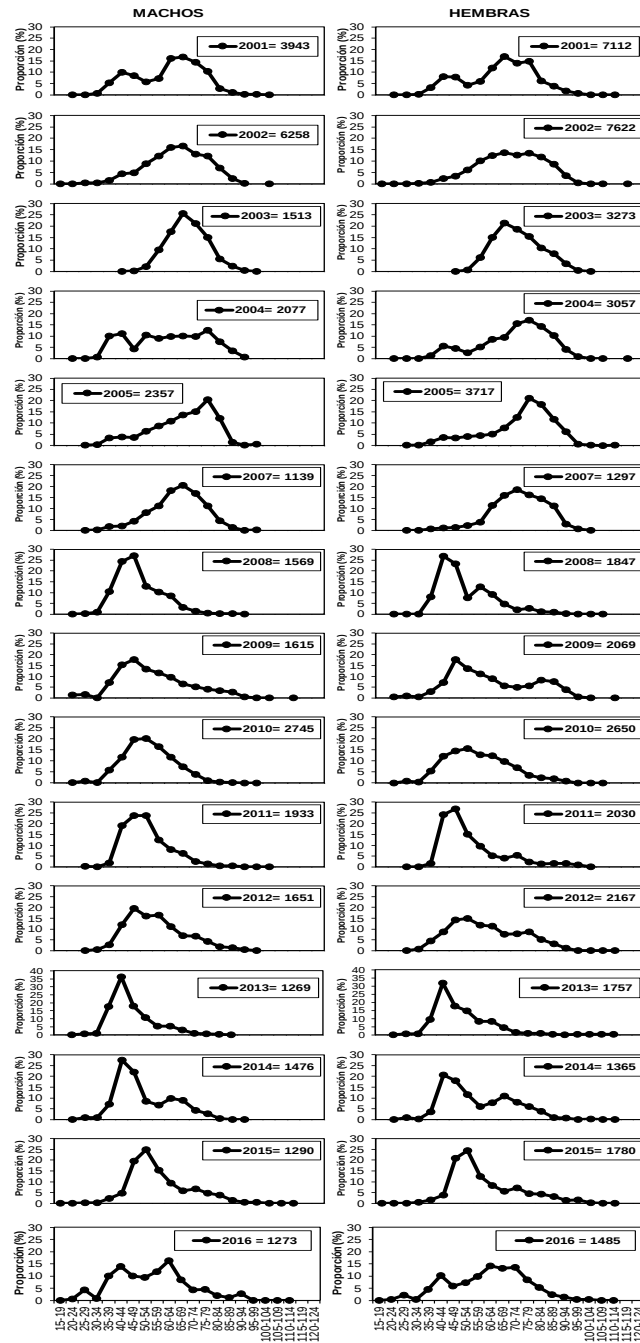


Figura 13a. Distribución relativa de la talla de merluza de cola por sexo para los cruceros hidroacústicos 2001-2016.

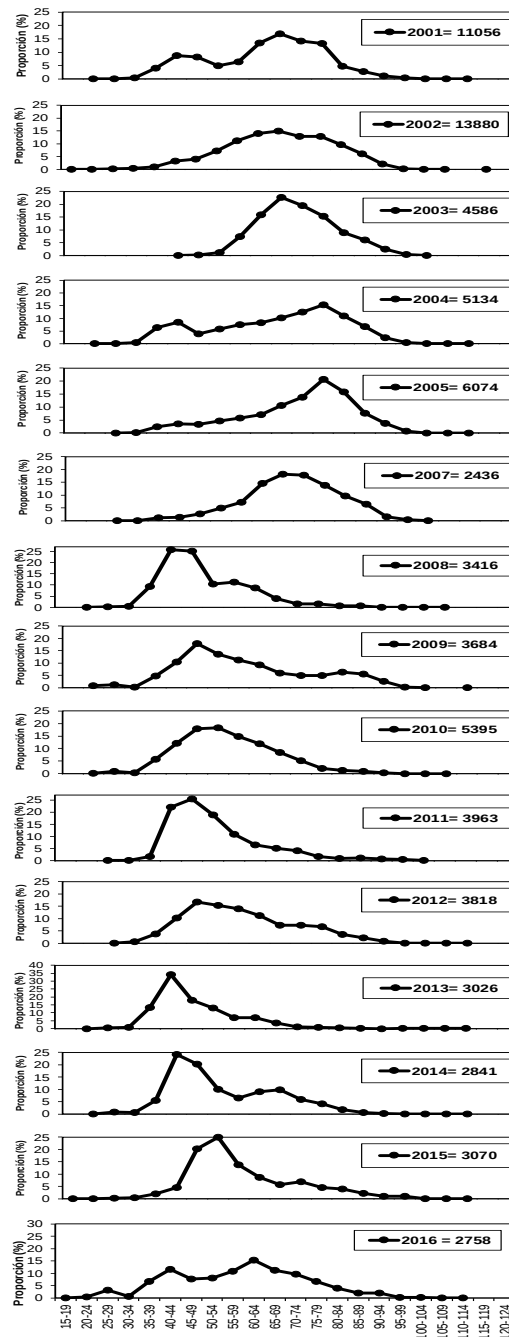


Figura 13b. Distribución relativa de la talla de merluza de cola (ambos sexos) para los cruceros hidroacústicos 2001-2016

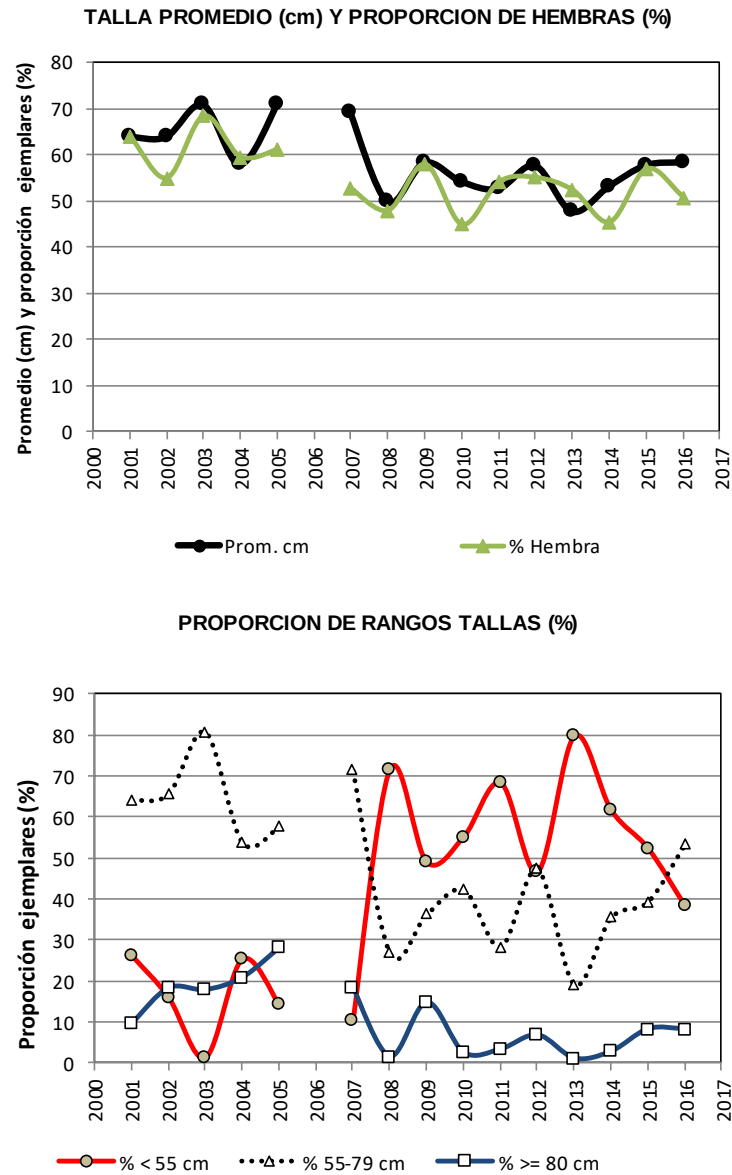


Figura 14. Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza de cola para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2016.

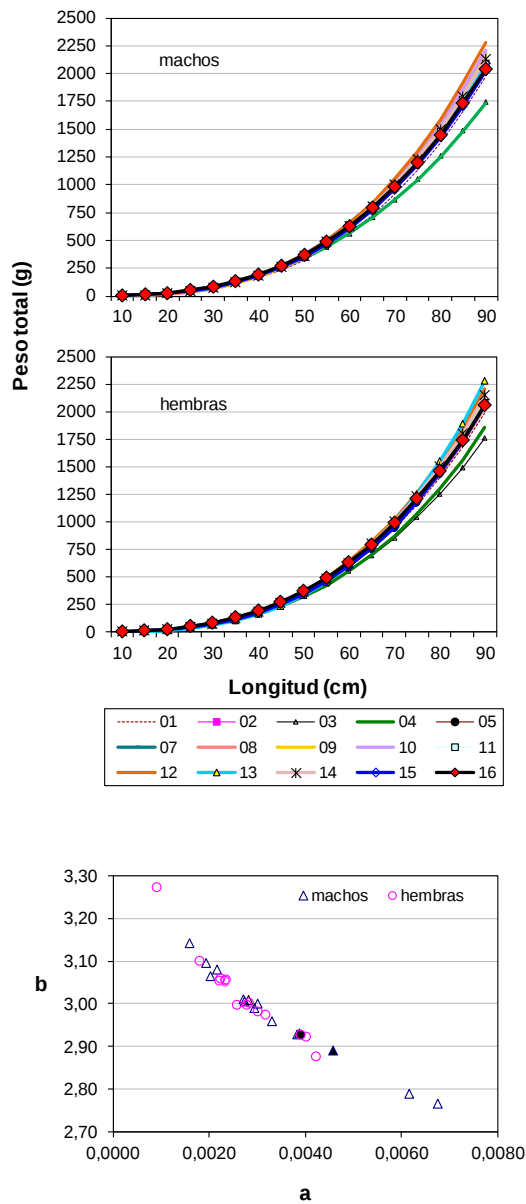


Figura 15. Comparación de las funciones peso- longitud estimadas para merluza de cola por sexo y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación en el período 2001 – 2016 (b).

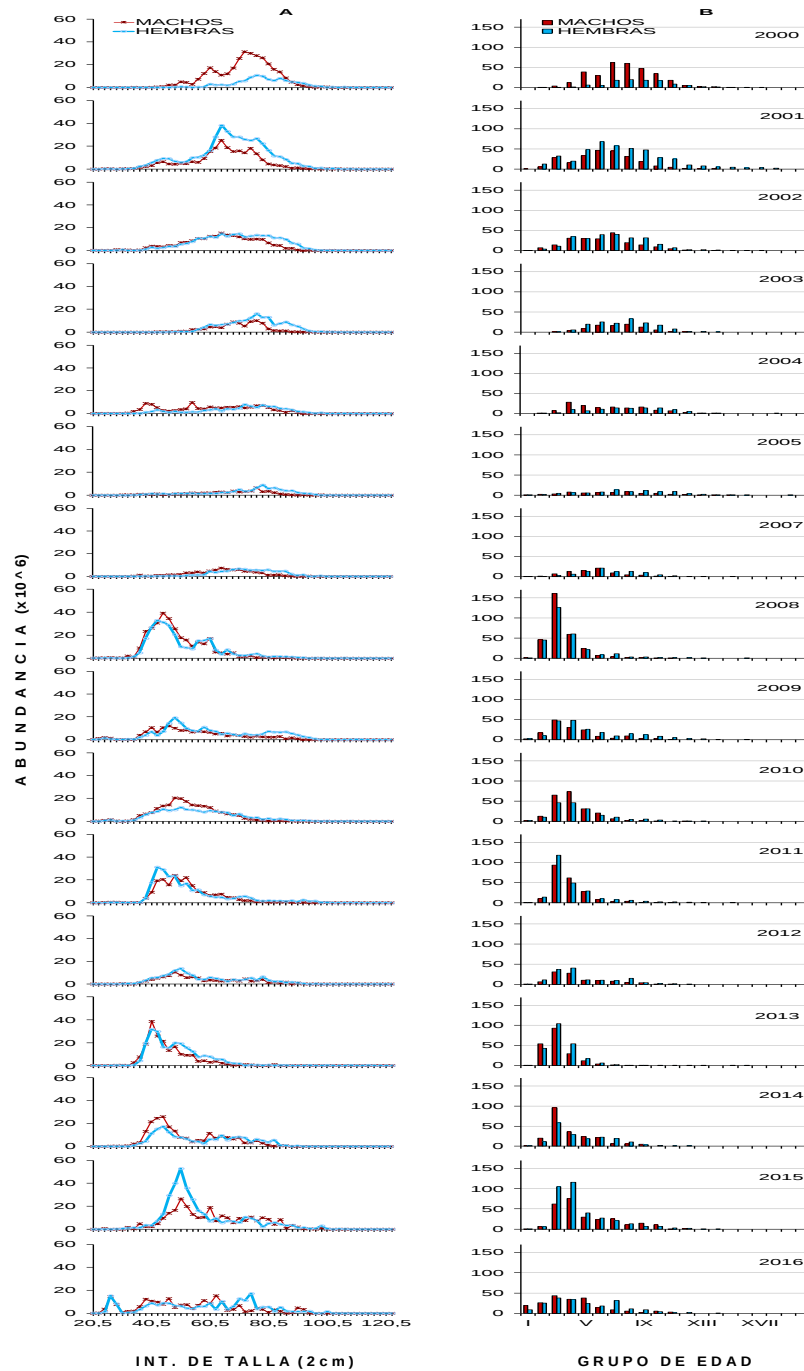


Figura 16. Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza de cola, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el período 2000 - 2016.

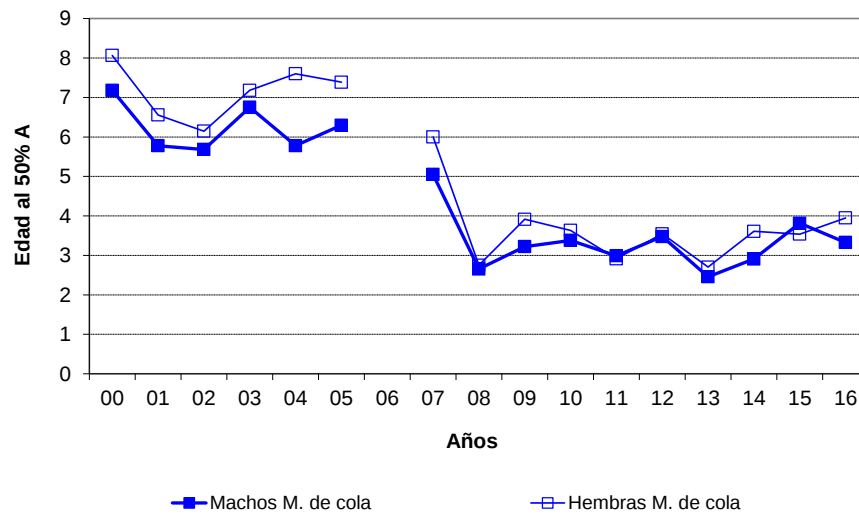


Figura 17. Edad media de merluza de cola en cruceros de prospecci3n. 2000-2016.

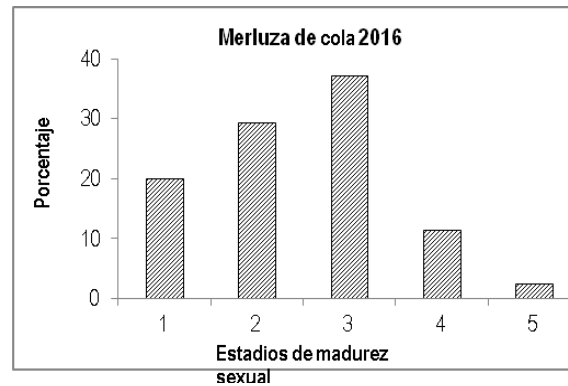


Figura 18. Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* en agosto de 2016.

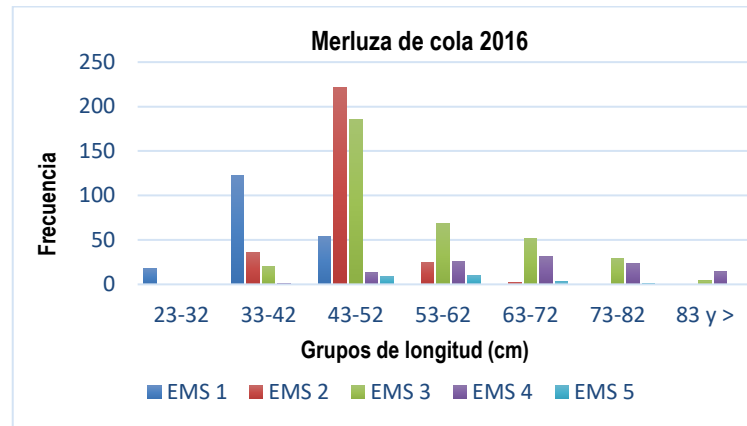


Figura 19. Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2016.

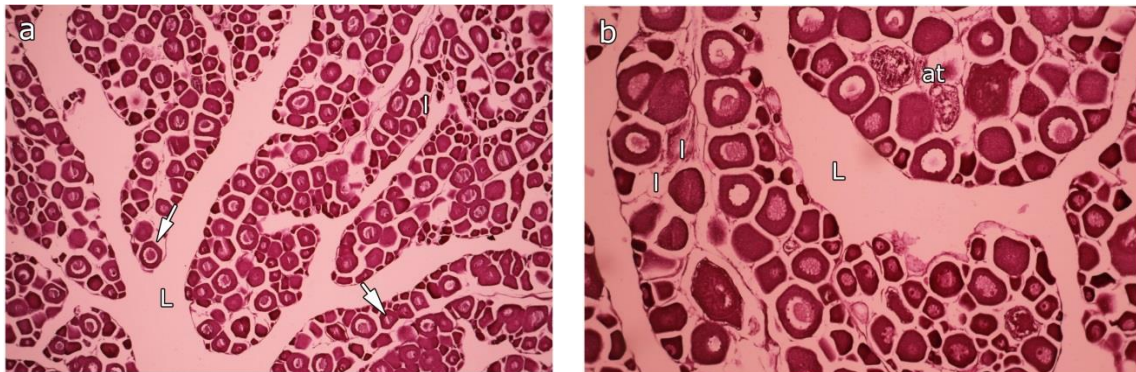


Figura 20. Ovarios de merluza de cola en estadios iniciales desarrollo. a) Mc N° 2500. Estadio inmaduro, aumento 5x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); lamela (l); lumen (L). b) Mc N° 2754. Estadio Inmaduro con atresia ovocitaria, aumento 10x. Atresia ovocitaria (at); lamela (l); lumen (L).

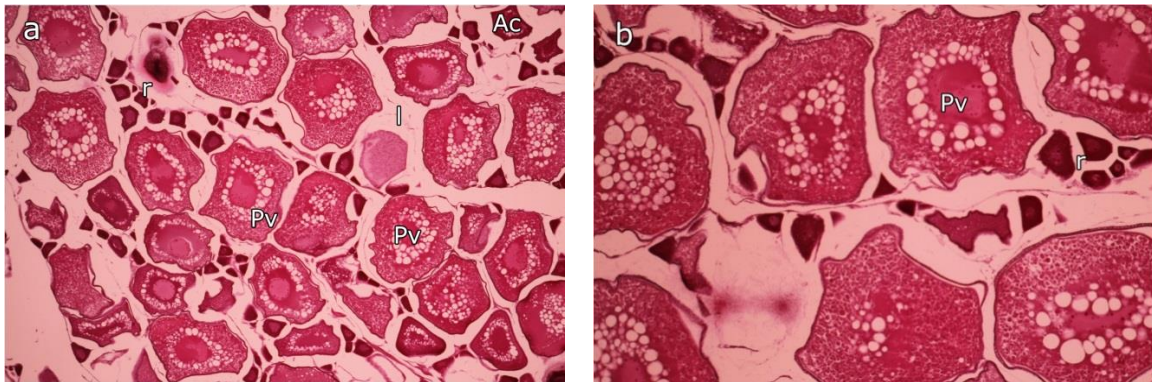


Figura 21. Ovario de merluza de cola en estadio de desarrollo correspondiente a vitelado parcial. a) Mc N° 4054. Aumento 5x. b) Mc N° 4054. Aumento 10x. Ovocito en crecimiento secundario (Pv); ovocito reserva (r); ovocito alveolo cortical (ac); ovocito en crecimiento secundario (Pv); ovocito de reserva (r).

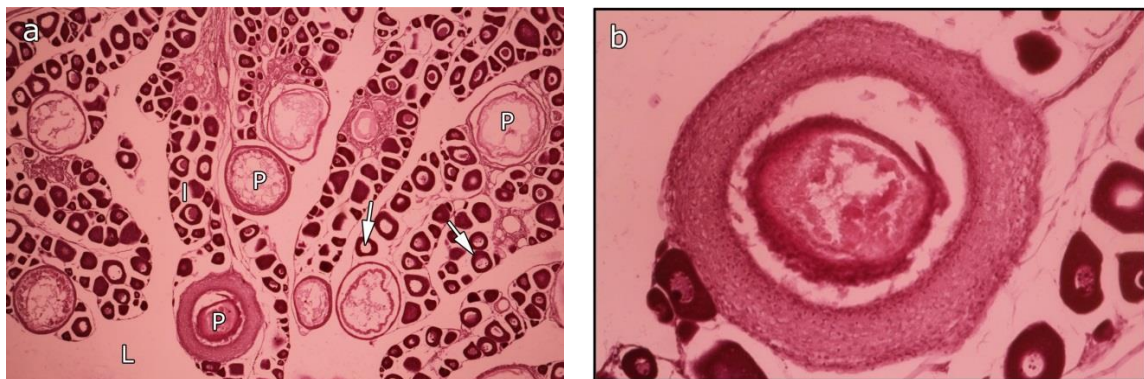


Figura 22. Ovario de merluza de cola con parásitos. a) Mc N° 2784. Estadio inmaduro parasitado. Aumento 5x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); parásito (P); lamela (I) lumen (L). b) aumento 20x.

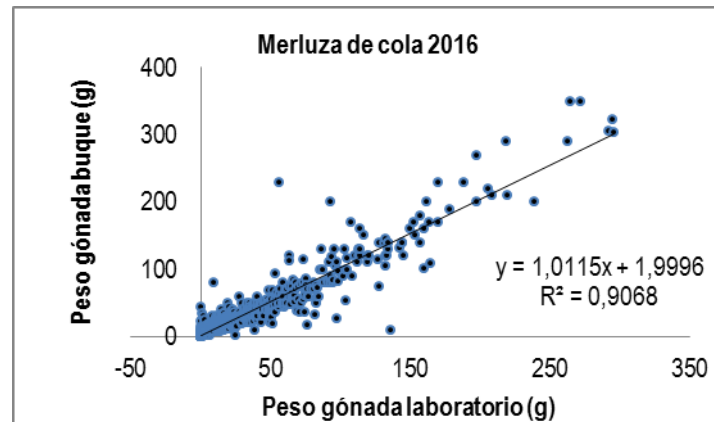


Figura 23. Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza de cola *Macruronus magellanicus*.

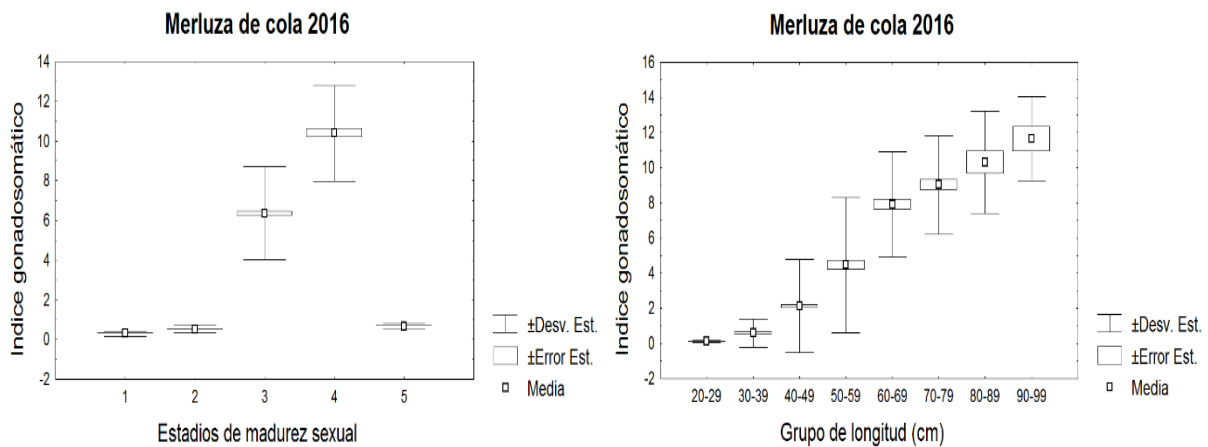


Figura 24. Valor promedio del índice gonadosomático (IGS) $\pm$ la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y grupos arbitrarios de longitud total de merluza de cola. Agosto 2016.

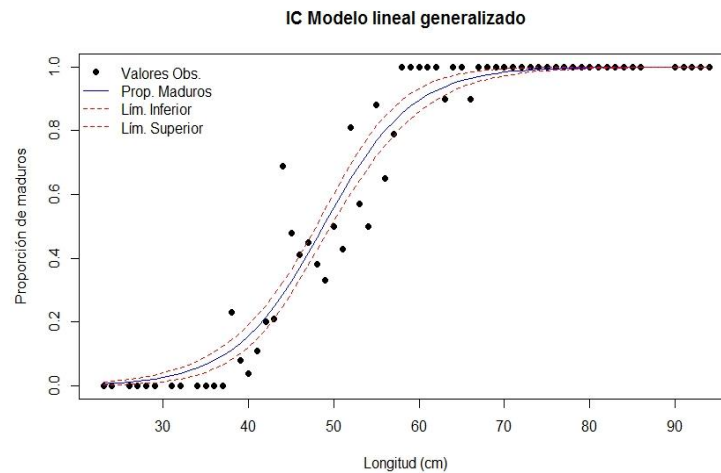


Figura 25. Ojiva de madurez sexual de la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016, con límites de confianza del 95%.

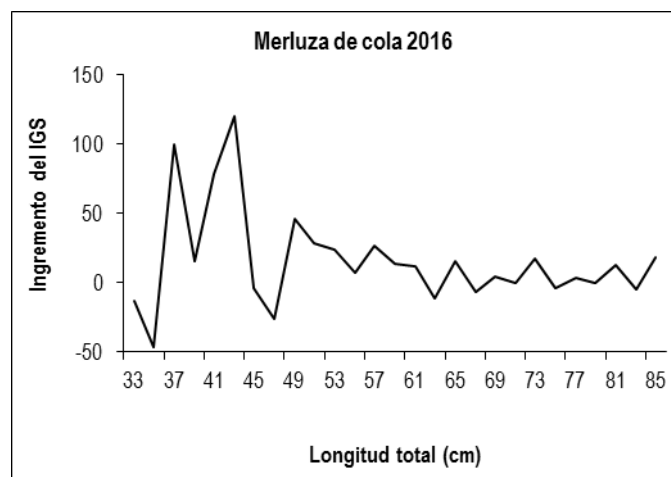


Figura 26. Incremento relativo del índice gonadosomático (IR.IGS) en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016.

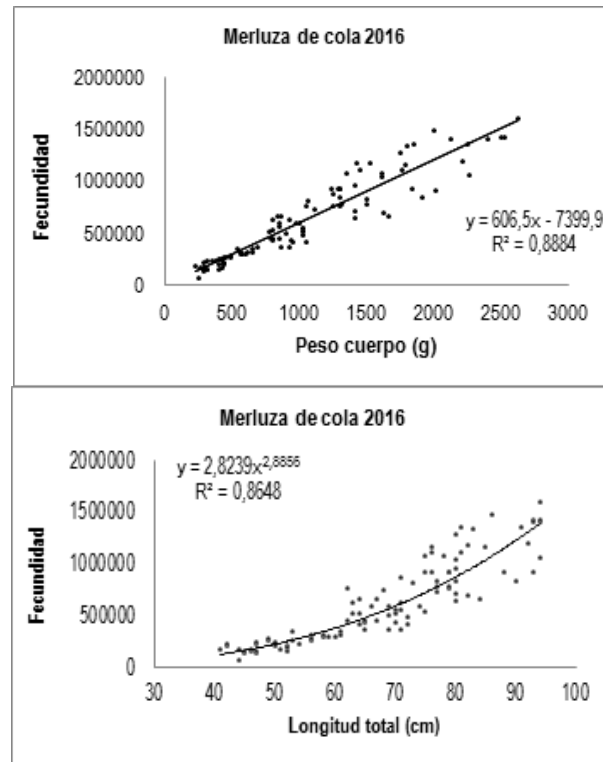


Figura 27. Relación entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la gónada y b) la longitud total. Merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016.

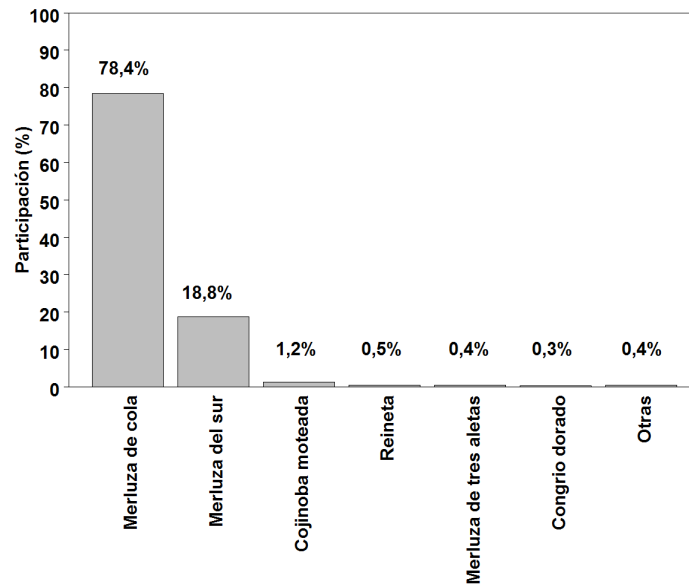


Figura 28. Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estándar crucero. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016

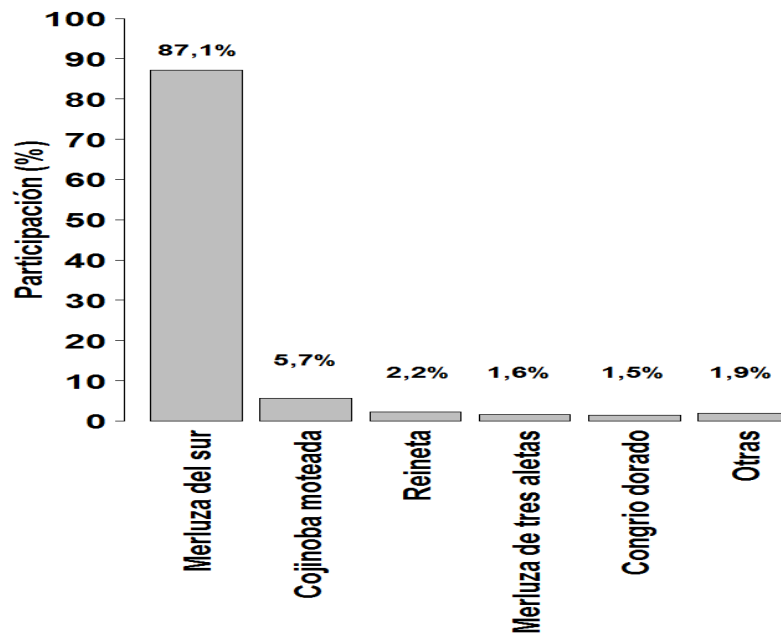


Figura 29. Participaci3n de la fauna acompa1aada asociada a merluza de cola. Evaluaci3n directa de merluza del sur y merluza de cola, a1o 2016.

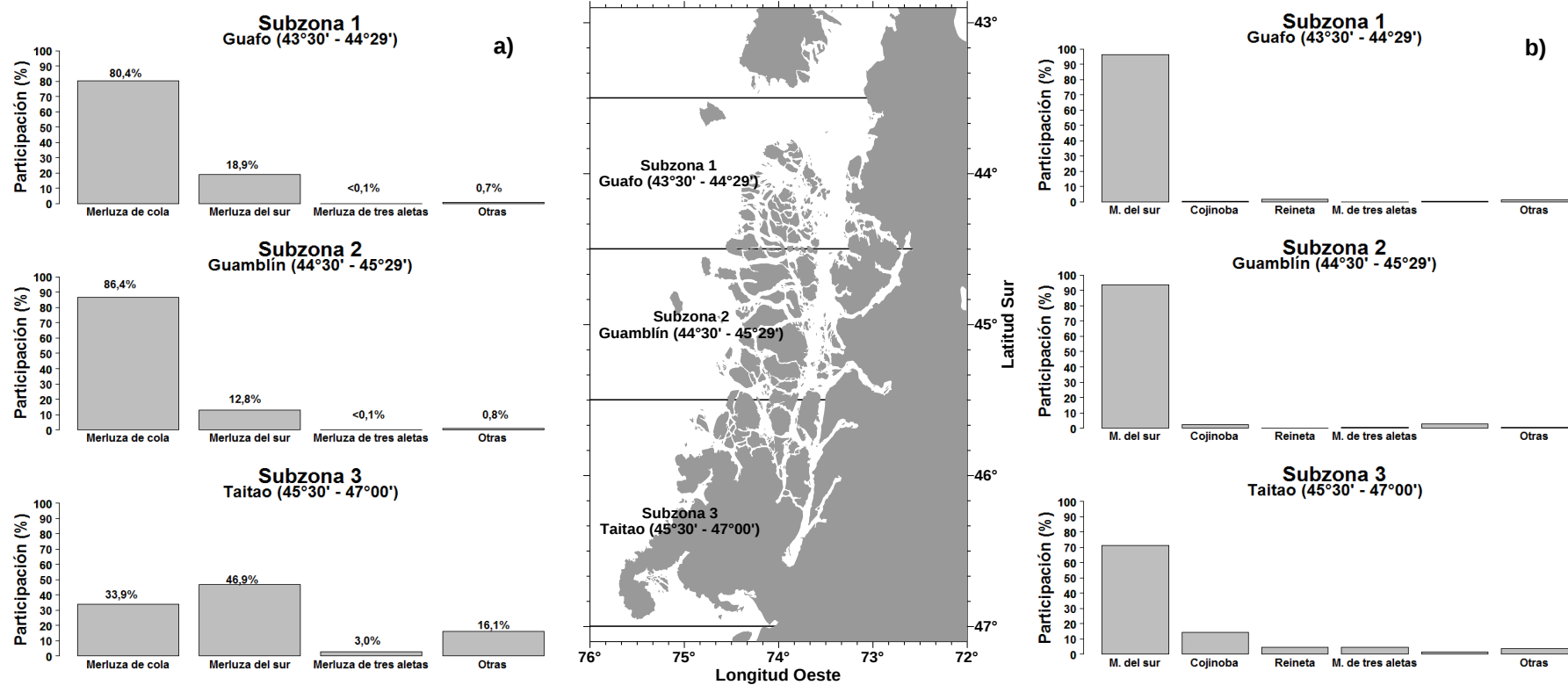


Figura 30. Participación (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: **a)** merluza del de cola, merluza del sur, merluza de tres aletas y otras especies; **b)** fauna acompañante de merluza del sur. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016 (Sección 2 merluza de cola, año 2016).

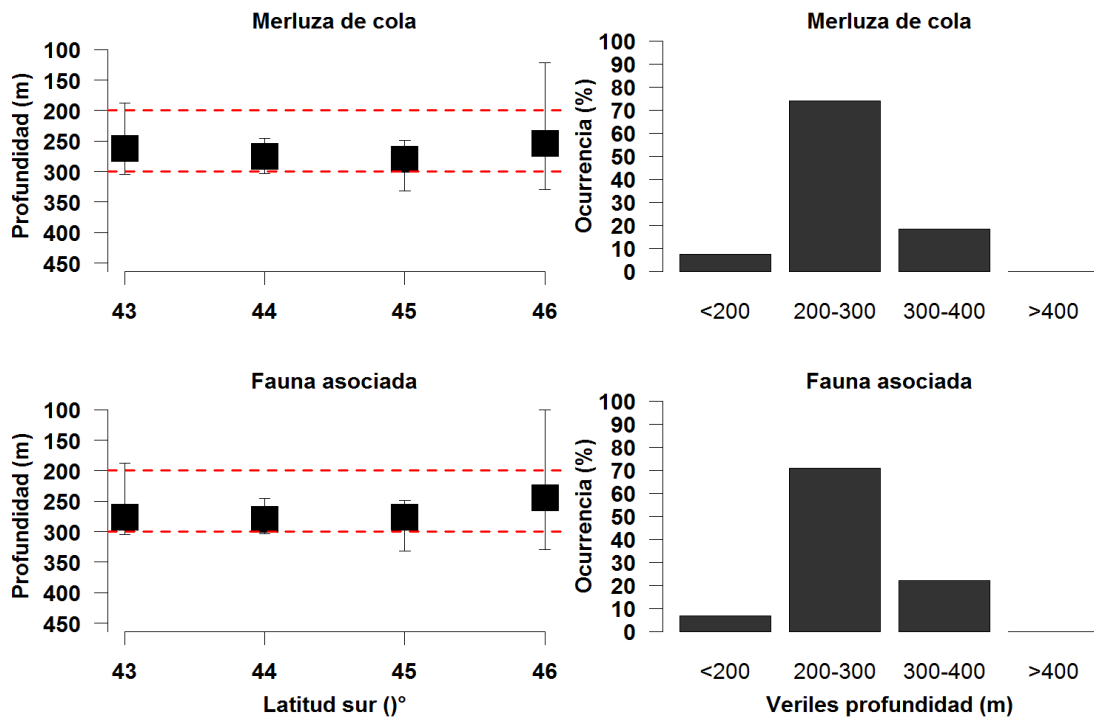


Figura 31. Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur y su fauna acompañante. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016.

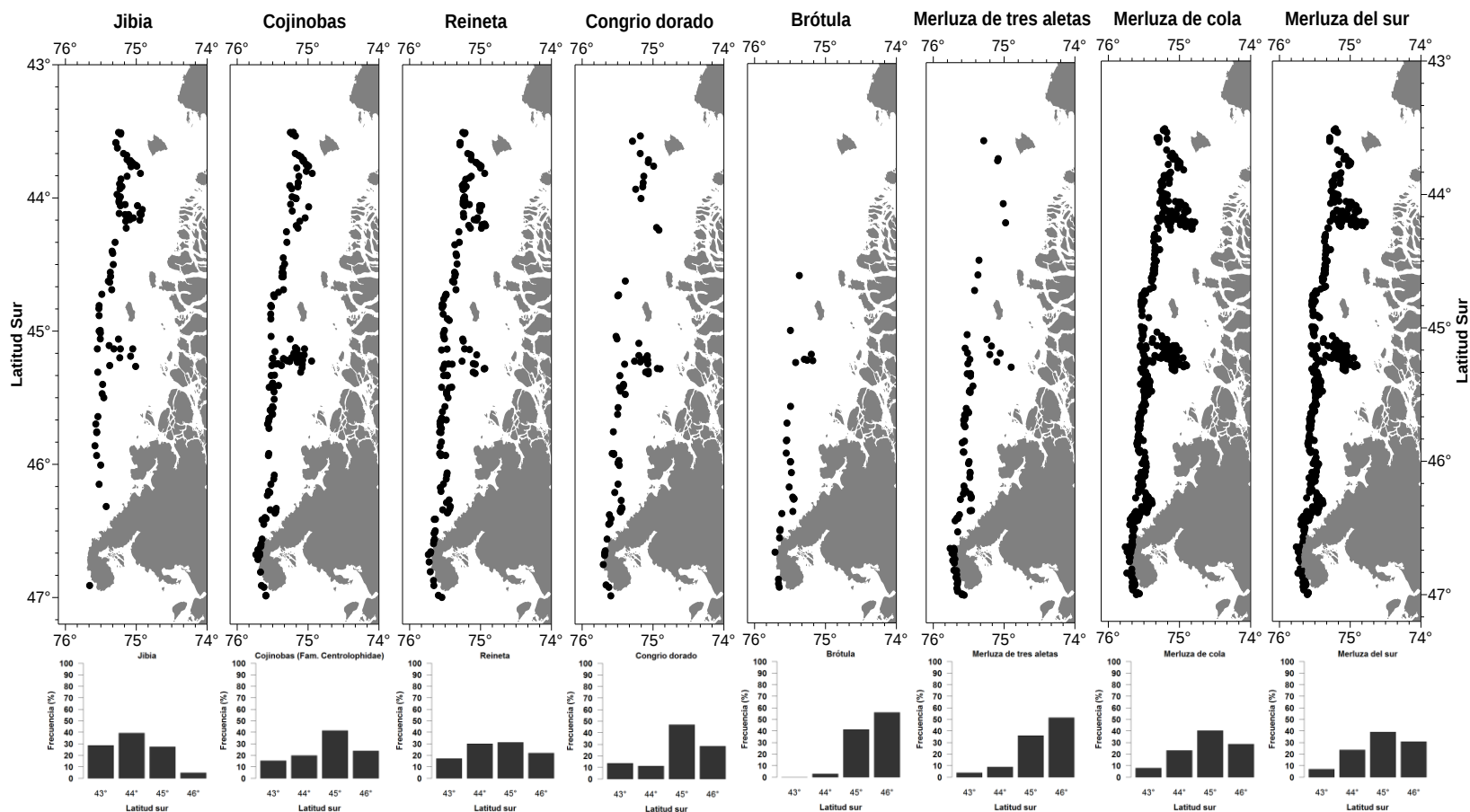


Figura 32. Distribución latitudinal histórica de las especies con mayor recurrencia en las capturas de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola.

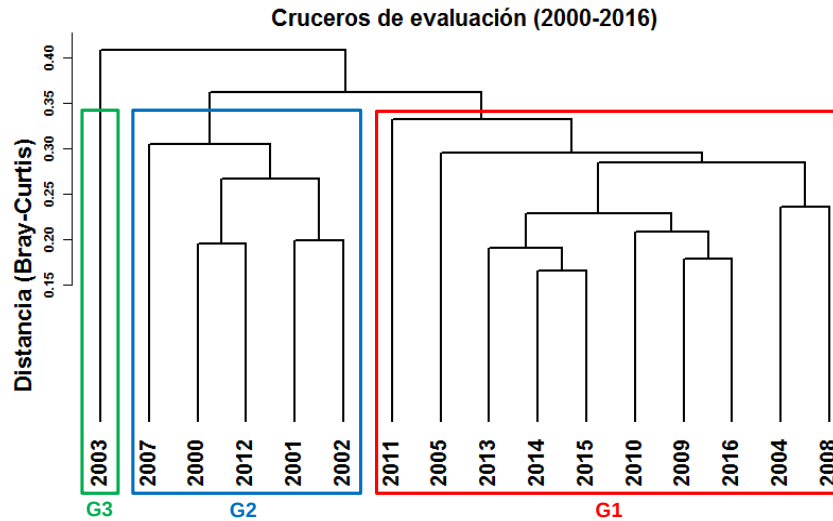


Figura 33. Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2016.

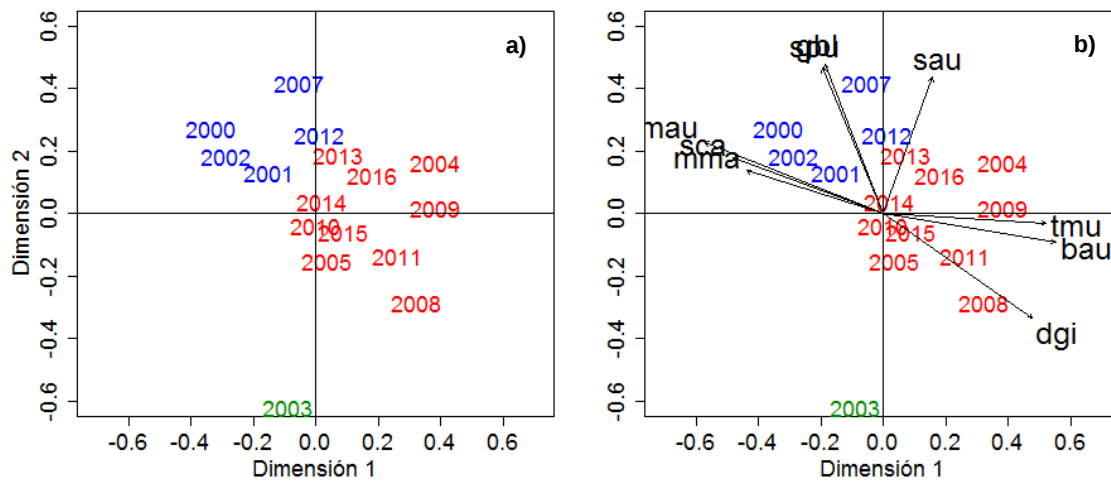
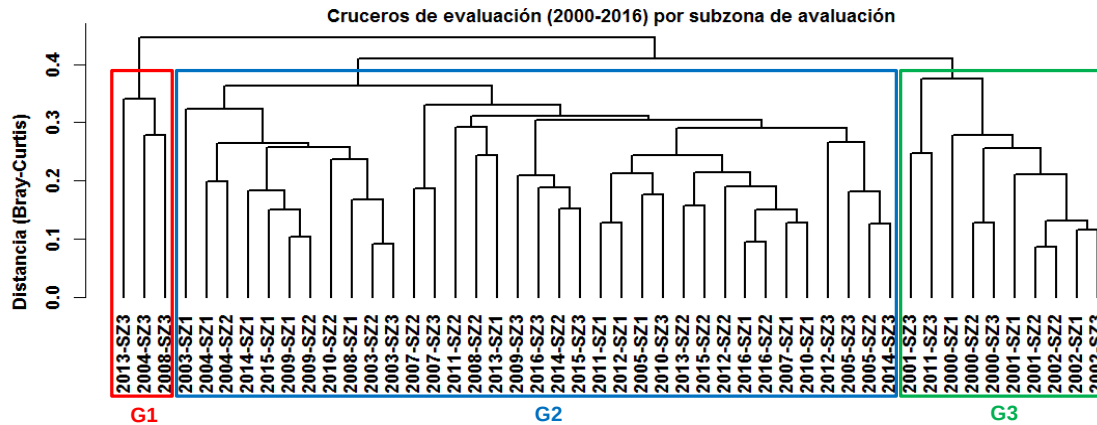


Figura 34. Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, entre los años 2000 y 2016.



SZ 1=Guafo (43°30'-44°29'); SZ 2=Guamblín (44°30'-45°29'); SZ 3= Taitao (45°30'-47°00')

Figura 35. Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola entre los años 2000 a 2016.

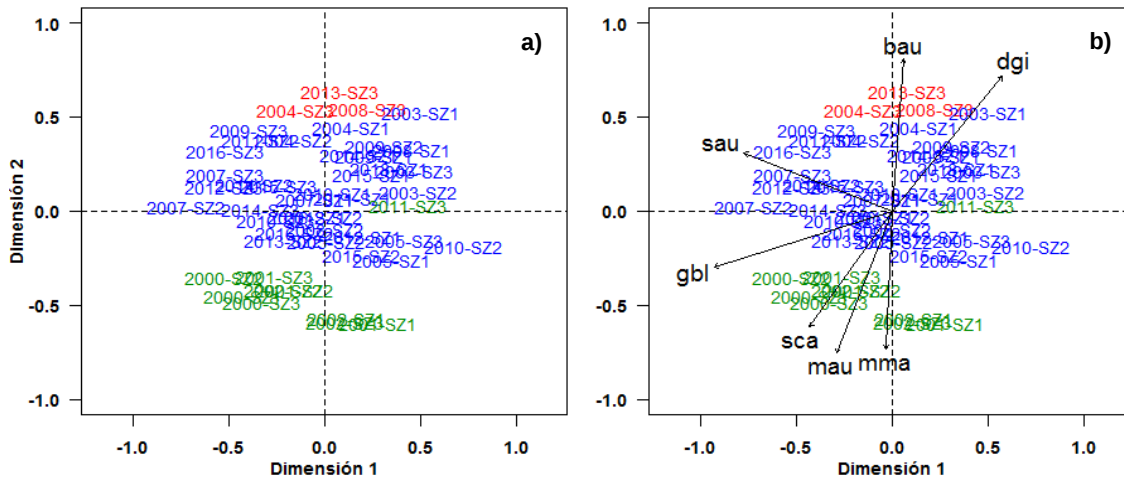


Figura 36. Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola entre los años 2000 a 2016.

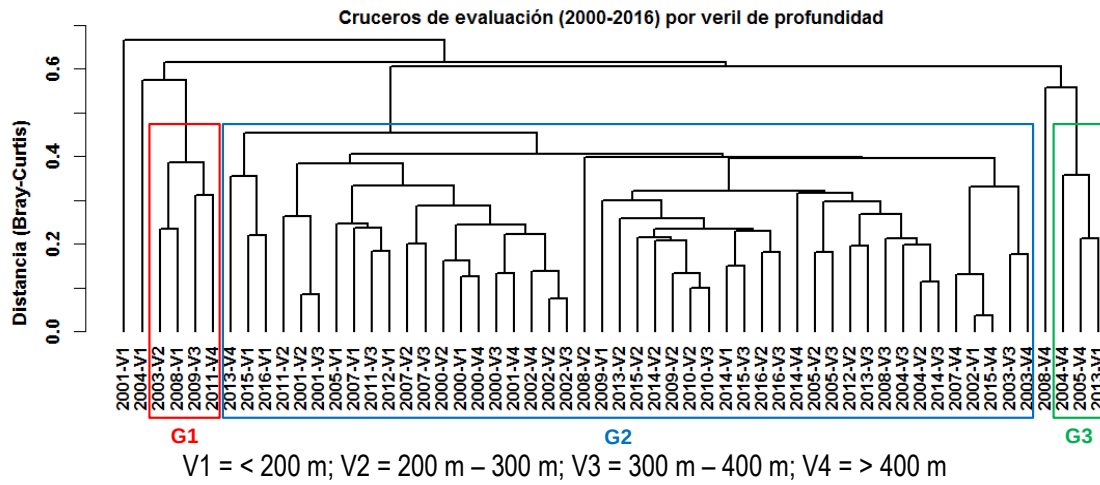


Figura 37. Resultado gr1fico del an1lisis de clasificaci3n por conglomerados de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola entre los a1os 2000 a 2016.

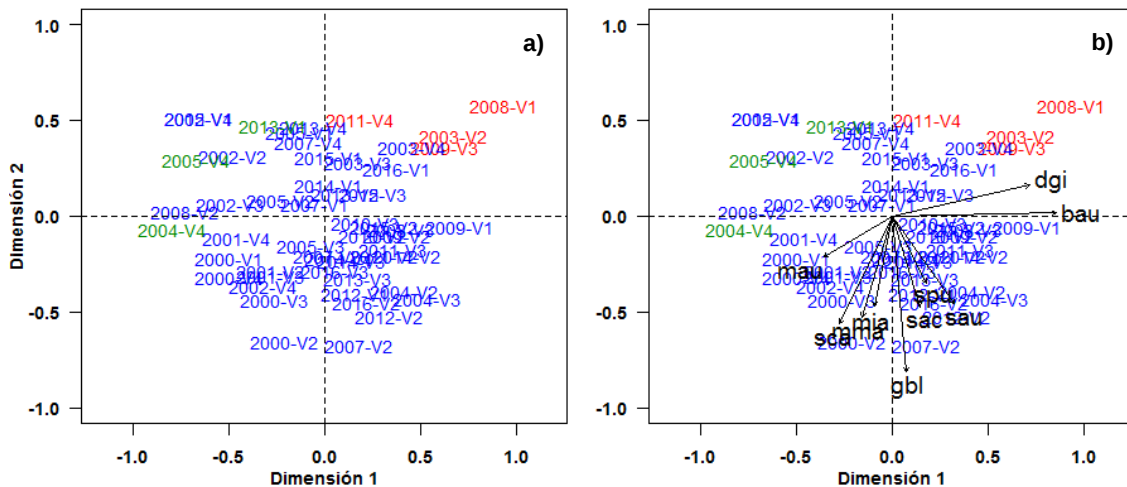


Figura 38. Resultado gr1fico del an1lisis de ordenaci3n (NMDS) de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola entre los a1os 2000 a 2016.

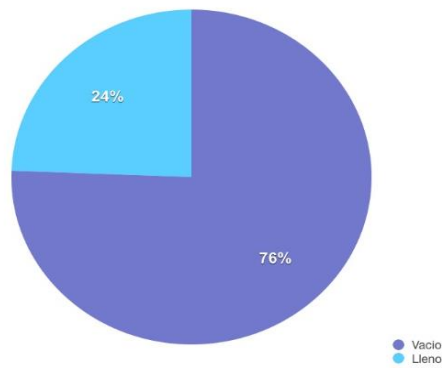


Figura 39. Porcentaje de estómagos llenos y vacíos

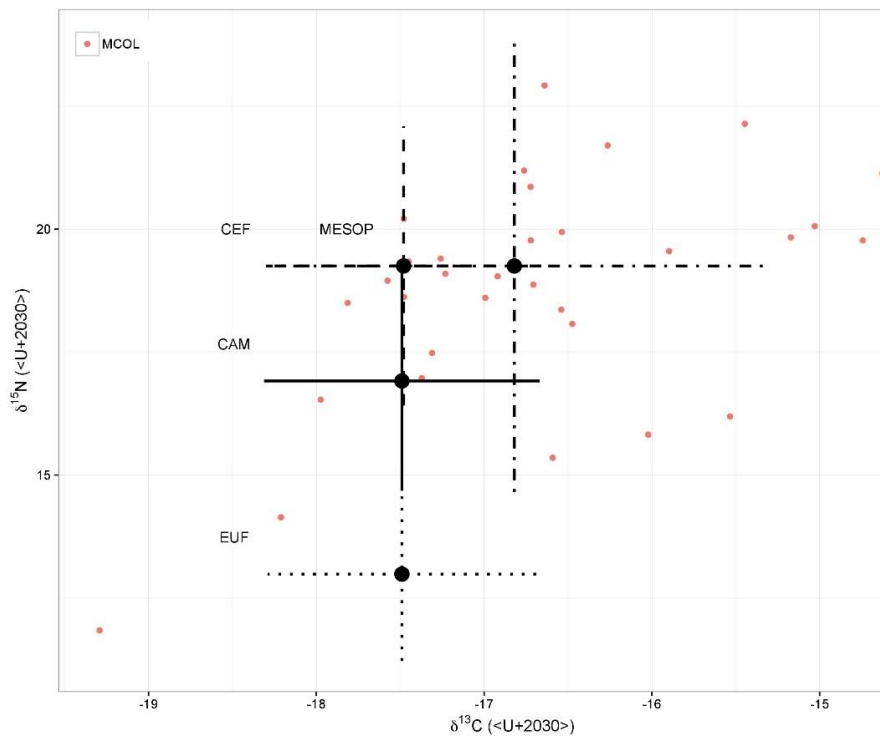


Figura 40. Biplot de nitrógeno y carbono para la zona estudiada EUF: Eufausidos, CAM: Camarones, M3A: Merluza de tres aletas, MESOP: Peces mesopelagicos, MCOL: Merluza de cola.

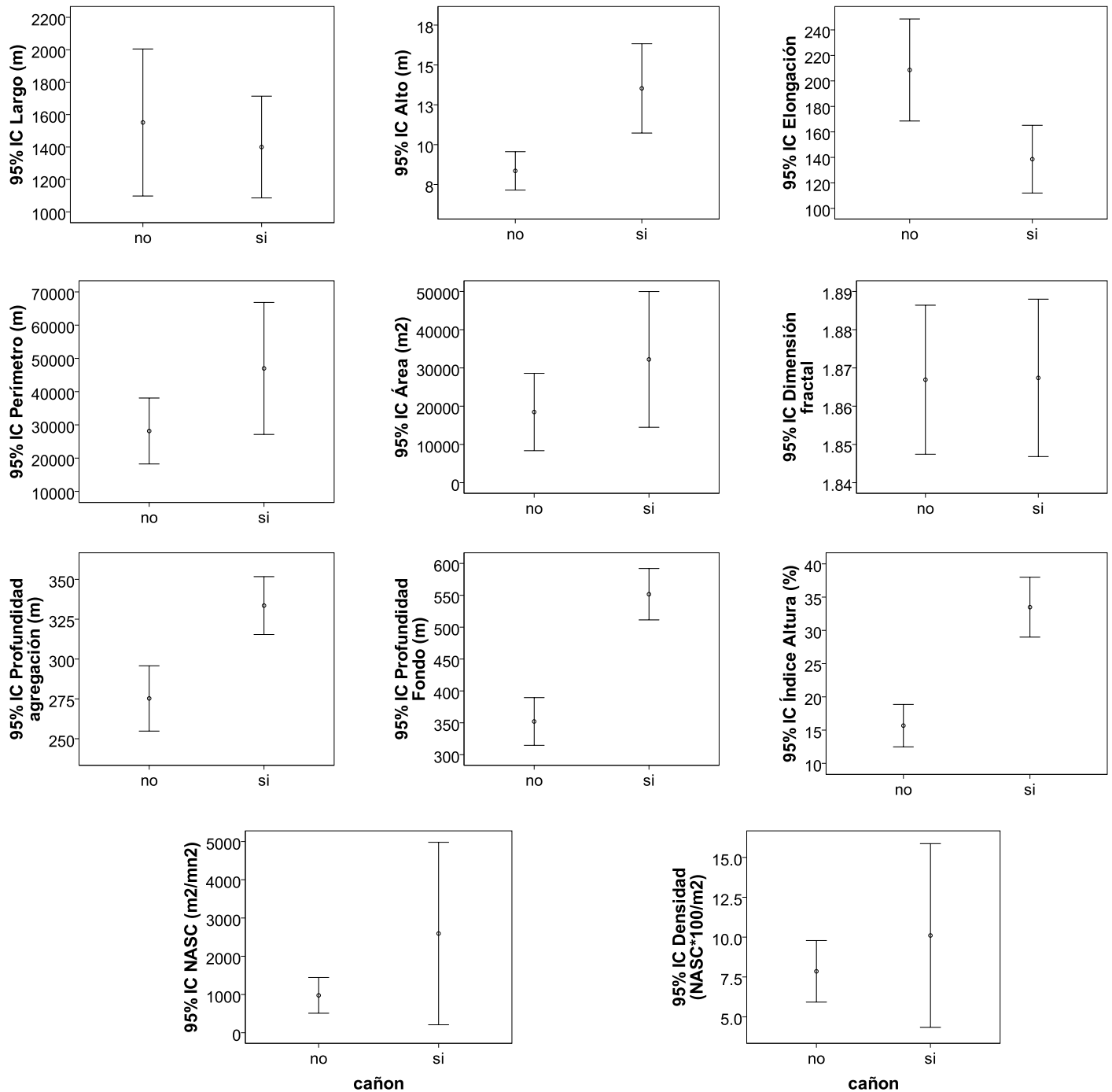


Figura 41. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfol3gicos largo, alto y elongaci3n, permetro, 1rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 1ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada (NASC) y densidad acustica (NASC/(100m²)). Dentro del ca33n (si) y fuera del ca33n (no). Agosto 2016.

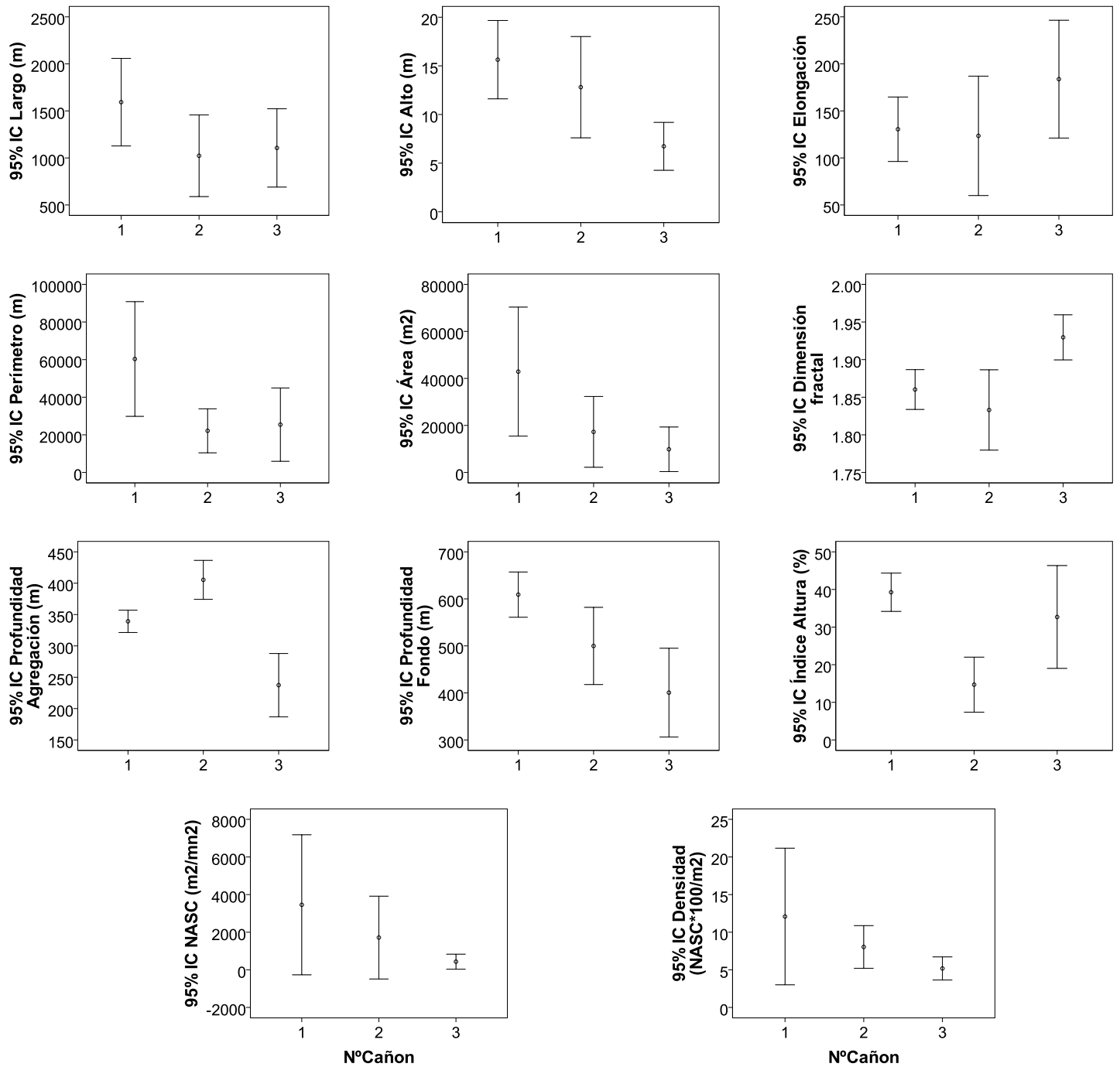


Figura 42. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, per3metro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energ3a retrodispersada y densidad ac3stica. Seg3n cañ3n. Agosto 2016

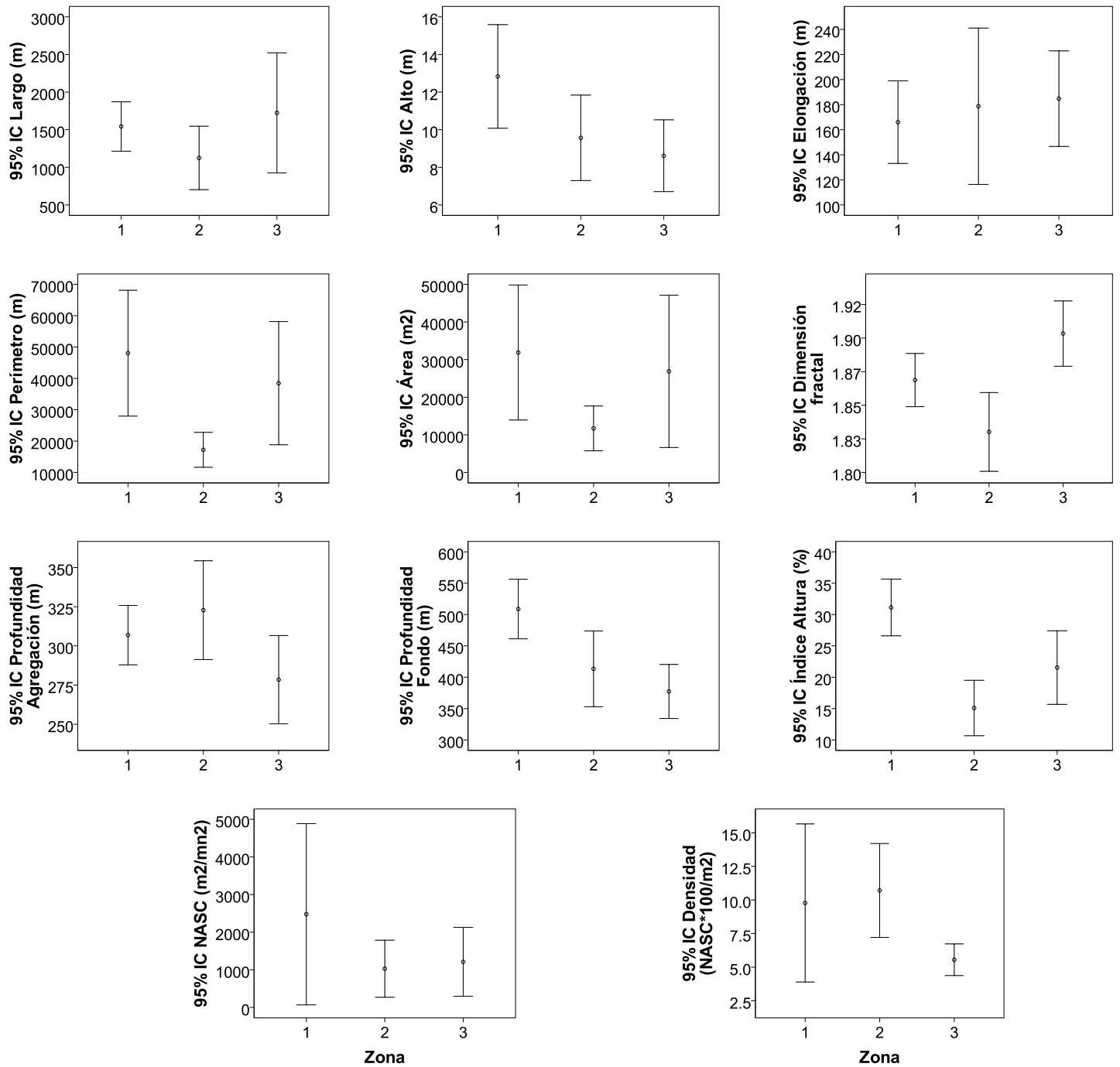


Figura 43. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada y densidad acústica. Según zona. Agosto 2016.

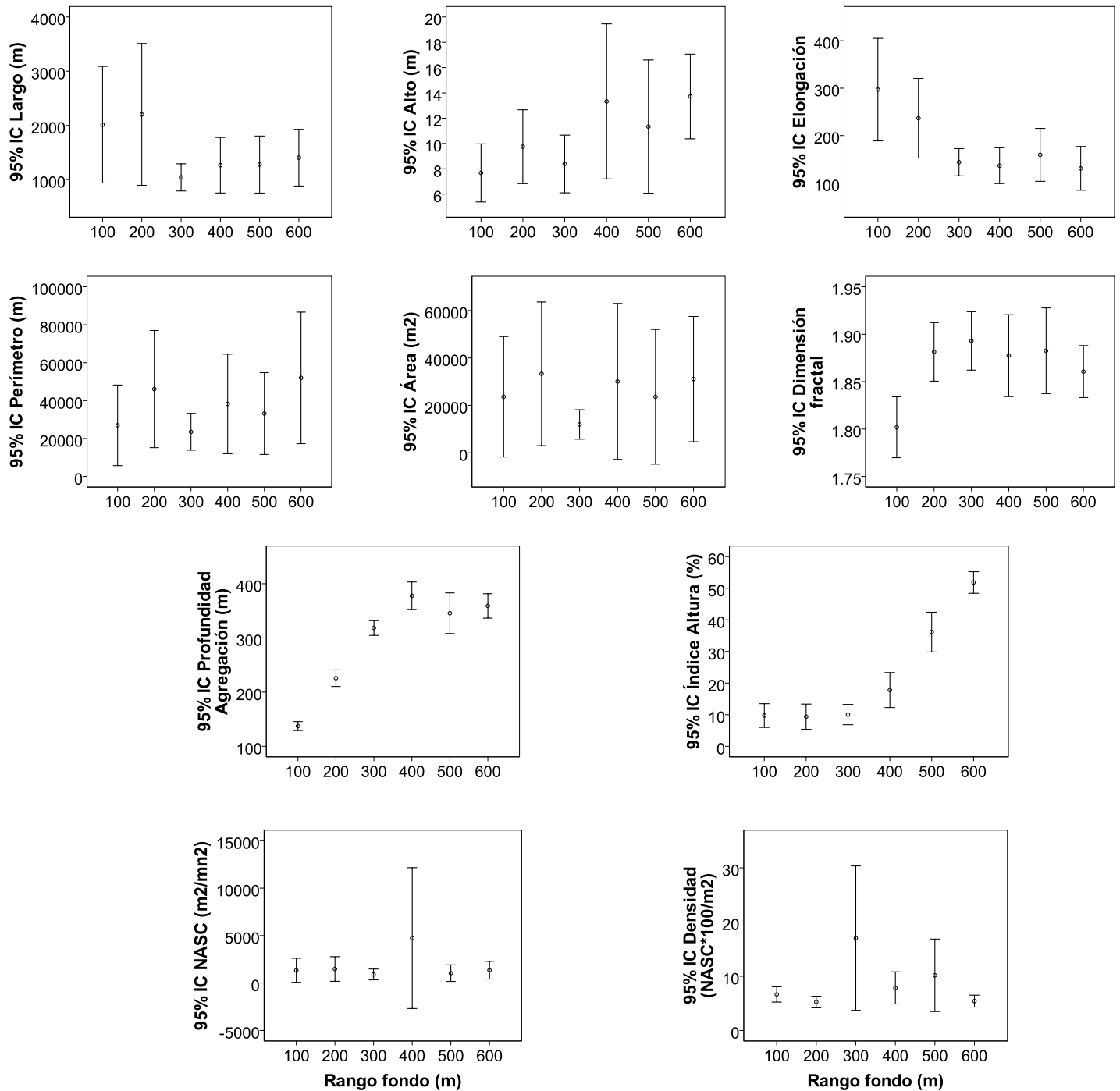


Figura 44. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto y elongaci3n, permetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones e 3ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada y densidad ac3stica. Seg3n rango de fondo. Agosto 2016.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

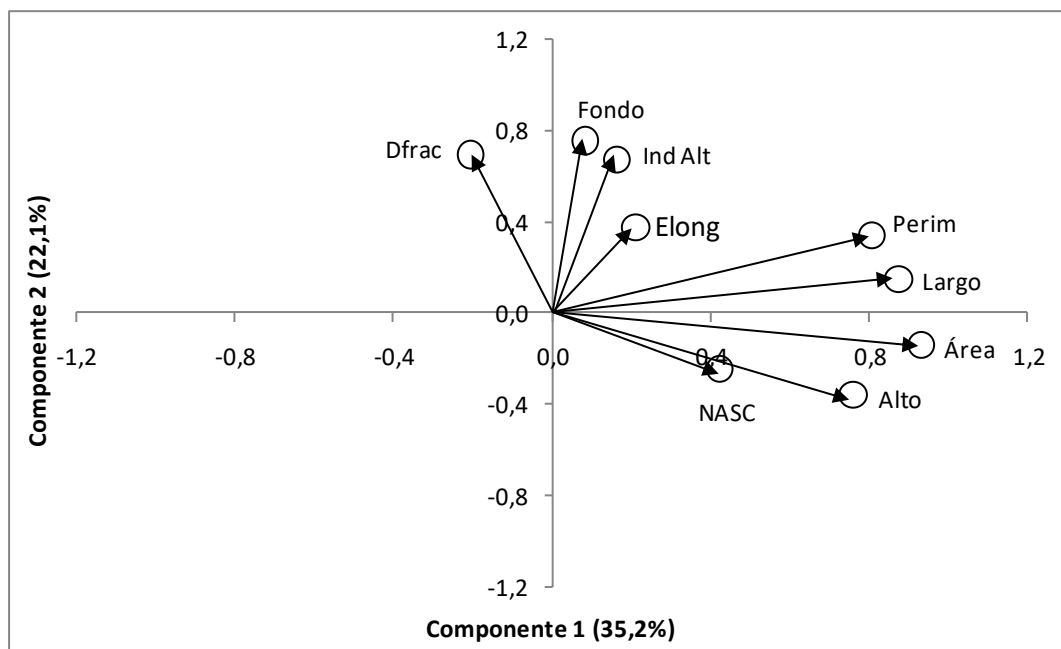


Figura 45. Correlaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes.

T A B L A S

**Tabla 1**

Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza de cola. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 1992-201.

Año	Proyecto	Especie	Biomasa (t)	Abundancia (N°)
1992	FIP 92-02	Merluza de cola	591.000	-
1994	FIP 93-04	Merluza de cola	264.000	973.773.000
1996	FIP 96-38	Merluza de cola	501.252	418.035.460
2000	FIP 2000-14	Merluza de cola	574.415	606.600.000
2001	FIP 2001-19	Merluza de cola	431.900	453.300.000
2002	FIP 2002-19	Merluza de cola	242.784	283.310.000
2003	FIP 2003-09	Merluza de cola	188.600	215.467.000
2004	FIP 2004-07	Merluza de cola	180.557	164.887.962
2005	FIP 2005-04	Merluza de cola	162.779	161.285.145
2007	FIP 2007-12	Merluza de cola	231.176	584.205.692
2008	FIP 2008 11	Merluza de cola	251.481	355.578.564
2009	FIP 2009-09	Merluza de cola	206.184	382.737.551
2010	Pesca Investigación	Merluza de cola	208.276	382.737.511
2011	FIP 2011-04	Merluza de cola	220.867	451.096.433-
2012	FIP 2012-07	Merluza de cola	158.680	239.634.262
2013	FIP 2013-13	Merluza de cola	134.854	428.107.397
2014	ASIPA 2014	Merluza de cola	213.799	390.144.161
2015	ASIPA 2015	Merluza de cola	289.697	637.430.831



Tabla 2
Principales características del AGS 61 “Cabo de Hornos”.

Eslora (m)	74,1
Manga (m)	15,6
Puntal (m)	8,5
Calado (m)	5,8
Potencia instalada (hp)	4.023
Tonelaje registro grueso (t)	3.020

Tabla 3
Calibración del sistema de ecointegración ER60. AGS 61 “Cabo de Hornos”.

Lugar	Valparaíso	
Fecha	Valparaíso	
Buque	28/07/2016	
Ecosonda	AGS 61 - Cabo de Hornos	
Transductor	Simrad ER 60	
Profundidad esfera	ES38B	
Profundidad fondo	18 m	
Frecuencia	35 m	
Ganancia (TS gain)	38 KHz	
TS esfera (Tungsteno)	26,45 dB	
Corrección s_A	26,66 dB	
Ancho de banda	-42,04 dB	
Intervalo de muestreo	-0,60 dB	
Coefficiente de absorción	2,43 KHz	
Velocidad del sonido	0,192 m	
2-way beam angle	9,8 dB/km	
	<u>Alongship</u>	<u>Athwartships</u>
Sensibilidad del ángulo	21,9	21,9
Ancho del haz	6,93°	6,98 °
Desplazamiento del ángulo	0,0 °	0,05 °



Tabla 4
Datos operacionales de los lances de pesca de identificación.

Lance	Fecha	Calado		Virado		Profundidad red (m)	Duración (hora)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)				Captura (kg) total lance	Proporción (%) lance			
		Hora	Latitud	Longitud	Hora	Latitud	Longitud				Merluza del sur	Merluza de cola	Merluza tres aletas	Otras		Merluza del sur	Merluza de cola	Merluza tres aletas	Otras
1	04-08-2016	0509	43°40,2'	75°05,6'	0543	43°42,2'	75°07'	188	0,6	220	3,7	152	659		11	822	18,5	80,2	1,3
2	04-08-2016	1838	43°49,7'	75°06,7'	1908	43°50,6'	75°08,8'	292	0,5	228	3,3	229	2.771			3.000	7,6	92,4	
3	05-08-2016	0016	43°55,6'	75°14,4'	0101	43°57,9'	75°15,8'	305	0,8	181	3,4	61	336	1	28	426	14,4	78,9	0,1
4	05-08-2016	0458	44°05'	74°56,4'	0526	44°05'	74°54,1'	270	0,5	120	3,0	112	230	0	22	365	30,7	63,2	0,1
5	05-08-2016	1844	44°14,6'	75°08,6'	1918	44°13'	75°10,1'	296	0,6	320	3,4	851	1.595	0	6	2.453	34,7	65,0	0,0
6	06-08-2016	0504	44°12,1'	74°46,2'	0526	44°12,5'	74°47,9'	245	0,4	248	3,9	1.250	6.729		33	8.012	15,6	84,0	0,4
7	06-08-2016	1921	44°19,9'	75°21,5'	1951	44°21,5'	75°21'	264	0,5	180	3,8	493	376	2	26	896	55,0	42,0	0,2
8	07-08-2016	0418	44°32,4'	75°20,6'	0451	44°30,8'	75°20,1'	291	0,6	025	3,8	88	15		5	107	81,8	14,0	4,2
9	07-08-2016	1837	44°44,4'	75°30,2'	1910	44°43,1'	75°28,3'	303	0,6	025	3,5	220	25	5	5	256	86,0	10,0	2,1
10	08-08-2016	0131	44°55'	75°26,4'	0158	44°56,4'	75°25,2'	256	0,5	145	3,3	407	838			1.245	32,7	67,3	
11	08-08-2016	1853	45°07,5'	75°24'	1933	45°05,4'	75°24,9'	264	0,7	342	3,3	168	24			192	87,3	12,7	
12	08-08-2016	2325	45°05,4'	74°56,3'	2338	45°05,7'	74°57,5'	332	0,2	276	3,0	221	8.705		74	9.000	2,5	96,7	0,8
13	10-08-2016	0248	45°15'	74°58,7'	0310	45°15'	75°00,4'	249	0,4	269	3,5	686	832		15	1.533	44,8	54,3	0,9
14	10-08-2016	0601	45°20,6'	75°28,6'	0631	45°22,2'	75°28,5'	273	0,5	187	3,5	981	55	7	4	1.048	93,7	5,3	0,4
15	10-08-2016	1833	45°30,2'	75°28,2'	1850	45°30,7'	75°29,6'	251	0,3	282	3,6	239	27	4	35	304	78,5	8,9	1,3
16	11-08-2016	0100	45°40,4'	75°33,4'	0129	45°41,8'	75°34,6'	311	0,5	215	3,7	356	501	6	8	870	40,9	57,6	0,9
17	11-08-2016	0703	45°52,3'	75°35'	0739	45°54,1'	75°35,8'	280	0,6	195	3,6	211	22			234	90,4	9,6	
18	11-08-2016	1830	46°05,1'	75°28,8'	1909	46°03'	75°29,5'	262	0,6	359	3,8	406	60	7	13	486	83,6	12,3	1,5
19	12-08-2016	0428	46°13,8'	75°28,6'	0435	46°14,1'	75°29'	299	0,1	215	3,1	167	26			193	86,4	13,6	
20	12-08-2016	1748	46°22,6'	75°35,6'	1818	46°21,7'	75°33,3'	95	0,5	056	3,7				117	117			100,0
21	12-08-2016	2136	46°21,9'	75°27,5'	2212	46°19,9'	75°27,2'	260	0,6	003	3,4	121	239	7	5	373	32,5	64,0	1,4
22	13-08-2016	0202	46°24,6'	75°38,9'	0242	46°22,9'	75°37'	330	0,7	020	3,2	119	76	23	5	223	53,3	33,9	2,3
23	13-08-2016	0618	46°28,6'	75°38,2'	0700	46°30,8'	75°38,1'	288	0,7	195	3,5	171	64	57	2	293	58,2	21,9	0,6
24	13-08-2016	2145	46°34,5'	75°38,6'	2215	46°33'	75°38,7'	230	0,5	360	3,3	73	210	31	2	316	23,2	66,4	0,5
25	14-08-2016	0243	46°40,1'	75°42,1'	0310	46°41,5'	75°42,7'	226	0,5	186	3,2	35	105	28	179	347	10,1	30,3	51,6
26	14-08-2016	0708	46°50,3'	75°39,6'	0738	46°48,9'	75°40,7'	272	0,5	330	3,4	24	126	2	3	154	15,3	81,6	1,9
27	14-08-2016	2140	46°54,8'	75°39,8'	2212	46°56,7'	75°39,1'	250	0,5	205	3,5	85	247	15	21	368	23,1	67,1	5,8
28	15-08-2016	0106	46°59,9'	75°33,2'	0139	46°59,1'	75°35,7'	121	0,6	274	3,4	27	123	1	492	644	4,2	19,1	76,5
Captura (kg) total											7.955	25.018	195	1.109	34.278				
Proporción (%)											23,2%	73,0%	0,6%	3,2%					



Tabla 5
Capturas por especie registradas en los lances de pesca de identificaci3n.

Lance	Fecha	Capturas (kg)												Total
		Merluza del sur	Merluza de cola	Merluza de tres aletas	Br3tula	Cojinoba moteada	Congrio dorado	Jurel	Granaderos	Reineta	Sierra	Tollo	Otras	
1	04-08-2016	152	659							11				822
2	04-08-2016	229	2.771											3.000
3	05-08-2016	61	336	1			4			24				426
4	05-08-2016	112	230	0						18		4		365
5	05-08-2016	851	1.595	0			1			4		1		2.453
6	06-08-2016	1.250	6.729			8						24		8.012
7	06-08-2016	493	376	2			13			6		7		896
8	07-08-2016	88	15							1		3		107
9	07-08-2016	220	25	5			3			3				256
10	08-08-2016	407	838											1.245
11	08-08-2016	168	24											192
12	08-08-2016	221	8.705			37	36							9.000
13	10-08-2016	686	832				4		1	1		2	7	1.533
14	10-08-2016	981	55	7		1	2			1				1.048
15	10-08-2016	239	27	4			24			11				304
16	11-08-2016	356	501	6			6		0,2	1				870
17	11-08-2016	211	22											234
18	11-08-2016	406	60	7						13				486
19	12-08-2016	167	26											193
20	12-08-2016									117				117
21	12-08-2016	121	239	7	1					4			1	373
22	13-08-2016	119	76	23	0,5	1				4				223
23	13-08-2016	171	64	57	1	1								293
24	13-08-2016	73	210	31	1					1				316
25	14-08-2016	35	105	28	2	56		69			51			347
26	14-08-2016	24	126	2						3				154
27	14-08-2016	85	247	15		5	1			15				368
28	15-08-2016	27	123	1		492					0,3			644
Captura total		7.955	25.018	195	5	602	95	69	1	237	52	42	8	34.278
Proporci3n (%)		23,2%	73,0%	0,6%	<0,1%	1,8%	0,3%	0,2%	<0,1%	0,7%	0,2%	0,1%	<0,1%	

**Tabla 6**

Escala de madurez sexual para merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada para la merluza de cola (Troncoso, 2004).

Estadio gonadal	Características macroscópicas y microscópicas de la gónada
1 Virginal:	Ovarios pequeños, filiformes, de pared delgada; sexo difícilmente discernible de manera macroscópica. El examen microscópico muestra la presencia de células germinales, de diámetro homogéneo. En un estadio más avanzado son de color rosado claro, de sección tubular y con un diámetro máximo de los ovocitos menor que 0,15 mm.
2 Inmaduro:	Ovarios claramente diferenciados, con paredes firmes, gruesas; color rosado claro o amarillo ocre. Ovocitos no visibles al ojo desnudo, de aspecto translúcido y en vitelogénesis incipiente; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,38 mm. Incluye a inmaduros reincidentes.
3 En maduración	Ovarios turgentes, con escasa vascularización; color amarillo pálido; alcanzan un gran volumen. Ovocitos visibles a simple vista, en un amplio rango de tamaños, en vitelogénesis avanzada; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,85 mm.
4 Maduro:	Ovarios turgentes, a menudo con zonas translúcidas; color amarillo pálido; en una fase avanzada, los ovocitos fluyen del ovario al presionar el abdomen. Ovocitos visibles al ojo desnudo, con ovocitos hidratados o en inicio del proceso de hidratación, con o sin gota oleosa, diferenciándose por su mayor diámetro del grupo de ovocitos vitelados no hidratados (amarillentos); diámetro de los ovocitos más diferenciados igual o mayor que 0,85 mm.
5 En regresión:	Ovario flácido, con lumen grande; color rojizo; al final de este estadio las paredes se tornan gruesas y el color pasa a pardo oscuro de aspecto sanguinolento. Sin ovocitos visibles a simple vista o bien ovocitos en número reducido en proceso de reabsorción. Estos ovarios pasan al estadio 2.



Tabla 7

Criterios citol3gicos e histol3gicos para la definici3n de estadios de madurez gonadal en peces tele3steos. FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.

Estadio gonadal	Caracterizaci3n histol3gica del par3nquima gonadal
I Virginal	Par3nquima representado por ovocitos premei3ticos (ovocitos primarios en leptoteno) citoplasma bas3filo, escaso, n3cleo cromatínico. Lumen amplio y lamelas pequeñas de base ancha.
II Inmaduro	Lamelas largas, delgadas e interdigitadas invaden el lumen. Ovocitos de reserva no vitelados rodeados de una fina lámina células foliculares. VG central con numerosos nucléolos esféricos y periféricos. Citoplasma finamente granular altamente bas3filo.
III Alveolo Cortical	Presencia de ovocitos con vesículas en el citoplasma cortical de diferente diámetro, cuyo contenido es producto de síntesis del ovocito. Citoplasma ligeramente bas3filo. Externamente se visualiza una delgada zona radiata y células foliculares de plano a cúbicas. La presencia de vesículas corticales indica el debut de la actividad ovocitaria end3gena.
IV Parcialmente Vitelado	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositaci3n de vitelo, sin abarcar más de 3/4 partes del citoplasma. Destaca la presencia de vesículas periféricas. VG esférica central multinucleolar. Zona radiata delgada.
V Vitelado	Citoplasma eosin3filo, cargado de gl3bulos de vitelo. VG central multinucleolar. Zona radiata desarrollada. Células foliculares cúbicas bajas con n3cleo central esférico y citoplasma claro.
VI Migrante	Citoplasma vitelado. VG periférica o ausente por reinicio de la meiosis.
VII Hidratado (Hialino)	Aumento considerable del diámetro ovocitario por ingreso de líquido. Disoluci3n de vitelo por ingreso de fluidos adoptando el aspecto de placas en el citoplasma. La capa folicular pierde espesor.
VIII En Desove	Coexistencia de ovocitos hidratados y estructuras que evidencian desove reciente (FPO nuevos), conjuntamente con ovocitos en otros grados de vitelaci3n.
IX Post Desove	Lamelas con predominio de ovocitos no vitelados (de reserva) y escasos ovocitos vitelados residuales, atresias folicular alfa y beta. Eventualmente folículos postovulatorios de estadio 5 o más.



Tabla 8

Resumen de la modelaci3n geoestadística de merluza de cola para la zona total de estudio.

Subzona	Direcci3n	Modelo ajustado	Parámetros ajustados			Bondad ajuste	Predicci3n espacial	
			Sill	Rango	Nugget		Media Kriging	Varianza
Zona total	Omnidirecci3n	Exponencial	6.15E+06	1.08	0	104.79	486.91	10981.66
		Esférico	6.15E+06	1.08	0	108.32	485.84	11732.33

Tabla 9. Estimados de abundancia total y desovante de merluza de cola.

Sexo	Total (N°)	Desovante
Machos	201.138.794 (49,2%)	112.056.019
Hembras	207.804.120 (50,8%)	135.885.429
Total	408.942.914 (100%)	247.941.448

Tabla 10. Estimados de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza de cola.

Método	Área (mn²)	Biomasa (t)	Desovante (t)
Bootstrap	1.990	267.004 [242.138 – 291.871]	237.112
Geoestadístico	1.990	261.111 [232.114 – 281.797]	227.627



Tabla 11.

Estimaciones del tamaño stock, peso promedio y proporción sexual, cruceros 2000 – 2016.

Merluza de cola																
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
B (x103)	501,3	574,4	431,9	242,8	188,6	146,0	162,8	229,8	251,5	208,3	220,9	158,7	134,9	213,8	289,7	261,1
A (x10 ⁶)	418	656	453	237	231	133	161	584	356	383	451	240	428	390	637	409
wprom (g)	1.199	876	953	1.023	818	1.095	1.010	393	707	544	490	662	315	548	454	639
Proporción (%) M:H en número	76 : 24	36 : 64	45 : 55	35 : 65	58 : 42	39 : 61	47 : 53	52 : 48	43 : 57	55 : 45	46 : 54	42 : 58	46 : 54	55 : 45	43 : 57	49 : 51
Proporción (%) M:H en peso	70 : 30	32 : 68	39 : 61	31 : 69	48 : 52	33 : 67	39 : 61	47 : 53	36 : 64	50 : 50	43 : 57	43 : 57	41 : 59	48 : 52	47 : 53	43 : 57
B=biomasa (t) A=Abundancia (nº de ejemplares) wprom= (B/A)																

Tabla 12

Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur, crucero de evaluación agosto del 2016.

Sexo	Parámetros	Merluza de cola
Machos	a	0,004575354
	intervalo	0,0038671 0,0054133
	b	2,890917554
	intervalo	2,8466998 2,9351353
Hembras	N	789
	r²	0,954
	a	0,003915299
	intervalo	0,0033192 0,0046184
Ambos	b	2,927042835
	intervalo	2,8848175 2,9692682
	N	1036
	r²	0,947
	a	0,004355571
	intervalo	0,0038828 0,0048859
	b	2,901513076
	intervalo	2,8717868 2,9312394
	N	1825
	r²	0,953



Tabla 13. Composici3n de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, machos. Crucero de evaluaci3n 2016.
(Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).

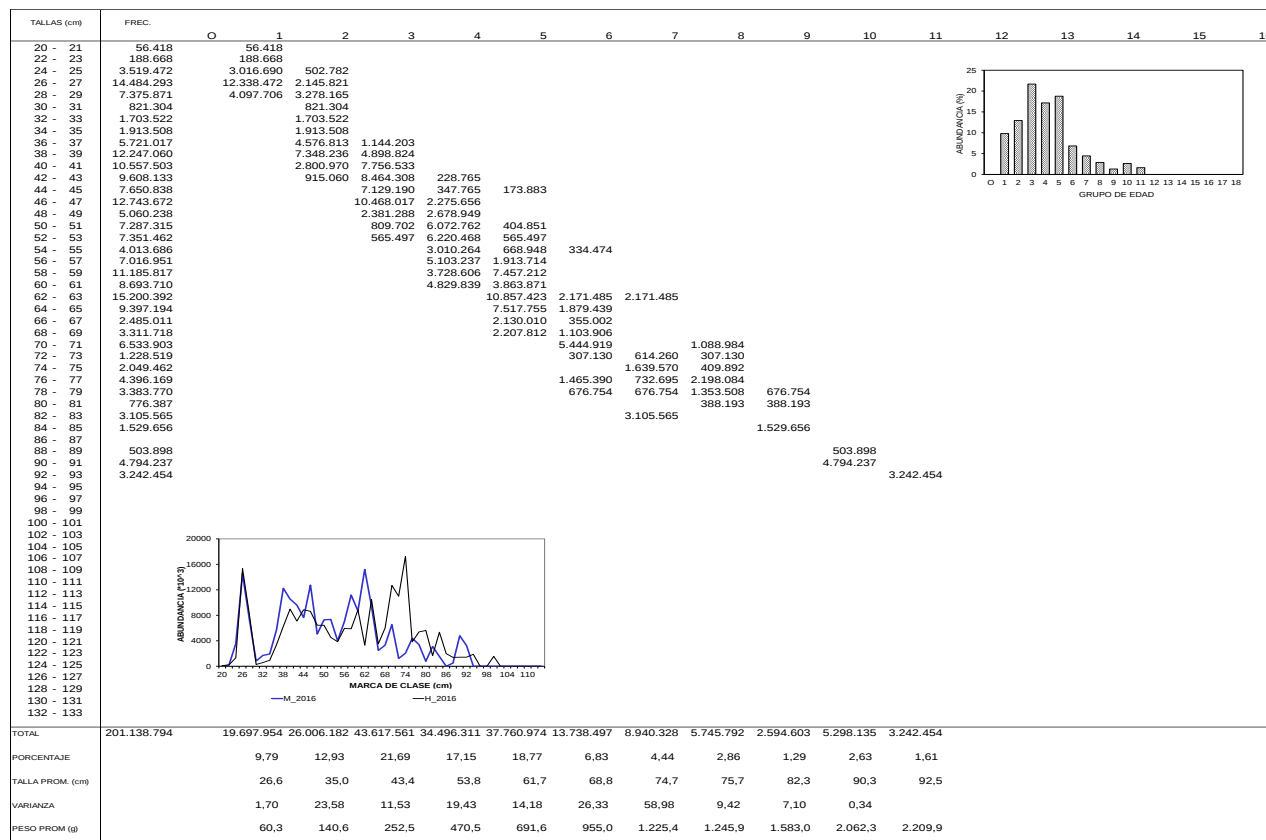




Tabla 14. Composici3n de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, hembras. Crucero de evaluaci3n 2016.
(Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).

TALLAS (cm)	FREC.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20 - 21	87.117		87.117															
22 - 23	209.237		209.237															
24 - 25	1.326.440			1.326.440														
26 - 27	15.320.895		6.964.043	8.356.852														
28 - 29	8.188.923		1.637.785	6.551.139														
30 - 31	282.507			282.507														
32 - 33	582.680			582.680														
34 - 35	939.625			469.812	469.812													
36 - 37	3.368.231			1.347.292	2.020.939													
38 - 39	6.237.007			4.078.043	1.919.079	239.885												
40 - 41	8.981.434			1.952.486	6.247.954	780.994												
42 - 43	7.091.520			186.619	6.718.282	186.619												
44 - 45	8.872.003			173.951	7.306.356	1.391.687												
46 - 47	8.629.124				6.985.481	1.643.643												
48 - 49	6.438.423				4.002.263	2.262.148	174.011											
50 - 51	6.437.055				1.679.232	4.477.951	279.872											
52 - 53	4.530.506					3.775.422	755.084											
54 - 55	3.854.310					3.468.879	385.431											
56 - 57	5.929.515				494.126	4.447.136	988.252											
58 - 59	5.882.036					3.431.188	2.450.848											
60 - 61	8.852.630					5.532.894	3.319.736											
62 - 63	3.313.366					414.171	2.070.854	828.342										
64 - 65	10.489.428					953.584	4.767.922	4.767.922										
66 - 67	3.510.437					585.073	1.170.146	1.170.146	585.073									
68 - 69	6.013.630						2.004.543	4.009.087										
70 - 71	12.688.998						6.344.499											
72 - 73	10.992.663						3.140.761	6.281.522	1.570.380									
74 - 75	17.260.526						2.465.789	9.863.158	4.931.579									
76 - 77	3.827.009						1.530.803	1.530.803	765.402									
78 - 79	5.399.206						2.699.603	1.799.735	899.868									
80 - 81	5.609.893						3.365.810	1.121.937	1.121.937									
82 - 83	1.667.237						833.619	416.809	416.809									
84 - 85	5.349.774							3.566.516	1.783.258									
86 - 87	1.977.831							1.977.831										
88 - 89	1.386.503							693.252	693.252									
90 - 91	1.424.360							474.787	474.787	474.787								
92 - 93	1.424.218								356.055	712.109								
94 - 95	1.876.108								625.369	625.369								
96 - 97																		
98 - 99																		
100 - 101	1.551.924																	
102 - 103																		
104 - 105																		
106 - 107																		
108 - 109																		
110 - 111																		
112 - 113																		
114 - 115																		
116 - 117																		
118 - 119																		
120 - 121																		
122 - 123																		
124 - 125																		
126 - 127																		
128 - 129																		
130 - 131																		
132 - 133																		
TOTAL	207.804.120	8.898.182	25.307.831	37.843.524	33.591.273	24.711.200	17.912.850	31.504.087	11.299.094	8.457.747	3.932.720	1.812.265	2.177.293					
PORCENTAJE		4,28	12,18	18,21	16,16	11,89	8,62	15,16	5,44	4,07	1,89	0,87	1,05					
TALLA PROM. (cm)		26,72	31,03	43,84	54,28	64,05	69,24	74,44	76,74	84,04	88,24	92,67	98,78					
VARIANZA		1,42	30,67	15,31	33,65	29,12	18,87	12,31	16,30	8,89	14,85	2,40	7,37					
PESO PROM (g)		59,1	99,2	256,1	482,9	774,5	964,6	1.186,7	1.299,4	1.687,8	1.950,7	2.240,6	2.704,7					

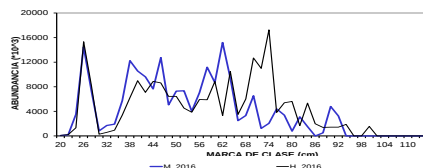
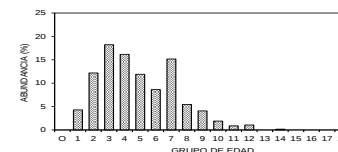




Tabla 15

Abundancia por grupo de edad y desviaci3n estandar por sexo y proporci3n por grupo de edad.
Crucero agosto 2016.

GE	Machos		Hembras		Ambos	
	Número	s.d.	Número	s.d.	Número	%
I	19.697.954	2.578.102	8.898.182	3.029.940	28.596.136	7,0
II	26.006.182	3.387.292	25.307.831	3.956.846	51.314.013	12,5
III	43.617.561	4.726.607	37.843.524	4.033.014	81.461.085	19,9
IV	34.496.311	4.561.199	33.591.273	4.227.867	68.087.584	16,6
V	37.760.974	5.745.221	24.711.200	4.821.993	62.472.174	15,3
VI	13.738.497	3.642.930	17.912.850	4.378.389	31.651.347	7,7
VII	8.940.328	2.591.065	31.504.087	6.259.514	40.444.415	9,9
VIII	5.745.792	1.880.939	11.299.094	4.178.797	17.044.886	4,2
IX	2.594.603	816.990	8.457.747	2.506.020	11.052.350	2,7
X	5.298.135	519.096	3.932.720	2.123.696	9.230.855	2,3
XI	3.242.454	317.686	1.812.265	899.739	5.054.720	1,2
XII	0	0	2.177.293	657.906	2.177.293	0,5
XIII	0	0	0	0	0	0,0
XIV	0	0	356.055	356.055	356.055	0,1
XV	0	0	0	0	0	0,0
XVI	0	0	0	0	0	0,0
Tot	201.138.794	19.706.976	207.804.120	20.360.024	408.942.914	100

Tabla 16

Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, desde el 04 al 15 de agosto de 2016. LT, longitud promedio; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.

Período	N lances	N hembras	LT promedio hembras	% EMS	% EMS	% EMS	IGS
Agosto		maduras	maduras (cm)	3	4	5	
4 al 7	9	140	57,7	12,2	5,2	0,6	7,6
9 al 12	9	232	61,6	21,0	8,1	0,6	8,0
12 al 15	9	120	49,7	13,1	0,6	1,7	5,6

**Tabla 17**

Proporción de hembras maduras a la talla y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* en agosto de 2016, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.)

LT (cm)	Proporción maduras	Límite Inferior	Límite Superior	LT (cm)	Proporción maduras	Límite Inferior	Límite Superior
23	0,01	0,00	0,01	60	0,90	0,86	0,93
24	0,01	0,00	0,01	61	0,91	0,88	0,95
25	0,01	0,00	0,02	62	0,93	0,90	0,96
26	0,01	0,00	0,02	63	0,94	0,91	0,97
27	0,02	0,01	0,02	64	0,95	0,92	0,97
28	0,02	0,01	0,03	65	0,96	0,94	0,98
29	0,02	0,01	0,03	66	0,96	0,95	0,98
30	0,03	0,01	0,04	67	0,97	0,95	0,99
31	0,03	0,02	0,05	68	0,98	0,96	0,99
32	0,04	0,02	0,06	69	0,98	0,97	0,99
33	0,05	0,03	0,07	70	0,98	0,97	0,99
34	0,06	0,03	0,08	71	0,99	0,98	1,00
35	0,07	0,04	0,09	72	0,99	0,98	1,00
36	0,08	0,05	0,11	73	0,99	0,98	1,00
37	0,10	0,07	0,12	74	0,99	0,99	1,00
38	0,11	0,08	0,14	75	0,99	0,99	1,00
39	0,13	0,10	0,17	76	0,99	0,99	1,00
40	0,16	0,12	0,19	77	1,00	0,99	1,00
41	0,18	0,15	0,22	78	1,00	0,99	1,00
42	0,21	0,18	0,25	79	1,00	0,99	1,00
43	0,25	0,21	0,29	80	1,00	1,00	1,00
44	0,29	0,25	0,32	81	1,00	1,00	1,00
45	0,33	0,29	0,37	82	1,00	1,00	1,00
46	0,37	0,33	0,41	83	1,00	1,00	1,00
47	0,42	0,38	0,45	84	1,00	1,00	1,00
48	0,46	0,42	0,50	85	1,00	1,00	1,00
49	0,51	0,47	0,55	86	1,00	1,00	1,00
50	0,56	0,52	0,60	87	1,00	1,00	1,00
51	0,61	0,56	0,65	88	1,00	1,00	1,00
52	0,65	0,60	0,70	89	1,00	1,00	1,00
53	0,69	0,65	0,74	90	1,00	1,00	1,00
54	0,73	0,68	0,78	91	1,00	1,00	1,00
55	0,77	0,72	0,81	92	1,00	1,00	1,00
56	0,80	0,75	0,85	93	1,00	1,00	1,00
57	0,83	0,78	0,87	94	1,00	1,00	1,00
58	0,85	0,81	0,90	95	1,00	1,00	1,00
59	0,88	0,84	0,92	96	1,00	1,00	1,00



Tabla 18

Talla media de madurez sexual estimada por un ajuste de máxima verosimilitud mediante el ajuste a una función logística y posteriormente por un procedimiento no lineal y talla de madurez estimada mediante el cálculo del incremento relativo del IGS (IR.IGS) en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 1996 a 2016.

Año	GLM	No lineal	Incremento IGS	Fuente
Ago-sept 1996		54,4		Chong (2000)
Agosto 2001		56,7	47	Lillo <i>et al.</i> (2002)
Julio-ago 2002		53,3	42	Lillo <i>et al.</i> (2003)
Agosto 2003		Sin ajuste		Lillo <i>et al.</i> (2004)
Ago-sept 2004		Sin ajuste		Lillo <i>et al.</i> (2005)
Agosto 2005		55,7	44	Córdova <i>et al.</i> (2006)
Agosto 2007		47,2	41	Lillo <i>et al.</i> (2008)
Agosto 2008		Sin ajuste		Lillo <i>et al.</i> (2009)
Agosto 2009		Sin ajuste		Lillo <i>et al.</i> (2010)
Agosto 2010	45,0	44,2	42	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	45,8	44,6	42	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	48,9	48,8	44	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	54,5	54,8	43	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	56,5	57,0	44	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	52,4	51,3	40	Saavedra <i>et al.</i> (2016)
Agosto 2016	48,8	49,0	43	Presente estudio



Tabla 19

Proporci3n de hembras maduras a la edad y l3mites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2016.

Grupo de Edad	Proporci3n maduras	L3mite inferior	L3mite superior
1	0,03	0,01	0,05
2	0,11	0,06	0,15
3	0,31	0,25	0,36
4	0,63	0,56	0,7
5	0,86	0,8	0,93
6	0,96	0,93	0,99
7	0,99	0,98	1
8	1	0,99	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1

**Tabla 20**

Fecundidad promedio y fecundidad del total de las hembras maduras de la muestra calculada en estudios realizados en merluza de cola *Macrurus magellanicus*, años 1996 a 2016.

Año	Fecundidad promedio	Fecundidad de la muestra	Fuente
Agosto- sept. 1996	444.798	Sin datos	Chong (2000)
Agosto 2001	261.593	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2002)
Julio-agosto 2002	701.431	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2003)
Agosto 2003	363.041	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2004)
Agosto- sept. 2004	375.906	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2005)
Agosto 2005	631.421	630.982	Córdova <i>et al.</i> (2006)
Agosto 2007	625.709	630.230	Lillo <i>et al.</i> (2008)
Agosto 2008	440.123	424.380	Lillo <i>et al.</i> (2009)
Agosto 2009	615.807	436.687	Lillo <i>et al.</i> (2010)
Agosto 2010	581.604	391.639	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	642.409	414.678	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	642.146	445.380	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	440.610	325.483	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	575.736	508.524	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	641.329	446.217	Saavedra <i>et al.</i> (2016)
Agosto 2016	638.695	294.672	Presente estudio


Tabla 21

Listado de las especies capturadas durante la evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016. CT_{est} ($kg \cdot 0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada. $IRCT(\%)$: Importancia relativa respecto captura total estandarizada. CT_{estFA} ($kg \cdot 0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada fauna acompañante. $IRFA(\%)$: Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.

Nombre común	Nombre científico	CTest	IRCT (%)	Fauna acompañante	
				CT_{estFA}	IRFA(%)
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	38.888	78,4		
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	9.306	18,8		
Cojinoba moteada	<i>Seriotelella punctata</i>	614	1,2	614	44,5
Reineta	<i>Brama australis</i>	231	0,5	231	16,7
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	175	0,4	175	12,7
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	160	0,3	160	11,6
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	76	0,2	76	5,5
Sierra	<i>Thyrstites atun</i>	57	0,1	57	4,2
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	51	0,1	51	3,7
Anguila espinosa	<i>Notacanthus sexspinis</i>	8	>0,1	8	0,6
Brótula	<i>Salilota australis</i>	5	>0,1	5	0,3
Willy	<i>Melanostigma gelatinosum</i>	2	>0,1	2	0,1
Granadero chileno	<i>Coelorinchus chilensis</i>	1	>0,1	1	0,1

Tabla 22

Lista de especies que componen la fauna acompañante de merluza de cola. CT_{est} ($kg \cdot 0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada. $IRFA(\%)$: Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.

Fauna acompañante Merluza de cola			
Nombre común	Nombre científico	CT_{est}	IRFA(%)
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	9.306	87,1
Cojinoba moteada	<i>Seriotelella punctata</i>	614	5,7
Reineta	<i>Brama australis</i>	231	2,2
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	175	1,6
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	160	1,5
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	76	0,7
Sierra	<i>Thyrstites atun</i>	57	0,5
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	51	0,5
Anguila espinosa	<i>Notacanthus sexspinis</i>	8	0,1
Brótula	<i>Salilota australis</i>	5	>0,1
Willy	<i>Melanostigma gelatinosum</i>	2	>0,1
Granadero chileno	<i>Coelorinchus chilensis</i>	1	>0,1


Tabla 23

Listado total de las especies capturadas durante los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, aguas exteriores, realizados entre 2000 y 2016, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.

CRUCEROS DE EVALUACIÓN																		
Nombre común	Nombre científico	Símbolo*	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	mau	21,5	25,1	36,1	10,7	11,6	11,8	6,7	7,4	19,9	16,1	9,4	15,4	53,1	31,6	11,9	18,8
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	mia	<0,1	24,4			26,0	5,0		1,8	<0,1		8,6	1,5	4,8	8,5	0,9	0,4
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	mma	77,8	50,3	63,7	79,6	58,5	83,1	91,5	88,9	71,6	83,5	79,2	82,4	41,2	56,9	85,9	78,4
Brótula	<i>Saillota australis</i>	sau	<0,1						0,1		0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	gbl	0,2	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,3
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>								<0,1									
Pejegallo	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>								<0,1									
Granadero chileno	<i>Coelorhynchus chilensis</i>		<0,1															<0,1
Tollo	<i>Mustelus mento</i>								0,1									
Tollo de cachos	<i>Squalus acanthias</i>		<0,1				<0,1						<0,1	<0,1	<0,1			
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	sac					0,1			0,1	0,4		<0,1					0,2
Reineta	<i>Brama australis</i>	tmu				0,1	0,5	0,1	0,2	0,4	1,9	0,3	1,3	0,2	0,4	1,1	0,4	0,5
Cojinoba moteada	<i>Seriola punctata</i>	bau	<0,1	0,1	0,1		0,4		0,1		0,4	<0,1		<0,1	<0,1	1,6	0,6	1,2
Calamar	Cephalopoda	spu												<0,1	0,1			
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>					9,4	2,7		<0,1	1,3	5,7	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	0,3	
Cojinoba azul	<i>Seriola violacea</i>	dgi											1,4					
Sierra	<i>Thyrstites atun</i>												<0,1	<0,1				0,1
Mictófono	Myctophidae							<0,1							0,4	<0,1	<0,1	
Tiburón sardinero	<i>Lamna nasus</i>																0,1	
Cojinoba del sur	<i>Seriola caerulea</i>		0,4	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	1,1						<0,1			
Calamar illex	<i>Illex sp.</i>	sca													<0,1			
Anguila espinosa	<i>Notacanthus sexspinis</i>																	<0,1
Willy	<i>Melanostigma gelatinosum</i>																	<0,1
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>																<0,1	0,1
No identificado	No identificado			<0,1	<0,1											0,1		

Tabla 24.

Ítems alimentarios encontrados en los estómagos de *Macruronus magellanicus* para el año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
Copépodos	8	0.8	3.0	1.8	0.4	2.3	2.6	1.5
<i>Euphausia</i> sp.	269	15.8	37.0	61.7	8.7	27.8	56.7	32.7
<i>Macrocystis</i> sp.	1	1.4	1.0	0.2	0.8	0.8	1.0	0.6
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	75	67.6	49.0	17.2	37.1	36.8	52.6	30.4
Mictófidós	54	58.4	20.0	12.4	32.1	15.0	34.4	19.8
<i>Pasiphaea</i> sp.	8	3.4	7.0	1.8	1.8	5.3	5.2	3.0
Cefalópodo indeterminado	1	19.0	1.0	0.2	10.4	0.8	6.6	3.8
<i>Saliliota australis</i>	1	8.0	1.0	0.2	4.4	0.8	3.1	1.8
<i>Sergestes arcticus</i>	19	7.7	14.0	4.4	4.2	10.5	11.0	6.4
Total	436	182.1	133.0	100	100	100	173.2	100

Tabla 25.

Ítems alimentarios por grupos-presa para la dieta de *Macruronus magellanicus*, para el año 2016.

Grupo	N	P	F	%N	%P	%F	IIR	GI	%IIR	%GI
COP	8	0.8	3.0	1.8	0.4	2.3	5.1	2.6	0.1	1.5
EUFG	269	15.8	37.0	61.7	8.7	27.8	1957.1	56.7	25.7	32.7
ALG	1	1.4	1.0	0.2	0.8	0.8	0.8	1.0	0.0	0.6
MESOP	130	134.0	70.0	29.8	73.6	52.6	5444.4	90.1	71.6	52.0
CAM	27	11.1	21.0	6.2	6.1	15.8	193.8	16.2	2.5	9.4
CEF	1	19.0	1.0	0.2	10.4	0.8	8.0	6.6	0.1	3.8
Total	436	182.052	133.0	100	100	100	7609.2	173.2	100	100

**Tabla 26.**Ítems alimentarios encontrados en los machos de *Macruronus magellanicus* para el año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
Copépodos	7	0.1	2	4.6	0.1	4.0	5.0	2.9
<i>Euphausia</i> sp.	78	3.5	13	51.0	5.8	26.0	47.8	27.6
<i>Macrocystis</i> sp.	1	1.4	1	0.7	2.3	2.0	2.9	1.7
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	26	21.2	16	17.0	35.3	32.0	48.6	28.1
Mictófidos	30	31.2	10	19.6	52.0	20.0	52.9	30.5
<i>Pasiphaea</i> sp.	4	1.3	3	2.6	2.1	6.0	6.2	3.6
<i>Sergestes arcticus</i>	7	1.5	5	4.6	2.4	10.0	9.8	5.7
Total	153	60.1	50	100	100	100	173.2	100

Tabla 27.Ítems alimentarios encontrados en las hembras de *Macruronus magellanicus* para el año 2016

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Euphausia</i> sp.	189	12.2	23	69.5	10.5	29.5	63.2	36.5
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	49	46.4	33	18.0	39.8	42.3	57.8	33.4
Mictófidos	17	23.3	8	6.3	20.0	10.3	21.1	12.2
<i>Pasiphaea</i> sp.	3	1.6	3	1.1	1.4	3.8	3.6	2.1
Cefalópodo	1	19.0	1	0.4	16.3	1.3	10.3	6.0
<i>Saliliota australis</i>	1	8.0	1	0.4	6.9	1.3	4.9	2.8
<i>Sergestes arcticus</i>	12	6.2	9	4.4	5.3	11.5	12.3	7.1
Total	272	116.8	78	100	100	100	173.2	100

Tabla 28.Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G1 de *Macruronus magellanicus* estudiados para 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
Cefalópodo	1	19.0	1	0.3	11.8	0.8	7.5	4.3
<i>Euphausia</i> sp.	241	14.5	35	61.6	9.0	28.9	57.5	33.2
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	72	64.9	46	18.4	40.5	38.0	56.0	32.3
Mictófidos	52	44.4	19	13.3	27.7	15.7	32.7	18.9
<i>Saliliota australis</i>	1	8.0	1	0.3	5.0	0.8	3.5	2.0
<i>Pasiphaea</i> sp.	7	2.8	7	1.8	1.7	5.8	5.4	3.1
<i>Sergestes arcticus</i>	17	6.8	12	4.3	4.2	9.9	10.7	6.2
Total	391	160.4	121	100	100	100	173.2	100



Tabla 29.

Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G2 de *Macrurus magellanicus* año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Euphausia</i> sp.	28	1.3	2	75.7	6.2	25.0	61.7	35.6
<i>Macrocystis</i> sp.	1	1.4	1	2.7	6.7	12.5	12.7	7.3
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	3	2.7	1	8.1	12.8	12.5	19.3	11.1
Mictófidós	2	14.0	1	5.4	67.1	12.5	49.1	28.3
<i>Pasiphaea</i> sp.	1	0.6	1	2.7	2.7	12.5	10.4	6.0
<i>Sergestes arcticus</i>	2	0.9	2	5.4	4.5	25.0	20.2	11.6
Total	37	20.9	8	100	100	100	173.2	100

Tabla 30.

Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas,

Variable	N	Media	Desv,Est,	CV	Mínimo	Mediana	Máximo
Largo (m)	195	1477	1947	131,86	30	983	16007
Alto (m)	195	10,902	10,892	99,91	1,403	7,079	90,38
Elongación (m)	195	174,1	173,2	99,48	3,9	125,8	1412,8
Perímetro (m)	195	37.420	77.694	207,63	496	13.481	766.598
Área (m ²)	195	25.244	71.433	282,97	108	5.400	616.733
Dimensión fractal	195	1,86	0,0993	5,32	1,5251	1,8837	2,1309
Prof, Agregación (m)	195	303,97	100,56	33,08	101,48	322,14	492,56
Prof, fondo (m)	195	450,3	217,1	48,21	107,6	426,4	987,6
Índice altura (%)	195	24,45	21,24	86,91	0,38	18,32	79,05
NASC (m ² /mn ²)	195	1773	8444	476,29	100	283	112.273
Densidad (NASC*100/m ²)	195	8,96	21,09	235,38	2,44	4,55	251,77

**Tabla 31**

Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro de cañones y fuera de cañones,

Dentro Cañones	N	Media	Desv.Est.	CV	Mínimo	Mediana	Máximo
Largo (m)	96	1400	1549	110.67	30	990	9607
Alto (m)	96	13.53	13.82	102.12	2.26	8.78	90.38
Elongación (m)	96	138.6	131.1	94.58	7.5	105.4	615.1
Perímetro (m)	96	46983	97972	208.53	496	14766	766598
Área (m ²)	96	32226	87586	271.78	108	5668	616733
Dimensión fractal	96	1.8674	0.1015	5.44	1.5251	1.9015	2.0572
Prof. Agregación (m)	96	333.54	89.57	26.85	101.48	338.22	492.56
Prof. Fondo (m)	96	551.7	198.9	36.06	107.6	522.6	934.1
Índice altura (%)	96	33.49	22.25	66.43	0.38	35.78	79.05
NASC (m ² /mn ²)	96	2594	11772	453.91	101	273	112273
Densidad (NASC*100/m ²)	96	10.1	28.45	281.56	2.44	4.3	251.77
Fuera Cañones	N	Media	Desv.Est.	CV	Mínimo	Mediana	Máximo
Largo (m)	99	1552	2273	146.53	122	972	16007
Alto (m)	99	8.353	6.04	72.31	1.403	6.142	31.296
Elongación (m)	99	208.6	200.8	96.26	3.9	145.9	1412.8
Perímetro (m)	99	28147	49682	176.51	1395	11734	368286
Área (m ²)	99	18474	50702	274.45	481	5037	351472
Dimensión fractal	99	1.8669	0.0976	5.23	1.6072	1.8671	2.1309
Prof. Agregación (m)	99	275.3	102.7	37.32	101.6	290.3	468.2
Prof. Fondo (m)	99	352.1	187.5	53.24	115.7	340.6	987.6
Índice altura (%)	99	15.67	15.99	102.04	0.45	9.09	70.65
NASC (m ² /mn ²)	99	977	2344	239.96	100	299	16136
Densidad (NASC*100/m ²)	99	7.854	9.689	123.37	2.489	4.693	59.374



Tabla 32.

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores en zona dentro y fuera cañones.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	1.120E+06	1	1.120E+06	.294	.588
	Intra-grupos	7.346E+08	193	3.806E+06		
	Total	7.357E+08	194			
Alto	Inter-grupos	1.306E+03	1	1.306E+03	11.608	.001
	Intra-grupos	2.171E+04	193	1.125E+02		
	Total	2.302E+04	194			
Elongación	Inter-grupos	2.384E+05	1	2.384E+05	8.244	.005
	Intra-grupos	5.583E+06	193	2.893E+04		
	Total	5.821E+06	194			
Perímetro	Inter-grupos	1.729E+10	1	1.729E+10	2.893	.091
	Intra-grupos	1.154E+12	193	5.978E+09		
	Total	1.171E+12	194			
Área	Inter-grupos	9.218E+09	1	9.218E+09	1.814	.180
	Intra-grupos	9.807E+11	193	5.081E+09		
	Total	9.899E+11	194			
Dimensión fractal	Inter-grupos	1.154E-05	1	1.154E-05	.001	.973
	Intra-grupos	1.913E+00	193	9.914E-03		
	Total	1.914E+00	194			
Prof. Agregación	Inter-grupos	1.654E+05	1	1.654E+05	17.764	.000
	Intra-grupos	1.797E+06	193	9.309E+03		
	Total	1.962E+06	194			
Fondo	Inter-grupos	1.942E+06	1	1.942E+06	52.028	.000
	Intra-grupos	7.203E+06	193	3.732E+04		
	Total	9.144E+06	194			
Índice altura	Inter-grupos	1.547E+04	1	1.547E+04	41.415	.000
	Intra-grupos	7.209E+04	193	3.735E+02		
	Total	8.756E+04	194			
NASC	Inter-grupos	1.274E+08	1	1.274E+08	1.794	.182
	Intra-grupos	1.370E+10	193	7.101E+07		
	Total	1.383E+10	194			
Densidad	Inter-grupos	2.465E+02	1	2.465E+02	.553	.458
	Intra-grupos	8.607E+04	193	4.460E+02		
	Total	8.632E+04	194			

**Tabla 33.**

Valores promedio, m3ximo, m3nimo, n3mero de observaciones (N), desviaci3n est3ndar (D,S,) y coeficiente de variaci3n (C,V,) de los descriptores morfol3gicos, batim3tricos y de energ3a, Ca3ones 1, 2 y 3.

Ca3on 1	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	M3nimo	Mediana	M3ximo
Largo (m)	61	1593	1818	114.13	30	1137	9607
Alto (m)	61	15.64	15.73	100.58	2.26	9.69	90.38
Elongaci3n (m)	61	130.5	133.9	102.58	7.5	86.2	615.1
Per3metro (m)	61	60321	118997	197.27	496	16539	766598
3rea (m ²)	61	42883	107103	249.76	108	6858	616733
Dimensi3n fractal	61	1.8602	0.1032	5.55	1.5251	1.885	2.0572
Prof. Agregaci3n (m)	61	339.16	69.47	20.48	142.9	336.59	466.2
Prof. Fondo (m)	61	609.1	188	30.86	148	631.3	934.1
3ndice altura (%)	61	39.26	19.85	50.57	0.67	45.13	69.65
NASC (m ² /mn ²)	61	3455	14540	420.82	102	348	112273
Densidad (NASC*100/m ²)	61	12.08	35.46	293.46	2.62	4.28	251.77
Ca3on 2							
Largo (m)	18	1023	872	85.25	89	835	3634
Alto (m)	18	12.81	10.47	81.71	2.65	8.13	34.54
Elongaci3n (m)	18	123.5	127.7	103.41	9.7	87	449.8
Per3metro (m)	18	22145	23531	106.26	1140	13109	89890
3rea (m ²)	18	17251	30296	175.62	785	4804	125019
Dimensi3n fractal	18	1.833	0.1073	5.86	1.6555	1.8185	2.0068
Prof. Agregaci3n (m)	18	405.3	62.5	15.43	278.7	418.2	492.6
Prof. Fondo (m)	18	499.8	165	33.02	287.8	481.5	875.5
3ndice altura (%)	18	14.7	14.71	100.04	0.38	7.6	45.09
NASC (m ² /mn ²)	18	1714	4426	258.16	103	301	18725
Densidad (NASC*100/m ²)	18	8.04	5.7	70.9	3.24	4.9	20.54
Ca3on 3							
Largo (m)	17	1106	810	73.22	363	930	3673
Alto (m)	17	6.73	4.79	71.14	3.3	5.19	23.33
Elongaci3n (m)	17	183.8	121.9	66.32	54.3	149.7	464
Per3metro (m)	17	25422	37891	149.05	4650	12955	163948
3rea (m ²)	17	9845	18429	187.18	1668	4997	78960
Dimensi3n fractal	17	1.9296	0.0582	3.02	1.8099	1.9268	2.0286
Prof. Agregaci3n (m)	17	237.4	98.2	41.36	101.5	239.4	462.2
Prof. Fondo (m)	17	400.6	183.6	45.82	107.6	370.1	799.5
3ndice altura (%)	17	32.68	26.57	81.31	0.84	22.11	79.05
NASC (m ² /mn ²)	17	433	777	179.54	101	205	3323
Densidad (NASC*100/m ²)	17	5.18	2.985	57.63	2.438	4.208	15.446



Tabla 34.

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparaci3n de los valores medios de los descriptores entre cañ3nes,

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	6.292E+06	2	3.146E+06	1.319	.272
	Intra-grupos	2.217E+08	93	2.384E+06		
	Total	2.280E+08	95			
Alto	Inter-grupos	1.066E+03	2	5.330E+02	2.904	.060
	Intra-grupos	1.707E+04	93	1.835E+02		
	Total	1.814E+04	95			
Elongaci3n	Inter-grupos	4.280E+04	2	2.140E+04	1.252	.291
	Intra-grupos	1.590E+06	93	1.710E+04		
	Total	1.633E+06	95			
Perímetro	Inter-grupos	2.986E+10	2	1.493E+10	1.574	.213
	Intra-grupos	8.820E+11	93	9.484E+09		
	Total	9.119E+11	95			
Área	Inter-grupos	1.948E+10	2	9.740E+09	1.277	.284
	Intra-grupos	7.093E+11	93	7.627E+09		
	Total	7.288E+11	95			
Dimensi3n fractal	Inter-grupos	9.013E-02	2	4.507E-02	4.713	.011
	Intra-grupos	8.892E-01	93	9.562E-03		
	Total	9.794E-01	95			
Prof. Agregaci3n	Inter-grupos	2.519E+05	2	1.260E+05	22.956	.000
	Intra-grupos	5.103E+05	93	5.487E+03		
	Total	7.622E+05	95			
Fondo	Inter-grupos	6.372E+05	2	3.186E+05	9.492	.000
	Intra-grupos	3.122E+06	93	3.357E+04		
	Total	3.759E+06	95			
Índice altura	Inter-grupos	8.397E+03	2	4.198E+03	10.109	.000
	Intra-grupos	3.862E+04	93	4.153E+02		
	Total	4.702E+04	95			
NASC	Inter-grupos	1.386E+08	2	6.929E+07	.495	.611
	Intra-grupos	1.303E+10	93	1.401E+08		
	Total	1.317E+10	95			
Densidad	Inter-grupos	7.279E+02	2	3.639E+02	.445	.642
	Intra-grupos	7.614E+04	93	8.187E+02		
	Total	7.687E+04	95			

**Tabla 35.**

Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D,S,) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona,

Zona 1	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana
Largo (m)	94	1543	1601	103.81	30	1139
Alto (m)	94	12.83	13.44	104.77	2.26	8.83
Elongación (m)	94	166	160.8	96.84	7.5	117.3
Perímetro (m)	94	48049	98051	204.07	496	15829
Área (m ²)	94	31881	87632	274.87	108	6812
Dimensión fractal	94	1.8687	0.0967	5.17	1.5251	1.9008
Prof. Agregación (m)	94	306.86	92.5	30.14	101.61	327.09
Prof. Fondo (m)	94	508.8	232	45.6	115.7	522.6
Índice altura (%)	94	31.13	22.11	71.03	0.45	33.31
NASC (m ² /mn ²)	94	2477	11766	475	102	326
Densidad (NASC*100/m ²)	94	9.78	28.71	293.73	2.62	4.3
Zona 2						
Largo (m)	52	1125	1514	134.62	89	764
Alto (m)	52	9.57	8.16	85.24	1.4	6.7
Elongación (m)	52	178.7	224	125.35	3.9	112.3
Perímetro (m)	52	17213	19999	116.19	1140	10715
Área (m ²)	52	11707	21406	182.85	632	3816
Dimensión fractal	52	1.8302	0.1053	5.75	1.6072	1.8156
Prof. Agregación (m)	52	322.8	113.2	35.07	121.8	335.5
Prof. Fondo (m)	52	413.4	217	52.49	124.8	388.5
Índice altura (%)	52	15.09	15.89	105.29	0.38	7.82
NASC (m ² /mn ²)	52	1029	2727	265.17	100	312
Densidad (NASC*100/m ²)	52	10.71	12.55	117.26	2.49	5.26
Zona 3						
Largo (m)	49	1724	2778	161.11	306	930
Alto (m)	49	8.615	6.644	77.12	1.58	5.594
Elongación (m)	49	184.8	132.6	71.78	32.5	145.9
Perímetro (m)	49	38474	68410	177.81	2882	12338
Área (m ²)	49	26880	70501	262.28	481	5037
Dimensión fractal	49	1.9033	0.0845	4.44	1.7295	1.9062
Prof. Agregación (m)	49	278.4	98.1	35.22	101.5	284.8
Prof. Fondo (m)	49	377.3	150.1	39.78	107.6	370.1
Índice altura (%)	49	21.55	20.44	94.85	0.81	15.68
NASC (m ² /mn ²)	49	1212	3188	263.06	101	228
Densidad (NASC*100/m ²)	49	5.548	4.104	73.98	2.438	4.589

**Tabla 36**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparaci3n de los valores medios de los descriptores seg3n zona,

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	9.840E+06	2	4.920E+06	1.301	.275
	Intra-grupos	7.258E+08	192	3.780E+06		
	Total	7.357E+08	194			
Alto	Inter-grupos	6.988E+02	2	3.494E+02	3.006	.052
	Intra-grupos	2.232E+04	192	1.162E+02		
	Total	2.302E+04	194			
Elongaci3n	Inter-grupos	1.279E+04	2	6.394E+03	.211	.810
	Intra-grupos	5.808E+06	192	3.025E+04		
	Total	5.821E+06	194			
Perímetro	Inter-grupos	3.191E+10	2	1.595E+10	2.689	.071
	Intra-grupos	1.139E+12	192	5.933E+09		
	Total	1.171E+12	194			
Área	Inter-grupos	1.380E+10	2	6.900E+09	1.357	.260
	Intra-grupos	9.761E+11	192	5.084E+09		
	Total	9.899E+11	194			
Dimensi3n fractal	Inter-grupos	1.355E-01	2	6.777E-02	7.319	.001
	Intra-grupos	1.778E+00	192	9.260E-03		
	Total	1.914E+00	194			
Prof. Agregaci3n	Inter-grupos	5.115E+04	2	2.557E+04	2.570	.079
	Intra-grupos	1.911E+06	192	9.952E+03		
	Total	1.962E+06	194			
Fondo	Inter-grupos	6.537E+05	2	3.268E+05	7.391	.001
	Intra-grupos	8.491E+06	192	4.422E+04		
	Total	9.144E+06	194			
Índice altura	Inter-grupos	9.162E+03	2	4.581E+03	11.220	.000
	Intra-grupos	7.840E+04	192	4.083E+02		
	Total	8.756E+04	194			
NASC	Inter-grupos	9.083E+07	2	4.541E+07	.635	.531
	Intra-grupos	1.374E+10	192	7.157E+07		
	Total	1.383E+10	194			
Densidad	Inter-grupos	7.913E+02	2	3.956E+02	.888	.413
	Intra-grupos	8.552E+04	192	4.454E+02		
	Total	8.632E+04	194			

**Tabla 37.**

Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo.

100 – 199 m	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
Largo (m)	27	2013	2721	135.14	272	1182	11708
Alto (m)	27	7.67	5.81	75.78	2.34	5.81	28.54
Elongación (m)	27	296.9	273.5	92.11	27.5	188.2	1412.8
Perímetro (m)	27	26963	53762	199.4	2630	11829	276221
Área (m ²)	27	23624	64257	272	1492	6038	333812
Dimensión fractal	27	1.8019	0.0813	4.51	1.6489	1.8088	1.9416
Prof. Agregación (m)	27	137.31	20.71	15.08	101.48	135.26	190.12
Prof. Fondo (m)	27	153.21	23.99	15.66	107.64	148.22	195.56
Índice altura (%)	27	9.73	9.48	97.4	0.88	5.72	35.48
NASC (m ² /mn ²)	27	1340	3191	238.16	130	382	16136
Densidad (NASC*100/m ²)	27	6.647	3.564	53.62	2.915	5.235	16.488
200 – 299 m							
Largo (m)	25	2202	3169	143.9	381	1140	16007
Alto (m)	25	9.74	7.07	72.54	2.65	6.86	30.7
Elongación (m)	25	236.6	203.3	85.92	54.3	144.7	832.5
Perímetro (m)	25	46075	74834	162.42	4738	20147	368286
Área (m ²)	25	33304	73369	220.3	1939	6858	351472
Dimensión fractal	25	1.8814	0.0748	3.98	1.7295	1.8963	2.0068
Prof. Agregación (m)	25	225.65	37.13	16.45	152.08	220.94	290.22
Prof. Fondo (m)	25	249.26	32.5	13.04	201.58	249.6	295.37
Índice altura (%)	25	9.36	9.71	103.72	0.45	5.82	43.25
NASC (m ² /mn ²)	25	1479	3132	211.78	115	429	15043
Densidad (NASC*100/m ²)	25	5.248	2.604	49.63	3.103	4.441	15.674
300 – 399 m							
Largo (m)	42	1041	805	77.4	30	693	3673
Alto (m)	42	8.38	7.32	87.35	1.58	5.29	41.8
Elongación (m)	42	143.8	91.9	63.94	7.9	123.4	449.8
Perímetro (m)	42	23540	31165	132.4	496	10836	163948
Área (m ²)	42	11934	19974	167.38	108	3276	85882
Dimensión fractal	42	1.893	0.0988	5.22	1.6072	1.9042	2.1309
Prof. Agregación (m)	42	318.32	43.79	13.76	146.94	325.31	394.03
Prof. Fondo (m)	42	353.97	29.87	8.44	300.58	356.5	399.74
Índice altura (%)	42	10.03	10.32	102.93	0.77	7.32	55.34
NASC (m ² /mn ²)	42	903	1832	202.83	105	216	10686
Densidad (NASC*100/m ²)	42	17.02	42.74	251.1	3.28	5.11	251.77



Tabla 37(cont.). Valores promedio, m3ximo, m3nimo, n3mero de observaciones (N), desviaci3n est3ndar (D,S,) y coeficiente de variaci3n (C,V,) de los descriptores morfol3gicos, batim3tricos y de energ3a de las agregaciones detectadas por rango de fondo.

400 – 499 m	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	M3nimo	Mediana	M3ximo
Largo (m)	31	1265	1397	110.38	122	790	6151
Alto (m)	31	13.32	16.7	125.35	3.09	7.06	90.38
Elongaci3n (m)	31	136.5	102.8	75.31	3.9	117.9	414.6
Per3metro (m)	31	38226	71551	187.18	1296	12011	330962
3rea (m ²)	31	30070	89684	298.25	1653	5037	491336
Dimensi3n fractal	31	1.8775	0.1177	6.27	1.5251	1.921	2.0286
Prof. Agregaci3n (m)	31	377.7	69.5	18.39	226.2	380.2	472.4
Prof. Fondo (m)	31	460.06	23.07	5.01	413.76	458.59	497.3
3ndice altura (%)	31	17.78	15.08	84.79	0.38	14.19	52.66
NASC (m ² /mn ²)	31	4731	20234	427.67	101	258	112273
Densidad (NASC*100/m ²)	31	7.85	8.11	103.41	2.44	4.03	41.5

500 – 599 m	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	M3nimo	Mediana	M3ximo
Largo (m)	22	1275	1128	88.53	162	999	5292
Alto (m)	22	11.09	11.35	102.32	1.4	7.17	55.81
Elongaci3n (m)	22	161.2	119.8	74.31	18.7	126.6	367.5
Per3metro (m)	22	32564	46331	142.27	2069	18881	217671
3rea (m ²)	22	22874	61044	266.87	632	7253	292876
Dimensi3n fractal	22	1.8834	0.0968	5.14	1.7172	1.9032	2.0281
Prof. Agregaci3n (m)	22	347.5	81	23.3	115.1	343.5	455.8
Prof. Fondo (m)	22	539.17	27.33	5.07	501.68	533.9	588.45
3ndice altura (%)	22	35.8	13.56	37.88	19.92	34.29	77.28
NASC (m ² /mn ²)	22	1008	1886	187.1	100	343	8791
Densidad (NASC*100/m ²)	22	9.88	14.4	145.69	2.77	4.14	59.37



Tabla 38.

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rangos de fondo.

	Suma de cuadrados		gl	Medi a cuadr át i ca	F	Si g.
Lar go	I nt er - gr upo	3. 14E+07	5	6. 28E+06	1. 687	0. 14
	I nt r a- gr upo	7. 04E+08	189	3. 73E+06		
	Tot al	7. 36E+08	194			
Al t o	I nt er - gr upo	1. 19E+03	5	2. 38E+02	2. 06	0. 072
	I nt r a- gr upo	2. 18E+04	189	1. 16E+02		
	Tot al	2. 30E+04	194			
El ongaci ón	I nt er - gr upo	6. 87E+05	5	1. 38E+05	5. 061	0
	I nt r a- gr upo	5. 13E+06	189	2. 72E+04		
	Tot al	5. 82E+06	194			
Per í met r o	I nt er - gr upo	2. 46E+10	5	4. 92E+09	0. 81	0. 544
	I nt r a- gr upo	1. 15E+12	189	6. 07E+09		
	Tot al	1. 17E+12	194			
Ár ea	I nt er - gr upo	1. 19E+10	5	2. 38E+09	0. 46	0. 806
	I nt r a- gr upo	9. 78E+11	189	5. 18E+09		
	Tot al	9. 90E+11	194			
Di mensi ón f r act al	I nt er - gr upo	1. 60E- 01	5	3. 20E- 02	3. 445	0. 005
	I nt r a- gr upo	1. 75E+00	189	9. 28E- 03		
	Tot al	1. 91E+00	194			
Pr of . Agr egaci ón	I nt er - gr upo	1. 26E+06	5	2. 53E+05	68. 464	0
	I nt r a- gr upo	6. 98E+05	189	3. 69E+03		
	Tot al	1. 96E+06	194			
Fondo	I nt er - gr upo	8. 55E+06	5	1. 71E+06	542. 11	0
	I nt r a- gr upo	5. 96E+05	189	3. 15E+03		
	Tot al	9. 14E+06	194			
Í ndi ce Al t ur a	I nt er - gr upo	6. 17E+04	5	1. 23E+04	90. 216	0
	I nt r a- gr upo	2. 59E+04	189	1. 37E+02		
	Tot al	8. 76E+04	194			
NASC	I nt er - gr upo	3. 31E+08	5	6. 62E+07	0. 927	0. 465
	I nt r a- gr upo	1. 35E+10	189	7. 14E+07		
	Tot al	1. 38E+10	194			
Densi dad	I nt er - gr upo	3. 87E+03	5	7. 74E+02	1. 775	0. 12
	I nt r a- gr upo	8. 25E+04	189	4. 36E+02		
	Tot al	8. 63E+04	194			



Tabla 39. Matriz de correlaciones entre las variables originales

	Largo	Alto	Elongación	Perímetro	Área	Dimensión fractal	Prof. Agregación	Fondo	Índice altura	NASC	Densidad
Largo	1	.450	.577	.789	.767	-.105	-.183	-.117	.005	.382	-.099
Alto	.450	1	-.224	.673	.794	-.410	.213	.179	.098	.693	-.027
Elongación	.577	-.224	1	.184	.120	.220	-.404	-.293	-.100	.002	-.113
Perímetro	.789	.673	.184	1	.904	-.073	.046	.069	.093	.437	-.075
Área	.767	.794	.120	.904	1	-.214	.035	.018	.026	.694	-.033
Dimensión fractal	-.105	-.410	.220	-.073	-.214	1	.027	.062	.113	-.209	-.076
Prof. Agregación	-.183	.213	-.404	.046	.035	.027	1	.653	.112	.025	.051
Fondo	-.117	.179	-.293	.069	.018	.062	.653	1	.791	-.015	-.063
Índice altura	.005	.098	-.100	.093	.026	.113	.112	.791	1	-.015	-.123
NASC	.382	.693	.002	.437	.694	-.209	.025	-.015	-.015	1	.111
Densidad	-.099	-.027	-.113	-.075	-.033	-.076	.051	-.063	-.123	.111	1

Tabla 40. Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes

Componente	Valor propio	% Variabilidad	% Acumulado
1	3,703	41,143	41,143
2	2,397	26,636	67,779
3	1,313	14,590	82,369
4	0,749	8,326	
5	0,510	5,669	
6	0,163	1,808	
7	0,101	1,122	
8	0,038	0,426	
9	0,025	0,280	

Nota: En negrita componentes principales cuyo valor propio es mayor al promedio de todos los componentes



Tabla 41. Correlaciones de las variables originales con los componentes principales

Variable	Componente		
	1	2	3
Largo	0,820	-0,329	0,348
Alto	0,827	0,294	-0,319
Elongación	0,199	-0,636	0,603
Perímetro	0,906	-0,002	0,118
Área	0,975	-0,002	-0,072
Prof. Agregación	0,031	0,749	-0,196
Fondo	0,054	0,909	0,378
Ind. Altura	0,078	0,639	0,644
NASC	0,725	0,049	-0,335



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

ANEXO



TALLERES

1 Taller de Coordinación

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto, se realizó el taller de coordinación con la finalidad de presentar el plan de trabajo, metodologías y procedimientos relevantes para fines del estudio. Este taller se realizó el jueves 21 de julio de 2016 en el Auditorio "Marcos Espejo Vidal" del Instituto de Fomento Pesquero. La lista de asistentes se presenta a continuación:



Jueves 21 julio, 2016.
Lugar: Sala Consejo IFOP Valparaíso

Nº	Nombre	Institución	Firma
01	Carla Falcón S.	Minecon	
02	donato Flores V	Isispece	
03	Esteban Ludino	IFOP	
04	Sergio Lillo	IFOP	
05	ALVARO SAAVEDRA	IFOP	
06			
07			
08			
09			
10			



2 Presentación resultados al Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-RDZSA)

El día 9 de noviembre de 2016 se presentaron los resultados del informe de avance del proyecto al CCT-RDZSA en dependencias de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en Valparaíso.

3 Taller de Presentación y Discusión de resultados

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto se realizó el taller de presentación y discusión de resultados, el que tuvo lugar en Valparaíso en el auditorium “*Marcos Espejo Vidal*” del Instituto de Fomento Pesquero, el día martes 28 de marzo de 2017. La asistencia al taller tuvo una alta concurrencia y estuvo constituida por personas pertenecientes al entorno del sector pesquero industrial, científicos y técnicos relacionados con el tema, integrantes del comité científico de la PDA, profesionales sectorialistas de la contraparte técnica y encargados de la administración de estas pesquerías. El programa que se desarrolló en esa oportunidad, la lista de participantes y las principales observaciones y comentarios se presenta a continuación:



Taller de Entrega de Resultados

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones.

Martes 28 de marzo de 2017.

Lugar: Auditorio IFOP “Marcos Espejo Vidal”
Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.

Programa

09:50 - 10:00
Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del cruceo de Evaluación.
Sr. Álvaro Saavedra G.

10:00 - 10:55
Exposición de Resultados del proyecto, sección 1.
Biomasa y distribución del stock evaluado de merluza de tres aletas.
Sr. Álvaro Saavedra G.

Biomasa y distribución de merluza de cola y merluza del sur.
Sr. Sergio Lillo V.

Composición de tallas y proporción sexual de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.
Sr. Renato Céspedes M.

10:55 - 11:15
Consultas y discusión resultados, sección 1.

11:15 - 11:30
Coffee - Break

11:30 - 12:45
Exposición de Resultados del proyecto, sección 2.

Composición de edad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.
Sra. Vilma Ojeda C.

Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópica, ojiña de madurez y fecundidad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.
Sr. Fernando Balbontín C., Sr. Eduardo Díaz R.

Composición de los principales ítems alimentarios de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas en el área de estudio.
Sr. Sebastián López K.

12:45 - 13:30
Consultas y discusión resultados, sección 2.

13:30
Fin Taller.





Taller de Entrega de Resultados

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones.

Martes 28 de marzo de 2017.

Lugar: Auditorio IFOP "Marcos Espejo Vidal"
Almte: Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.

ASISTENCIA:

Nº	Nombre	Mail	Institución	Firma
1	Renato Céspedes	renato.cespedes@ifop.cl	IFOP	[Firma]
2	Valma Ojeda C	valma.ojeda@ifop.cl	IFOP	[Firma]
3	Carlo Falcón Simonelli	cfalcón@economia.cl	Minecon	[Firma]
4	Mario Inostroza	minostroza@nissui.cl	EMDEPES IFOP	[Firma]
5	Yoshihito Nishino	nishino@nissui.cl	EMDEPES IFOP	[Firma]
6	Heitor Torrealva P	HTORREALVA@NISSUI.CL	EMDEPES	[Firma]
7	Sergio Lillo	Sergio.Lillo@ifop.cl	IFOP	[Firma]
8	Rene Vargas Silva	RENEVARGAS@ifop.cl	IFOP	[Firma]
9	SEBASTIAN KRAMER	Slopez@UNAB.cl	UNAB	[Firma]
10	EDUARDO DIAZ L	EDUARDO.DIAZ@ifop.cl	IFOP	[Firma]
11	JARAH Hopf S.	shopf@cepes.cl	CEPES	[Firma]
12	Fernando Balbontin	fernando.balbontin@uv.cl	U. Valparaíso	[Firma]
13	Alypda Zuleta	azuleta@cepes.cl	CEPES	[Firma]
14	Francisco Contreras	francisco.contreras@ifop.cl	IFOP	[Firma]
15	Josmarín Guzmán	josmarin.guzman@ifop.cl	IFOP	[Firma]



Taller de Entrega de Resultados

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones.

☒ Martes 28 de marzo de 2017.

Lugar: Auditorio IFOP "Marcos Espejo Vidal"
Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.

ASISTENCIA:

N°	Nombre	Mail	Institución	Firma
16	EMILIO GUTIERREZ	emilio.gutierrez@pescaplanet S.A	DENIS S.A	
17	Meylino Tans	Meylino.Tans@yphos.es	FIPES	
18	Patricia Ruiz	pruiz@cepes.cl	CEPES	
19	Valeria Carrizosa	valeria.carrizosa@fipes.cl	FIPES	
20	ANDRÉS FRANCO	afranco@cepes.cl	CEPES	
21	ALVARO SAAVEDRA	✓	IFOP	
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				



Resumen de los principales comentarios del taller:

Los estimados de biomasa y abundancia de las tres especies generaron interesantes debates respecto a la efectividad de las medidas administrativas aplicadas a estos recursos, ya que a vista de opiniones mas radicales no han generado efecto alguno en la conservación de los recursos al no observarse ninguna recuperación o señal de éxito en este tipo de medidas. Ante esto se argumenta que sí hay señales de recuperación considerando los aumentos en las estimaciones de biomasa de merluza del sur y merluza de tres aletas por una parte, junto a la presencia de fracciones mas juveniles que han aparecido los dos últimos años en la distribuciones de frecuencia de talla de los stocks de merluza del sur y merluza de cola, eso sumado a que en especies de alta longevidad como estos recursos, no se puede esperar reacciones inmediatas de recuperación, hace recomendable esperar a resultados en el mediano plazo. Además se argumenta que las edades mayores y que son individuos que aportan mayor cantidad de huevos y de mejor calidad no son recuperables, sino que el foco se orienta a que la fracción de juveniles llegue a esa etapa de crecimiento.

Respecto a la merluza de tres aletas se generan bastantes interrogantes respecto a la causa del retardo en la concentración del recurso en la zona de desove y a la disminución de la fracción de ejemplares de mayor tamaño que aportaban históricamente al desove y que serían parte de la fracción migratoria que habría sufrido una importante disminución en su tamaño, quizás siendo ahora la fracción residente la que mantendría el stock. Se generan dudas acerca si el cambio climático o un mayor esfuerzo de pesca asociado al sector atlántico podrían explicar estos cambios, recomendándose generar mayor conocimiento acerca de la dinámica de esta especie en base a convenios con INIDEP y a la información que se puede rescatar del estudio bioquímico de otolitos de ejemplares capturados en ambos lados del cono sur, lo que queda como tarea pendiente en el mediano plazo, así como un estudio en base a marcaje.

El ítem alimentario de estas tres especies alcanza especial relevancia en la discusión al analizar el sistema demersal austral bajo un enfoque ecosistémico, al poder obtener en base a estudios de isótopos estables la memoria alimentaria de hasta ocho meses atrás en los ejemplares estudiados, permitiendo de esta manera reconstruir parte de la historia del recurso durante el año, lo que debiera complementarse con un estudio de oferta ambiental, que en la práctica no está exento de dificultades.

Como último punto se plantea intentar determinar la tasa de mortalidad natural asociada a la predación de merluza del sur sobre merluza de cola para incorporarla en la evaluación de stock de ésta última.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA



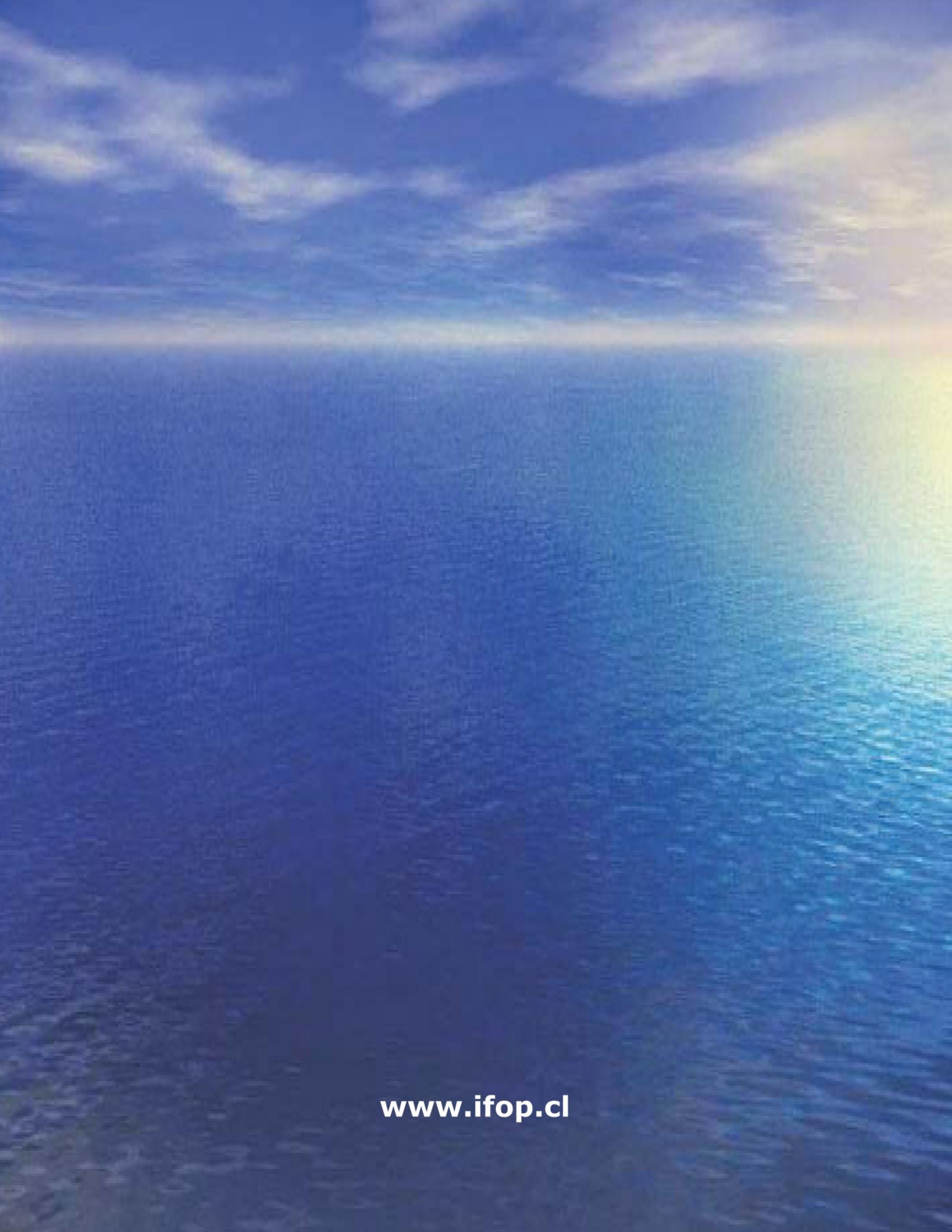
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl