



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2015

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

Sección I. Merluza del sur

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2016



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2015

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

Sección I. Merluza del sur

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2016

REQUIRENTE

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

Subsecretaria 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
Claudio Bernal Larrondo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación Pesquera
Claudio Bernal Larrondo

JEFE DE PROYECTO

Álvaro Saavedra Godoy



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2016

AUTORES

*Evaluación hidroacústica de la biomasa
de merluza del sur, invierno 2015*
Sergio Lillo Vega
Javier Legua Delgado

*Determinación de talla y edad
de merluza del sur, invierno 2015*
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
de merluza del sur, invierno 2015*
Fernando Balbontín Cavada
Ricardo Bravo Méndez
Gustavo Herrera Urzúa

*Importancia relativa fauna acompañante
de merluza del sur, invierno 2015*
Esteban Molina Guerrero

*Ítems alimentarios
de merluza del sur, invierno 2015*
Sebastián López Klarian

*Análisis de las agregaciones
de merluza del sur, invierno 2015*
Bernardo Leiva Pérez

COLABORADORES

Muestreo biológico a bordo
Oscar Nancul Paillamán
José Pérez Soto
Roberto Galaz Ubilla
Claudio Tavie Aguilar
Eduardo Mansilla Torres
Rodrigo San Juan Checura



RESUMEN EJECUTIVO

Este documento presenta los resultados de la estimación de distribución, biomasa, abundancia y estructura demográfica, características de alimentación y reproductiva de merluza del sur, correspondientes al estudio “Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores de la X y XII Regiones”.

El estudio contempló un crucero de tipo ecosistémico a bordo del buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” que se desarrolló entre el 1 de agosto y 03 de septiembre del 2015 compuesto por dos etapas, la primera (crucero 1) se orientó a merluza del sur y merluza de cola (entre paralelos 43°30' y 47°00'S) y la segunda (crucero 2) a merluza de tres aletas (entre paralelos 46°50' y 51°00'S), realizándose una recalada intermedia en el puerto de Chacabuco el 17 de agosto y abarcó el área del mar exterior comprendida entre los 100 y 600 metros de profundidad y entre las latitudes 43°30'S y 47°00'S..

Durante el desarrollo del crucero 1 se efectuaron 43 transectas de prospección acústica y 34 lances de pesca dirigidos a la identificación de ecotrazos y la obtención de muestras biológicas para realizar muestreos de tallas y biológicos, recolección de otolitos, gónadas y estómagos de merluza del sur y merluza de cola.

La abundancia de la merluza del sur se estimó en 13.781.425 individuos de los cuales 4.158.669 correspondieron a machos (30,2%) y 9.622.755 a hembras (69,8%) estimados mediante el estimador geoestadístico y a 13.389.775 individuos conformados por 4.043.712 machos y 9.346.063 hembras mediante el estimador bootstrap. La biomasa total de merluza del sur se estimó en 50.319 toneladas (CV= 10,2%) con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 41.984 y 58.653 t mediante el estimador geoestadístico y de 48.889 t (CV=10%) e intervalo de confianza entre 40.798 y 56.980 t por el estimador bootstrap. Los estimados de biomasa y sus respectivos intervalos de confianza señalan que ambos estimados se pueden considerar como estadísticamente similares. La biomasa del stock estuvo compuesta por 12.816 t de machos y 37.503 t de hembras.

Con respecto al crucero efectuado el 2014, la abundancia aumentó en 6% y la biomasa en 2,2%, pero ambos indicadores mantienen la tendencia observada en el último quinquenio como es ubicarse en el rango inferior de las estimaciones para el periodo 2000 – 2015.

La fracción desovante del stock se estimó a partir de la ojiva de madurez a la talla estimada con observaciones microscópicas para hembras. La biomasa desovante se estimó en 39.294 toneladas lo que representó el 78% del stock evaluado, mientras que la abundancia desovante alcanzó a 8.970.040 individuos equivalentes al 65,1% de la abundancia presente en el área de estudio, lo anterior considerando las estimaciones por el método geoestadístico.



La estructura de tallas registró una moda principal de ejemplares de 70 a 94 cm y una baja presencia de juveniles, manteniendo la tendencia observada en el período 2001 – 2015 con una relativa homogeneidad de la estructura de talla en el área de estudio y escasa presencia de juveniles. Sin embargo, entre los años 2010 y 2015 se ha registrado un aumento en la participación de las hembras respecto de los machos, predominio que se ha prolongado por seis años y podría tener diversos factores que conjugarían como una respuesta a la delicada condición de la población, una diferenciación en el crecimiento que favorezca a las hembras, patrones ambientales, alimentarios, diferenciación de la mortalidad en el transcurso del ciclo de vida a favor de las hembras, y otras.

En la estructura etaria se ratificó la relevancia de la fracción adulta, observándose un amplio rango de edades que abarca desde los GE I a XXIV+ en hembras y III a XIX en macho, siendo los de mayor aportación los GE IX – XV que aportaron el 88% de los machos destacando los GE XI y XII con el 46,5%, mientras que en las hembras, los GE XI a XIX contribuyeron con el 84% de la estructura con el aporte destacado de los GE XIV a XVII que en conjunto sumaron el 49% de la misma. La composición etaria del stock se mantiene en línea con la que se ha observado en los últimos quince años, con una presencia regular de los GE IX a XVI y la presencia ocasional de GE menores como ocurrió en los años 2007, 2008 y 2013, aunque en los últimos dos años, la distancia entre las estructuras de ambos sexos ha aumentado, lo que se refleja en las edades medias del stock.

En lo que respecta a los aspectos reproductivos las hembras inmaduras correspondieron a un 39% del total de hembras, representando el 61% restante a hembras en maduración y en proceso de desove, además de un pequeño porcentaje de hembras que ya habían desovado, valor inferior a lo estimado durante las evaluaciones del 2008 al 2014 en que en proceso reproductivo se situó entre 74% y 79%. Esta situación podría reflejar una mayor presencia de individuos inmaduros en la zona de muestreo y no a un retraso en el inicio del desove, ya que históricamente se ha comprobado la regularidad del desove de la merluza del sur. En cuanto al IGS de las hembras maduras de merluza del sur, los valores promedio han fluctuado desde un valor de 10,3 el 2013 hasta 10,4 y 12,8 entre el 2010 al 2014. Este año el IGS de las hembras maduras fue 12,8, confirmando el desarrollo avanzado que alcanzaron las gónadas en ese estadio e indicaría que esas hembras están listas para desovar.

Los índices utilizados para cuantificar la actividad reproductiva, señalan que se mantiene la regularidad del desove durante agosto, lo que coincide con la fecha de inicio del crucero de prospección. Se observó un aumento en el tiempo en el porcentaje de hembras en maduración junto a un valor del IGS de las hembras con actividad reproductiva (EMS 3, 4 y 5) que se mantuvo alto entre 8,6 y 9,4, indicando que el proceso de desove continuaría con posterioridad al período de muestreo. Cabe señalar que ejemplares muestreados al sur del área de estudio, entre las latitudes 47° a 51°S, puso en evidencia que el 59% de ellas estaban inmaduras con un valor promedio del IGS muy bajo, igual a 1,6 y un 11% de hembras con desove parcial reciente, indicadores de una



escasa actividad de desove en relación al área de estudio y que ha sido calificada como principal foco de desove de la merluza del sur.

En el grupo de longitud de 60-69 cm LT estaban presentes hembras inmaduras, en cambio en el grupo de 70-79 cm LT ya se encontraron individuos inmaduros junto a otros en diferentes estadios de maduración gonadal, lo que indica que en ese rango de longitudes se ubicaría la talla media de madurez sexual, la que se estimó en 76,1 cm LT, talla que se ha mantenido relativamente constante al compararla con estimaciones anteriores, las que han sido de 71,1 cm LT el 2009 hasta 76,7 cm LT. En este sentido, no se observa una tendencia de disminución o aumento temporal en este parámetro. En cuanto a la edad media de madurez (grupo de edad), el estimado del 2013 fue de 10,7 y el 2014 de 10,4, valores similares a los 11 años de la presente estimación, todos ellos mediante un ajuste logístico general, no lográndose el ajuste de los datos a un modelo no lineal, probablemente debido al rango muy reducido de datos.

En relación con la composición específica de la captura obtenida en los lances de pesca, se identificaron un total de 11 especies, principalmente peces. La zona mantiene una alta incidencia de merluza del sur y merluza de cola que aportan el 98% de la captura total del crucero, les siguen en importancia: merluza de tres aletas, reineta y cojinoba moteada. Las demás especies presentes en los lances de identificación tienen bajos aportes individuales y en conjunto no representaron más del 1% de la captura. La distribución espacial de las especies localiza a la mayoría de éstas a lo largo de toda la zona de estudio, mientras que batimétricamente se ubicaron entre los veriles de 200 m y 400 m de profundidad. Los resultados de los análisis clasificación y ordenación, indican elevados niveles de similitud entre los conglomerados identificados, condición que se ha mantenido con poca variación, debido a que son siempre las mismas especies las que están presentes dentro de este ecosistema.

En lo que respecta a la dinámica trófica, el principal alimento de la merluza del sur es la merluza de cola, en todo el rango de tallas. De los tejidos analizados para la estabilidad isotópica, la distribución de los predadores y presas en el ecosistema austral, ratifica a la merluza austral como el predador dentro de este sistema. Se alimenta principalmente de la merluza de cola seguido por los peces mesopelágicos, confirmando lo registrado en el análisis estomacal y relevando la importancia de la merluza de cola en el ecosistema sur austral.



EXECUTIVE SUMMARY

This document presents the results for estimated distribution, biomass, abundance and demographic structure, feeding, and reproductive characteristics of the Southern hake, corresponding to the project “Evaluation of Southern hake, Patagonian grenadier, and Southern blue whiting spawning stock, in external waters between the X and XII regions”.

The study included an ecosystemic cruise aboard scientific vessel AGS 61 “Cabo de Hornos”, carried out between August 1 and September 3, 2015, and composed of two stages. The first (cruise 1) focused on Southern hake and Patagonian grenadier (between parallels 43°30’ and 47°00’S) and the second (cruise 2) focused on Southern blue whiting (between parallels 46°50’ and 51°00’S), with an intermediate docking in port Chacabuco on August 17. The study area covered external waters between 100 and 600 meters depth and between latitudes 43°30’S and 47°00’S.

During the development of cruise 1, 43 acoustic prospection transects and 34 fishing casts were carried out to identify echolines, along with collecting samples for size and biologic assessments, including otoliths, gonads, and stomachs of Southern hake and Patagonian grenadier.

The geostatistical method estimated Southern hake abundance at 13,781,425 specimens, of which 4,158,669 were male (30.2%) and 9,622,755 were female (69.8%), while the bootstrap method estimated a total of 13,389,775 specimens, of which 4,043,712 were male and 9,346,063 were female. Total Southern hake biomass was estimated at 50,319 t (CV= 10.2%) with a confidence interval ($\alpha=5\%$) between 41,984 and 58,653 t (geostatistical method) and at 48,889 t (CV=10%) with a confidence interval between 40,798 and 56,980 t (bootstrap method). The biomass estimates and their respective confidence intervals show that both estimates can be considered statistically similar. Biomass stock was composed of 12,816 t of males and 37,503 t of females.

Abundance increased by 6% and biomass increased by 2.2% compared to the cruise carried out in 2014; nevertheless, both indicators maintain the tendency observed during the last five years of remaining in the lower range of estimations for the 2000 – 2015 period.

The spawning portion of the stock was estimated from the maturity ogives to estimated size with microscopic observations in females. Spawning biomass was estimated at 39,294 t, representing 78% of evaluated stock, while spawning abundance reached 8,970,040 specimens, representing 65.1% of abundance present in the study area, considering estimates from the geostatistical method.

The principal mode for size structure was held by specimens from 70 to 94 cm with a low presence of juveniles, maintaining the tendency observed in the 2001 – 2015 period (relatively homogeneous size structure and scarce presence of juveniles in the study area). However, between 2010 and 2015 an increase in female participation over males has been registered. This predominance over the last six



years could respond to several different factors as a response to the delicate state of the population, a differentiation in growth that favors females, environmental and dietary patterns, and differentiation of mortality during the life cycle which favors females, among others.

The adult fraction was the most relevant in the age structure, with an ample age range from AG I to XXIV+ in females and from AG III to XIX in males. Age groups IX – XV were the most predominant for males, contributing 88% (most importantly from AG XI and XII with 46.5%), while AG XI to XIX contributed 84% of the females (most importantly AG XIV to XVII with 49%). This age structure corresponds with the levels observed during the last 15 years, with a regular presence of AG IX to XVI and the occasional presence of younger groups as occurred in 2007, 2008, and 2013; however, during the last two years the difference between ages for both sexes has increased, which is reflected in the average stock ages.

Regarding reproductive aspects, immature females made up 39% of the total female count, with the remaining 61% corresponding to maturing and spawning females, as well as a small percentage of individuals which had already spawned. These values are lower than those estimated from assessments from 2008 to 2014, during which the reproductive process made up between 74% and 79%. This situation could reflect a higher presence of immature specimens in the sample area and not necessarily a delay in the spawning process, as Southern hake spawning has historically been regular. Average GSI for mature female Southern hake have fluctuated from 10.3 in 2013 to 10.4 and 12.8 between 2010 and 2014. This year GSI in mature females was 12.8, which confirms the advanced development reached by gonads in this stage and would indicate that those females are prepared for spawning.

The indices used to quantify reproductive activity show a maintained regularity in spawning during August, which coincides with the beginning date for the prospection cruise. An increase over time was observed in the percentage of maturing females along with the GSI values for females in reproductive activity (SSM 3, 4, and 5) which remained high between 8.6 and 9.4, indicating that the spawning process would continue past our study period. Of the specimens sampled to the south of the study area, between latitudes 47° and 51°S, 59% were immature with a very low average GSI (1.6) and 11% of females presented recent partial spawning, indicating a scarce spawning activity in comparison to the study area which has been identified as the main Southern hake spawning zone.

The 60-69 cm TL size group contained immature females, while the 70-79 cm TL group contained specimen in different gonadal maturity stages. The average sexual maturity size, estimated at 76.1 cm TL, has remained relatively constant in comparison to previous estimates (from 71.1 cm TL in 2009 to 76.7 cm TL). No decrease or increase tendencies are observed for this parameter. Average maturity age was estimated at 10.7 in 2013 and at 10.4 in 2014, similar to the values throughout the 11 years of the present estimate, all through a general logistic adjustment, as a non-linear model could not be applied due to the reduced range of data.



A total of 11 species (mostly fish) were identified in the fishing casts. Southern hake and Patagonian grenadier make up 98% of the total cruise catch, followed in importance by Southern blue whiting, Southern rays bream, and silver warehou. The remaining species presented low individual contribution and altogether made up less than 1% of the catch. The spatial distribution of the species locates most of them all along the study area, from 43°S to 47°S, and bathimetrically between the 200 m and 400 m depth isobaths. Classification and order analysis showed great similarity between the identified conglomerates; this condition has historically remained almost unchanged, as the same species have always composed this ecosystem.

Southern hake throughout all size ranges feed mostly on Patagonian grenadier and mesopelagic fish, confirming Southern hake as the main predator in the system as demonstrated through stomach content analysis and from tissues analyzed for isotopic stability. This also reveals the importance of Patagonian grenadier in the austral ecosystem.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
EXECUTIVE SUMMARY	iv
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
1. OBJETIVO GENERAL.....	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
3. ANTECEDENTES	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	4
4.1 Área y período de estudio	4
4.2 Embarcaciones y equipos	4
4.2.1 Embarcación	4
4.2.2 Equipos	4
4.3 Objetivo específico 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>	5
4.3.1 Diseño del muestreo.....	5
4.3.2 Identificación de los ecotrazos.....	6
4.3.3 Estimación de la abundancia y biomasa de la merluza del sur	7
4.3.4 Distribución espacial de la merluza del sur	12
4.4 Objetivo Específico 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>	13
4.4.1 Muestreos.....	14
4.4.2 Composición de la estructura de tallas.....	14
4.4.3 Composición de edades del stock de merluza del sur.....	15



4.5	Objetivo específico 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>	18
4.5.1	Trabajo a bordo	18
4.5.2	Análisis de laboratorio	19
4.6.	Objetivo específico 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>	22
4.6.1	Análisis de los datos.....	23
4.6.2	Análisis comunitario.....	23
4.6.3	Identificación de agrupaciones específicas	23
4.7.	Objetivo específico 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>	24
4.7.1	Contenido Estomacal	24
4.7.2	Isótopos estables.....	26
4.8	Objetivo específico 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>	27
4.8.1	Descriptores y variables utilizadas en el análisis.....	28
5.	RESULTADOS.....	31
5.1	Objetivo específico 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>	31
5.1.1	Merluza del sur	31
5.2	Objetivo específico 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>	32
5.2.1	Composición de tallas.....	32
5.2.2	Composición de la estructura de edads	33
5.3	Objetivo específico 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,</i>	



	<i>merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación.....</i>	34
5.4	Objetivo específico 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 periodo de estudio</i>	37
5.4.1	Distribución batimétrica y espacial	38
5.4.2	Parámetros comunitarios.....	38
5.5	Objetivo específico 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>	40
5.6	Objetivo específico 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.	TALLERES	46
6.1	Taller de coordinación	46
6.2	Presentación resultados al Comité Científico Técnico de Recursos Demersales zona Sur Austral (CCT-RDZSA)	47
6.3	Taller de presentación y discusión de resultados	47
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
8.	CONCLUSIONES.....	59
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

FIGURAS

TABLAS

ANEXO: Resumen de tesis para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad de Valparaíso (Srta. Francisca Osorio): “Variabilidad espacio-temporal del ictioplancton frente a la Patagonia chilena (43°S-51°S) y condiciones oceanográficas asociadas”.



ÍNDICE DE 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.** Otolito de merluza del sur en sección transversal a nivel del foco. Longitud pez 90cm, macho. Edad: 19.
- Figura 6.** Frecuencia de tamaños de los ovocitos presentes en un ovario de merluza del sur, *Merluccius australis*, 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 de Cressie – Hawkins y Matheron para merluza del sur. Dirección 90°. Zona total de estudio.
- Figura 8.** Distribución espacial de la biomasa de merluza del sur. Agosto 2015. La escala de colores corresponde a toneladas por milla náutica cuadrada.
- Figura 9.** Distribución de talla de merluza del sur por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2015).
- Figura 10.** Distribución de talla de merluza del sur por área. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto, 2015).
- Figura 11.** Distribución de talla de merluza del sur por cañón y fuera de los cañones. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2015).
- Figura 12.** Distribución de talla de merluza del sur por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2015).
- Figura 13.** Distribución relativa de la talla de merluza del sur por sexo para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2015.
- Figura 14.** Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza del sur para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2015.



- Figura 15.** Funciones peso - longitud estimadas para merluza del sur por sexo en el período 2000 – 2015.
- Figura 16.** Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza del sur, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el período 2000 - 2015.
- Figura 17.** Edad media en la abundancia de merluza del sur en cruceros de prospección: 2000-2015.
- Figura 18.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2015.
- Figura 19.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total. Agosto de 2015.
- Figura 20.** Ovarios de merluza del sur *Merluccius australis* en estadios iniciales de desarrollo. a) Ovario N° 48 en estadio inmaduro, aumento 5x. Lu, lumen; La, lamelas; flechas, ovocitos de reserva con núcleo migrante. b) Ovario N° 129 en estadio alveolo cortical, aumento 10x; Oac, ovocito alveolo cortical; flechas, ovocitos de reserva.
- Figura 21.** Ovarios de merluza del sur *Merluccius australis* en estadios avanzados de desarrollo. a) Ovario N° 47, aumento 10x. Estadio parcialmente vitelado. Lu, lumen; La, lamela; flecha, ovocito de reserva; flecha con línea cortada, alveolos del cortex; punta de flecha, vitelo cortical. b) Ovario N° 443, aumento 5x. Estadio desovado.
- Figura 22.** Ovario de merluza del sur *Merluccius australis* desovado. a) Ovario N° 443. Estadio desovado, aumento 10x. a) Ovario desovado con folículos postovulatorios recientes (FPO). Ov, ovocito vitelado; FPO, folículos postovulatorios nuevos; flechas, ovocitos de reserva. b) Ovario N° 443, FPO nuevo, aumento 40x. L, lumen; punta de flecha, lámina folicular; flecha, lámina tecal; flecha con línea cortada, capilar.
- Figura 23.** Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza del sur *Merluccius australis*.
- 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 del sur. Agosto 2015.
- Figura 25.** Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2015, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo no lineal.
- Figura 26.** Fracción de individuos maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2015.
- Figura 27.** Curvas de madurez estimadas para merluza del sur (machos y hembras), según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2015.



- Figura 28.** Relación entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la gónada y b) la longitud total. Merluza del sur, en agosto de 2015.
- Figura 29.** Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estándar crucero. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2015.
- Figura 30.** Participación de la fauna acompañante asociada a merluza del sur. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2015.
- Figura 31.** 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 2015.
- Figura 32.** 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 2015.
- Figura 33.** Distribución latitudinal histórica de las especies más recurrentes capturadas durante cruceros de evaluación directa.
- Figura 34.** 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 2015.
- Figura 35.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2015.
- Figura 36.** 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 2015.
- Figura 37.** 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 2015.
- Figura 38.** 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 2015.
- Figura 39.** 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 2015.
- Figura 40.** Bi-plot de las merluzas estudiadas y los grupos mayores de alimentación.
- Figura 41.** Proporción de estómagos llenos y vacíos.
- Figura 41.** Contribución de los ítems alimentarios de merluza del sur.



- Figura 42.** Proporción de los grados de digestión encontrados. MAU *Merluccius australis*, MCOL *Macruronus magellanicus* y M3A *Micromesistius australis*.
- Figura 43.** Alimentación por zonas de *Merluccius australis* en el año 2015
- Figura 44.** Alimentación por profundidad de *Merluccius australis* en el año 2015
- Figura 45.** Bi-plot de nitrógeno y carbono para la zona estudiada.
- Figura 46.** Proporciones dietarias inferidas por isótopos estables para *Merluccius australis* durante el 2015.
- Figura 47.** 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 cañón (si) y fuera del cañón (no).
- Figura 48.** 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 cañón.
- Figura 49.** 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 50.** 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 51.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes.



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza de cola. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 1992-2015.
- 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 del sur, *Merluccius australis*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada por Balbontín y Bravo (1993).
- Tabla 7.** Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos. FPO, folículo post-ovulatorio; VG, vesícula germinal.
- Tabla 8.** Resumen modelación geoestadística de merluza del sur para la zona total de estudio.
- Tabla 9.** Abundancia de merluza del sur.
- Tabla 10.** Estimados de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza del sur.
- Tabla 11.** Estimaciones del tamaño del stock, peso promedio y proporción sexual de merluza del sur estimadas en los cruceros de prospección. Período 2000-2015
- Tabla 12.** Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur, crucero de evaluación agosto del 2015.
- Tabla 13.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, machos. Crucero de evaluación 2015. (Abundancia Total= 13.781.425 ejemplares; Machos= 4.158.669; Hembras= 9.622.756).
- Tabla 14.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, hembras. Crucero de evaluación 2015. (Abundancia Total= 13.781.425 ejemplares; Machos= 4.158.669; Hembras= 9.622.756).
- Tabla 15.** Abundancia por grupo de edad y desviación estándar por sexo y proporción por grupo de edad. Crucero agosto 2015.
- Tabla 16.** Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza del sur *Merluccius australis*, desde el 04 al 15 de agosto de 2015. 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 del sur *Merluccius australis* en agosto de 2015.
- Tabla 18.** Parámetros del ajuste a un modelo no lineal mediante un proceso iterativo para estimar la talla media de madurez sexual de merluza del sur, en agosto de 2015.
- Tabla 19.** Talla media de madurez sexual (cm) estimada en merluza del sur *Merluccius australis*, años 2001 a 2015.
- Tabla 20.** Proporción de individuos maduros a la edad en la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2015, mediante el análisis microscópico de las gónadas. n= 721.
- Tabla 21.** Fecundidad modal promedio y fecundidad media del total de la muestra, calculada en estudios realizados en merluza del sur *Merluccius australis*, años 1991 a 2015.
- Tabla 22.** Listado de las especies capturadas durante la evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2015. 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 23.** Lista de especies que componen la fauna acompañante de merluza del sur. CTest (kg*0,5h-1): Captura total estandarizada. IRFA(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.
- Tabla 24.** 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 2015, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.
- Tabla 25.** Distribución de los grados de digestión (DG) encontrados en las especies analizadas. MAU *Merluccius australis*, MCOL *Macruronus magellanicus* y M3A *Micromesistius australis*.
- Tabla 26.** Alimentación de merluza del sur para el área total comprendida entre Guafo y Taitao en agosto 2015.
- Tabla 27.** Importancia por grupos mayores en la dieta de *Merluccius australis* para el año 2015 total, por sexo y grupo de tallas.
- Tabla 28.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas.



- Tabla 29.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro de cañones y fuera de cañones.
- Tabla 30.** 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 31.** Número de observaciones (N), valores, mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía. Cañones 1, 2 y 3.
- Tabla 32.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones.
- Tabla 33.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona.
- Tabla 34.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona.
- Tabla 35.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo.
- Tabla 36.** 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 37.** Matriz de correlaciones entre las variables originales.
- Tabla 38.** Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes.
- Tabla 39.** Correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo: Resumen de tesis para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad de Valparaíso (Srta. Francisca Osorio): “Variabilidad espacio-temporal del ictioplancton frente a la Patagonia chilena (43°S-51°S) y condiciones oceanográficas asociadas”.



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, 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.
- 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

Desde el año 2002 y hasta el 2013, el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) financió una serie de proyectos de investigación orientados a estimar el stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, que han permitido, además del conocimiento biológico de las especies, obtener una serie histórica del tamaño de los stocks (**Tabla 1**), información que al disponerse de manera actualizada, es un importante antecedente de apoyo para la toma de decisiones de la administración pesquera.

Estos proyectos de evaluación se han desarrollado considerando la escala espacial y temporal de la concentración reproductiva de los recursos objetivos, los cuales definen en forma casi natural el área y período más adecuado para evaluar el stock desovante de las tres especies en sus principales focos de desove. 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, consideraron en el proyecto de Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura para el año 2015, un estudio para evaluar el stock desovante de los recursos señalados como objetivos.

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 del sur, el desarrollo de su pesquería registró desembarques superiores a las 50 mil toneladas en el período 1987- 1990, con un pico de casi 70 mil toneladas en 1988 lo que habría llevado a que algunos indicadores como la biomasa, la captura por unidad de esfuerzo, los desembarques y la talla de los peces presentaran una tendencia decreciente, indicando



una situación de sobrepesca a partir de 1989 (Aguayo 1996). Este escenario llevó a la autoridad administrativa a adoptar de diferentes medidas de manejo como: 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 referencia para definir el período de la pesca de investigación los datos provenientes de los muestreos biológicos de merluza del sur realizados en naves de la flota pesquera en el período 1982-1997, muestran para el cuatrimestre junio - septiembre la presencia de ejemplares en proceso reproductivo en un área que se extiende entre las latitudes 41° y 57°S, con una fuerte concentración al final del período asociada a una mayor actividad reproductiva en el área aledaña a las islas Guafo y Guablín (44° - 47°S). Por otra parte, Chong (1991), señala que la merluza del sur presenta un ciclo de madurez gonádica que se inicia en febrero y abril con el desarrollo de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos, siendo estos últimos preponderantes en mayo y junio, culminando la madurez con desoves masivos en el trimestre julio - septiembre, en tanto que Balbontín y Bravo (1993) señalan también la existencia de un desove masivo en agosto con una rápida recuperación del ovario.

Por otra parte, estimaciones de IGS de merluza del sur con datos obtenidos desde la flota pesquera, han registrado altos valores en junio - julio seguido de una disminución en agosto - septiembre, aunque la disminución de agosto sería el efecto de un bajo nivel de muestreo, efecto de la veda reproductiva de la pesquería y no a un desfase temporal del proceso reproductivo. Tal aseveración se fundamenta en el análisis de IGS diario estimados para la zona de estudio, donde se observa una clara predominancia de valores altos durante el mes de agosto entre los 43° 30' y 47°00' S, indicando en este mes se alcanza el pick de desove para esta especie.

Sin embargo, otros estudios reportan actividad reproductiva relativamente intensa en el mar interior reflejado en la presencia de huevos y larvas en aguas de fiordos y canales de la X a XII Región (Bernal y Balbontín, 1999, Balbontín, 2006; Landaeta y Castro, 2006; Bustos *et al.*, 2007). Medina *et al.* (2014) comparan la composición de ácidos grasos de hembras de merluza del sur provenientes del mar interior como exterior y sus resultados indicarían diferencias entre ambas zonas y que podría tratarse zonas de reproducción diferenciadas de merluza del sur.

Otro elemento importante de incorporar en los análisis de la merluza del sur, son los resultados obtenidos por Brickle *et al.* (2016) quienes mediante el análisis de trazas en otolitos postulan para el stock del Pacífico y Atlántico sur la existencia de un área única de desove localizada en la zona austral de Chile, donde una fracción desconocida de individuos efectuaría una migración de carácter trófico hacia el océano Atlántico por las consecuencias de administración que ello implicaría.



4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Área y período de estudio

La merluza del sur desarrolla parte importante de su proceso reproductivo entre julio y agosto. Este proceso, se concentra en la zona asociada a la plataforma continental y cañones batimétricos del área comprendida entre la isla Guafo y Taitao, sin desconocer que también pueda tener lugar en otros sectores, pero que no alcanzarían la intensidad del área de concentración. En tal escenario, se propuso efectuar el crucero de prospección en un área que incorporara el principal foco de desove de las regiones X y XI, permitiendo ser consistente con los estudios de similares objetivos generales efectuados en los años anteriores.

El crucero de prospección (Crucero 1) abarcó el área comprendida entre las latitudes 43°30'S y 47°00'S (**Figura 1**), delimitada longitudinalmente por los veriles de ~150 y 500 metros de profundidad. El crucero de prospección se efectuó entre el 01 y 16 de agosto de 2016.

4.2 Embarcación y equipos

4.2.1 Embarcación

Como plataforma de trabajo se utilizó el buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” (**Figura 2, Tabla 2**), nave equipada con un sistema de propulsión diésel eléctrico y su diseño cumple con la necesidad de reducir el nivel de emisión de ruidos, según lo recomendado para los buques de investigación (Mitson 1995).

El buque es administrado por la Armada de Chile y fue operado bajo la modalidad de arriendo.

4.2.2 Equipos

a) Sistema de ecointegración

Se utilizó un sistema de ecosondas científicos marca Simrad modelo ER60 compuesto de seis transductores (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 sistema 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 descrito por Foote *et al.*, (1987) y recomendado por el fabricante, 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 pérdida de señal acústica producida por el movimiento de la nave (Dunford, 2005).

b) Equipos de pesca

Los lances de pesca de identificación fueron realizados con una red de arrastre de mediagua modelo Barracuda 608 con abertura vertical de entre 40 y 50 metros (**Figura 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 permitiendo 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° 2.043 del 31 de julio del 2015, en que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura autorizó 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 capturar 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 mediante la medición de la altura, profundidad, distancia al fondo, además, contó con un sensor de captura para acotar el tamaño de la captura en un lance.

4.3 Objetivo específico 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 merluza del sur.***

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) Plan de muestreo acústico

El muestreo acústico se realizó mediante un diseño sistemático compuesto por 43 transectas distribuidas con dirección este-oeste que cubrieron entre los veriles de ~150 y 500 metros de profundidad. La distancia entre dos transectas adyacentes fue de cinco millas náuticas (**Figura 4a**), con una intensificación del 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 230 y 400 metros (**Figura 4b, Tabla 4**). Durante los lances de pesca, la merluza del sur fue capturada en 25 de los 28 lances de pesca realizados y contribuyó con el 38,5% de la captura total, la merluza de cola y merluza de tres aletas presentes en 27 y 14 lances aportaron el 56% y 1,6% a la captura total, las tres especies antes mencionadas contribuyeron con el 96,1% de la captura en esta etapa del crucero (**Tabla 5**).

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. En la zona del mar interior, también conocida como zona de cuchillos, se prospectó sin efectuar lances de pesca y para asignar la integración en esta zona se consideraron los lances más cercanos realizados en el mar exterior.

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 señalado, a efectuar las correcciones pertinentes.

Una vez aceptadas 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 25 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> , 2005a)
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 del sur

La estimación de la abundancia y la biomasa de la merluza del sur 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 1996) y un estimador geoestadístico (Rivoirard *et al.*, 2000) como:

a) Estimador Bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)

El estimador de \hat{Z}_R según el método bootstrap se calculó según:

$$\hat{Z}_R = \sum \frac{Z_j}{G}$$

Siendo \hat{Z}_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)

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

Donde:

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:

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

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 $(\hat{G} - G(\theta))^T \Sigma^{-1} (\hat{G} - G(\theta))$; \hat{G} es el vector $(n(n-1)/2) \cdot 1$ 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; Σ 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, 2014). 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:

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

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

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

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

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

\hat{A}_g = abundancia (en número)

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

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

\bar{w} = peso promedio de la especie en el área de estudio.

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

$\bar{\sigma}$ = $4 \cdot \pi \cdot 10^{0,1\overline{TS}}$; 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 del sur

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 de cada 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.

*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 merluza del sur.***

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 abundancia 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", 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 1.536 ejemplares, mientras que en el muestreo biológico - específico se midió la longitud y peso de 1.177 individuos. Además, se recolectaron: otolitos, gónadas y estómagos que eran 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 ($\hat{V}(\hat{l})$)**

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

b) Estimador de la proporci3n sexual (\hat{P}_s) y su varianza $\hat{V}[\hat{P}_s]$

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

$$\hat{V}(\hat{P}_s) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{\bar{C}_0^2} \frac{[\hat{p}_{si} - \hat{P}_s]^2}{n-1} + \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{\bar{C}_0^2} \frac{\hat{p}_{si} (1 - \hat{p}_{si})}{n_i^* - 1}$$

El an3lisis de las estructuras de tallas y la proporci3n sexual de ambas especies fueron tratadas de forma georreferencial. Para efectos de an3lisis espacial fue empleada la subdivisi3n latitudinal aplicada por Lillo *et al.* (2001), la cual consisti3 en dividir el 3rea de estudio en 3 3reas: 3rea 1 entre 43°30' y 44°29' S. denominada Guafo; 3rea 2 entre 44°30' y 45°29' S. denominada Guabl3n; y 3rea 3 entre 45°30' y 47°29' S. denominada Taitao. Tambi3n, se analiz3 para las zonas espec3ficas de los tres ca3ones registrados en el 3rea de estudio y descritos por C3rdova *et al.* (2006), denominados ca33n Guafo, ca33n Guabl3n y ca33n Taitao; y el 3rea fuera de los ca3ones.

4.4.3 Composici3n de edades del stock de merluza del sur

4.4.3.1 An3lisis de los otolitos

Se emple3 en ambos otolitos de cada par colectado, un tratamiento diferente, aplicando en el otolito izquierdo del par el proceso de hidrataci3n que permite observar el otolito entero y en el otolito derecho un proceso de seccionado transversal y horneado de manera de realzar los *annuli* que permiten la asignaci3n de la edad. El an3lisis de edad consider3 el recuento de bandas de caracter3sticas anuales las que presentan una mayor facilidad en su discriminaci3n si el preparado de la pieza ha sido adecuado.

En la observaci3n de los otolitos se emple3 microscopio estereosc3pico con aumento 10X y luz reflejada, permitiendo ver una secuencia de anillos opacos blanquecinos y transl3cidos en los otolitos enteros y una alternancia de bandas marr3n claro (crecimiento r3pido) y marr3n oscuro (crecimiento lento) en el caso de analizar las secciones transversales preparadas con horneado. Esta t3cnica ha sido utilizada desde el inicio del an3lisis de edad de la serie hist3rica y es empleada



en el seguimiento anual de la estructura de edades de la pesquería demersal austral (Ojeda *et al.*, 2014).

Se empleó una preparación masiva de muestras, optimizando el tiempo empleado en esta fase, dado que esta técnica incorpora tratamiento en serie a conjuntos de otolitos dispuestos secuencialmente. Se trabajó con moldes de resina en que se incluyen los otolitos, extrayendo láminas finas (0,5 mm de espesor) mediante el uso de una máquina de corte de precisión. Mediante estereomicroscopio los analistas observan estas láminas finas que contienen los otolitos seccionados, dando paso de este modo al conocimiento de las edades presentes en el crucero de evaluación del stock desovante. Se ilustra el detalle de los anillos de crecimiento en la figura 5, con un pez de 90 cm de longitud.

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 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 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 del stock \hat{p}_{se} y su varianza $\hat{V}(\hat{p}_{se})$ (Kimura 1977)

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



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 = intercepto de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- b = pendiente de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- μ = 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

La 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 aumenta con la longitud, esta transformación tiene la ventaja de estabilizar la varianza del peso, pero introduce un factor de sesgo en las predicciones re-transformadas (Bradú y Mundlak, 1970; Hayes *et al.*, 1995), pero cuya corrección, por lo pequeña, frecuentemente se omite (De Robertis y Williams, 2008).

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

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



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 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 merluza del sur.***

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 del sur, utilizándose el siguiente procedimiento:

4.5.1 Trabajo a bordo

A cada ejemplar muestreado se le midió la longitud total (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; posteriormente se pesaron y fijaron en formalina 10% con tampón fosfato de Sorensen (Hunter *et al.*, 1985), que permite una fijación adecuada para histología. Para la estimación del estado reproductivo basado en los estadios de madurez sexual (EMS), considerando a lo más seis categorías, es posible establecer un tamaño de muestra global aproximadamente igual a 600 ejemplares a examinar (Tortora, 1978) y atendiendo a que se esperaba realizar aproximadamente 30 lances durante el crucero, en total se necesitaba recolectar aproximadamente 20 ejemplares en promedio por lance para atender al tamaño de muestra global teóricamente establecido. Al respecto, el número de gónadas de merluza del sur analizadas en el laboratorio fueron de 793, superando el número estadísticamente establecido.

La determinación del tamaño de muestra para estimar el índice gonadosomático, se basó en el análisis de los datos provenientes del crucero de evaluación FIP 2004-07. De esta manera, conociendo un estimado *a priori* de la media y varianza del IGS y utilizando la metodología de determinación de tamaño de muestra para variables continuas (Thompson, 1992), se estimó el



número ejemplares requerido en 700 para para obtener un IGS con un error de un 8% en merluza del sur, empleando la siguiente relación:

$$n_0 = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 S^2}{(d \bar{X})^2}$$

Donde n_0 es el tamaño de muestra, Z es el percentil de la distribución normal estándar, S es la desviación estándar del parámetro de interés, d corresponde al nivel de error de estimación y \bar{X} corresponde al estimador de la media del parámetro.

La relación entre el error de estimación del IGS y el número de ejemplares muestreados presenta un patrón de disminución del error en que este decrece rápidamente en la medida que se selecciona un número mayor de ejemplares en la muestra hasta llegar alrededor de los 300 ejemplares, posteriormente la tasa de disminución decrece sistemáticamente. El número de gónadas efectivamente recolectado fue de 793.

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 que se aplicó originalmente en la merluza común (Balbontín y Fischer, 1981), la que fue modificada para su aplicación en la merluza del sur (Balbontín y Bravo, 1993). La escala consta de seis estadios (EMS) de acuerdo a la numeración utilizada por el Instituto de Fomento Pesquero, señalándose entre paréntesis la nomenclatura original.

b) Análisis histológico de las gónadas

La técnica utilizada 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.



c) 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:

$$IGS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{P_{gi}}{P_{ci} - P_{gi}} \right) \cdot 100$$

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

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

d) Ojiva de madurez y talla media de madurez de merluza del sur

Para la determinación de la ojiva de madurez, se consideraron sexualmente inmaduros los peces en EMS 1 y 2, mientras que los peces maduros fueron aquellos en EMS 3 a 5, además de los peces en EMS 2 en que ya se había iniciado el proceso de vitelogénesis. La estimación de la talla media de madurez, en que el 50% de las hembras están sexualmente maduras y de la ojiva de madurez fue realizada mediante el método de máxima verosimilitud (Welch y Foucher, 1988). El ajuste correspondió a una función logística generalizada, restringida a los parámetros identificados por " $b0$ " y " $b1$ ", en que $P(LT)$ es la fracción de individuos maduros en función de la talla y LT es la longitud total, relacionados a través de la expresión:

$$P(LT) = \frac{\exp(b0 + b1 * LT)}{[1 + \exp(b0 + b1 * LT)]}$$

La estimación de los parámetros de esta función permitió dar un primer ajuste de la talla media de madurez. Esta relación se realizó mediante un procedimiento no lineal siguiendo un cálculo iterativo de estimación, que permitió lograr un mejor ajuste de la ojiva de madurez por una parte y por otra, de la estimación de la talla media de madurez. El ajuste de la función logística está dado por la relación:

$$P(LT) = \frac{1}{[1 + \exp(b0 + b1 * LT)]}$$



e) Fecundidad modal

Para la determinaci3n de fecundidad se introdujeron peque1as variaciones al m3todo de Hunter *et al.* (1985) para adecuarlo a especies que presentan una fecundidad modal o de camada. Primero, se seleccionaron ovarios de peces en maduraci3n avanzada o maduros, en la escala histol3gica corresponden a ovocitos con n3cleo migrante, o bien s3lo en etapa de inicio del proceso de la hidrataci3n (hialinos) para evitar la utilizaci3n de g3nadas en que ya se hubiese iniciado el proceso de desove. Esta opci3n involucr3 la medici3n del di3metro de ovocitos presentes en una de las tres submuestras, lo que se realiz3 bajo un microscopio estereosc3pico. Como la separaci3n de las modas de ovocitos no siempre es tan marcada, la moda de tama1o m3s avanzada de ovocitos vitelados se separ3 del resto mediante el m3todo de Battacharya (Gayanilo *et al.*, 1988), que se aplica a curvas polimodales. La relaci3n porcentual entre el n3mero de ovocitos de la moda m3s avanzada de tama1o y los ovocitos de menor di3metro se consider3 que era la misma para las otras dos submuestras en que s3lo se contaron los ovocitos. En la **figura 6** se muestra la distribuci3n de los di3metros de los ovocitos de un ovario de merluza del sur utilizado anteriormente en estimaciones de fecundidad. Los valores de la fecundidad modal se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras. Cien muestras cumplieron con los requisitos establecidos en este procedimiento.

Luego de contar bajo un microscopio estereosc3pico los ovocitos de la moda m3s avanzada de tama1o de cada submuestra, se obtuvo el promedio de ovocitos de acuerdo a la siguiente relaci3n:

$$E_i = n_o \cdot W_i$$

D3nde:

- E_i = fecundidad (n3mero total de ovocitos de la moda m3s avanzada de tama1o en el ovario).
 W_i = peso h3medo del ovario (g).
 n_o = n3mero promedio de ovocitos de la moda m3s avanzada por gramo de submuestra.

Los valores de la fecundidad modal se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras. El n3mero de muestras que cumplieron los requisitos fue de 100, en cuya selecci3n se comprob3 histol3gicamente que no estaban presentes fol3culos postovulatorios que evidenciaran la existencia de un desove reciente.

Para el c3lculo de la fecundidad media poblacional, se utiliz3 la ecuaci3n de regresi3n de la fecundidad modal *versus* el peso corporal menos el peso de la g3nada. A partir de esta ecuaci3n, se estim3 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 relaci3n:



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

Donde:

- \bar{F} = fecundidad media de la muestra total.
 \bar{F}_i = fecundidad modal promedio en el lance i .
 m_i = n3mero de hembras muestreadas en el lance i .
 n = n3mero de lances.

4.6 Objetivo espec3fico 4.

*Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompa1ante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificaci3n en el 1rea y per3odo de estudio. **Secci3n merluza del sur.***

El dise1o empleado para determinar la importancia relativa de la fauna acompa1ante, considera como unidad de muestra el lance de pesca. La informaci3n b1sica que caracteriz3 el lance fue el peso de las especies capturadas (kg) y datos operacionales, como: n3mero del lance, posici3n geogr1fica, hora de inicio y t3rmino, fecha y profundidad de operaci3n de la red (relinga superior).

En cada lance se tom3 una muestra aleatoria de la captura, dispuesta en cajas de 44 litros. Cada caja fue pesada, para luego identificar y pesar por grupos espec3ficos, incluyendo las especies objetivos del estudio

Para la estimaci3n de la proporci3n de especie (\hat{p}_t) se utiliz3 el estimador:

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

Donde:

- C_{tr} = Captura total en el lance r .
 W_{trk} = Peso de la especie t , en la caja k del lance r
 M = N3mero total de lances en el crucero.
 \hat{p}_{tr} = Estimador de la proporci3n 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. Posteriormente se agruparon los lances de pesca 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, 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 la presencia de agrupaciones de fauna 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 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 merluza del sur.

Se recolectar y fijaron 287 estómagos de *Merluccius australis* muestreadas durante el crucero 222 de los cuales presentaron algún tipo de contenido. De estos se separaron 40 tejidos para el análisis de isótopos estables. Los tejidos de las presas fueron obtenidos desde los estómagos de los predadores, y de estos se separaron 70 muestras que fueron etiquetadas y congeladas a -20C°.

4.7.1 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.

Tejidos

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 una 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) y, para asegurar la muestra libre de lípidos se siguieron estas ecuaciones (Logan *et al.* 2008):

$$\begin{aligned} 1.- \delta^{13}\text{C}_{\text{librelipidos}} &= 0.967 \times \delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}} + 0.861 \\ 2.- \delta^{15}\text{N}_{\text{librelipidos}} &= 1.018 \times \delta^{15}\text{N}_{\text{muestra}} + 0.020 \end{aligned}$$

Luego los tejidos fueron lavados con agua mili-Q, para extraer la solución y reducidos hasta llegar a un rango entre 0.4 – 0.6 mg. Posteriormente, los tejidos fueron depositados en cápsulas de estaño de 5 x 9 milímetros 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 radio isótopos fueron reportados en notación de δ con sus desviaciones estándar (Pee Dee Belemita para $\delta^{13}\text{C}$ y N atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$). Por lo tanto, $\delta^{13}\text{C}$ 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 $\delta^{13}\text{C}$.

Los datos fueron agrupados por rango de tallas como: Grupo I (< 60 cm), Grupo II (60 - 80 cm) y Grupo III (> 80 cm). Por otro lado se realizó un análisis por profundidad para la que se agruparon en dos distintas profundidades: < a 300 metros y > a 300 metros. Para establecer diferencias de alimentación por sexo se utilizó el test estadístico no-paramétrico K-W de Kruskal-Wallis (Zar, 1999). Los análisis estadísticos se realizaron con la utilización del software R (R Core Team 2014) de libre disposición en internet.

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 presenta 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

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), Mictofidos (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 basado en parsimonia Gaussiana con una mixtura "dirichlet-distributed", expresada en valores medios por cada individuo. Además, para llegar a la probabilidad de consumo, con intervalos de 95% de confianza, se usaron los datos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en un modelo Bayesiano, cada valor fue combinado con 1000 pseudoréplicas. Además se uso 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. 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 2014). 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 .

Para la merluza austral se agruparon los tamaños de la siguiente forma: Grupo 1 (< 40 cm), Grupo 2 (40 - 60 cm) y Grupo 3 (> 60 cm). Para establecer diferencias batimétricas y por zona de pesca, se separaron de acuerdo a la tabla entregada por IFOP. Zona 1 (43-46 S°) y Zona 2 (46-50 S°), en tanto las profundidades variaron de acuerdo a la especie de merluza. Como el número de estómagos es bajo para calcular %GI de cada ítem, se separaron en Número de presas y Peso, luego se realizó una comparación estadística por estrato a través de un Modelo General lineal combinando, presa + estrato + peso.

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 2014) de libre disposición en internet.

4.8 Objetivo específico 6.

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

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.

Un aspecto que se debe mencionar con respecto a las agregaciones de peces detectadas en la zona de estudio es que merluza del sur no forma cardúmenes y merluza de cola lo hace en contadas ocasiones, sino que generalmente forman agregaciones de densidad variable que presentan distintos grados de mezcla. Lo anterior no permite diferenciar que parte de la agregación está conformada por una u otra especie para poder estimar particularmente los descriptores de energía y morfométricos considerados en este objetivo.



Lo anterior se corrobora con la fuerte interacción entre la merluza del sur y merluza de cola, donde esta última representa sobre el 90% de la dieta de la primera (Arancibia *et al.*, 2010, Neira *et al.*, 2015, Lillo *et al.*, 2013).

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:

$$NASC = 4 \cdot \pi \cdot (1852)^2 \cdot 10^{\frac{\bar{S}_V}{10}} \cdot \text{Altura media}$$

$$\bar{S}_V = 10 \cdot \text{Log}(E) \text{ (dB)} \quad ; \quad E = \sum_{i=1}^N 10^{\frac{S_{V_i}}{10}}$$

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 S_e 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:

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

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.

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

- c) **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 Guablín; 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 Guablín (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 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 merluza del sur.

5.1.1 Merluza del sur

a) Biomasa y abundancia

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

Los resultados indican variogramas totalmente estructurados. El promedio geoestadístico de los datos (media kriging) estimados con cualquiera de los métodos aplicados presentan diferencias menores al 5,3% entre ellas, aunque el mejor ajuste (GOF) se obtiene con un variograma de modelo exponencial.

La abundancia de la merluza del sur se estimó en 13.781.425 individuos de los cuales 4.158.669 correspondieron a machos (30,2%) y 9.622.755 a hembras (69,8%) estimados mediante el estimador geoestadístico y a 13.389.775 individuos conformados por 4.043.712 machos y 9.346.063 hembras mediante el estimador bootstrap (**Tabla 9**).

La biomasa total de merluza del sur se estimó en 50.319 toneladas (CV= 10,2%) con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 41.984 y 58.653 t mediante el estimador geoestadístico y de 48.889 t (CV=10%) e intervalo de confianza entre 40.798 y 56.980 t por el estimador bootstrap. Los estimados de biomasa y sus respectivos intervalos de confianza señalan que ambos estimados se pueden considerar como estadísticamente similares. La biomasa del stock estuvo compuesta por 12.816 t de machos y 37.503 t de hembras (**Tabla 10**).

Con respecto al crucero efectuado el 2014, la abundancia aumentó en 6% y la biomasa en 2,2%, pero ambos indicadores mantienen la tendencia observada en el último quinquenio como es ubicarse en el rango inferior de las estimaciones para el período 2000 – 2015 (**Tabla 11**).

La fracción desovante del stock se estimó a partir de la ojiva de madurez a la talla estimada con observaciones microscópicas para hembras. La biomasa desovante se estimó en 39.294 toneladas lo que representó el 78% del stock evaluado, mientras que la abundancia desovante alcanzó a



8.970.040 individuos equivalentes al 65,1% de la abundancia presente en el área de estudio, lo anterior considerando las estimaciones por el método geoestadístico.

b) Distribución espacial

La distribución espacial (Figura 8) muestra una presencia de merluza del sur que estuvo presente en el 59,1% (1.538) de las 2.603 millas náuticas cuadradas prospectadas. La distribución espacial está caracterizada por un predominio de niveles de baja densidad y algunos focos de mayor importancia relativa cercanos a los cañones de Guafo, Guablín y cabo Raper.

En el área de distribución del recurso se estimó una densidad media de 31,8 t/mn² (método bootstrap) y 32,7 t/mn² (método geoestadístico) (**Tabla 10**). El mapeo utilizó kriging ordinario, variograma omnidireccional y una grilla de 0,125 millas náuticas en latitud y 0,5 millas náuticas en longitud.

La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza del sur se localizó en la latitud 44°57'S e inercia de 0,9°, ubicándose hacia el norte en relación con las observaciones efectuadas en los estudios previos, donde se han estimado centros de gravedad entre los 45°00'S y 45°25'S. Considerando la inercia estimada se puede considerar que el centro de gravedad ha permanecido estable dentro del área de estudio.

La distribución estimada a partir de los lances de identificación y referidos a la profundidad de operación de la relinga, tienen como profundidad media de distribución los 280 m con un rango varió entre 200 m y 370 m para las profundidades promedios mínima y máxima.

5.2 Objetivo específico 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 merluza del sur.***

5.2.1 Composición de tallas.

El total de ejemplares merluza del sur medido para la estimación de las estructuras de tallas fue de 1.536 individuos (**Figura 9**), con 604 machos y 932 hembras. La estructura de talla de merluza del sur en el área y período de estudio registró una distribución con una moda principal de ejemplares adultos entre los 70 y 94 cm, compuesta principalmente por ejemplares adultos con 88% (tallas superiores e igual a 70 cm), con baja presencia de juveniles menores a 70 cm (**Figura 9**), una proporción sexual compuesta por un 70% de hembras y 30% de machos. Como es característico en esta especie, las hembras registraron una talla promedio de 82 cm y los machos de 77 cm con un promedio de ambos sexos de 80 cm.



La moda principal de peces adultos entre 70 y 94 cm de la estructura de talla de merluza del sur y el predominio de las hembras fue registrada de forma uniforme entre el área Guafo y Guablín, mientras en el área Taitao registró una moda principal adulta entre 80 y 99 cm, junto con una moda de adulto jóvenes entre 60 y 74 cm (**Figura 10**). La composición de la moda de talla adulta entre 70 y 94 cm y el predominio de las hembras de merluza del sur también se registró en los tres cañones (Guafo, Guablín y Taitao, **Figura 11**), con excepción de las muestras tomadas Fuera de los Cañones con un predominio leve de los machos en 53%.

En sentido batimétrico, estratificado en rangos de 100 m, (**Figura 12**), las composiciones de tallas fueron registradas principalmente entre los 200 m y 399 m de profundidad con una moda principal adulta entre 70-94 cm, no obstante, a mayor profundidad (400-499 m) se registró una moda desplazada a la derecha, con mayor predominio de las hembras (85%).

a) Proporción sexual

Para el total del área prospectada la proporción sexual expresada a través de la fracción de hembras alcanzó a 70%, observándose un gradiente latitudinal norte-sur que se inicia en Guafo con 56% de hembras, 60% en Guablín y 85% en Taitao (**Figura 10**).

b) Distribución de talla del crucero 2015 respecto de los cruceros anteriores en la zona de estudio

Entre los años 2001 y 2015 las composiciones de tallas de merluza del sur han registrado una relativa similitud, sustentadas principalmente en ejemplares adultos, que estarían en un proceso reproductivo y una moda principal entre 70 y 94 cm (**Figura 13**). Las distribuciones de tallas muestran del 2010 en adelante un mayor aporte de la fracción de hembras respecto de los años 2001-2003, 2007 - 2009 en que la proporción de hembras se situó en alrededor del 50% (**Figura 14**).

5.2.2 Composición de la estructura de edades

La estructura de la abundancia de merluza del sur se estimó a partir de la distribución de tallas estimadas a partir de los muestreos de las capturas obtenidas en los lances de pesca de identificación.

De los muestreos biológicos de la captura se estimó la relación peso - longitud de hembras, machos y ambos sexos combinados (**Tabla 12**). En la figura 15a se muestra la gráfica de las funciones estimadas para hembras y machos en el periodo 2000 – 2015, donde se reflejan variaciones interanuales que pueden responder al estado de bienestar de los individuos o al estado de madurez gonadal de los ejemplares durante el período del estudio.



La estructura etaria del stock desovante de merluza del sur estuvo compuesto por individuos de los GE I a XX en machos y I a XXIV+ en hembras (**Tablas 13 a 15, Figura 16**). Los grupos de mayor importancia relativa con aporte sobre el 5% de la estructura correspondieron en los machos a los GE IX a XV que en conjunto aportan el 84% de la abundancia (**Tabla 13**). Por su parte, en las hembras, los grupos de mayor importancia relativa estuvieron representados por los GE VIII a XVIII que contribuyeron con el 85% de la abundancia (**Tabla 14**). Dentro de la estructura del stock evaluado, destacan en los machos los GE XI, X y XII que aportaron el 26,68%, 14,83% y 19,27%, es decir, ellos 3 significaron el 61% de la abundancia de machos. En las hembras, no se visualiza en la estructura un predominio claro de un grupo, pues aunque destaca el GE XVI (10,92%) también se registraron los GE XV, XVII y XI que aportan sobre el 8% cada uno, lo que se refleja en una estructura de base amplia con escasa diferencia en el aporte de los principales grupos etarios a la estructura del stock de hembras (**Tabla 14**).

La estructura etaria estimada para el periodo 2000-2015 (**Figura 16**) muestra una presencia recurrente de los GE VII a XVII, con la presencia ocasional de peces de menor edad como ocurrió en los años 2008 y 2013, pero que no se refleja en la estructura del año posterior. Otra característica observada es un aumento en la diferencia entre las edades medias de la abundancia de machos y hembras del stock (**Figura 17**). Al respecto, en el periodo 2000 – 2012 la edad media de las hembra no superaba en dos años a la de machos, pero el 2013 la diferencia se incrementa a 4 años manteniéndose en adelante en casi 3 años.

5.3 Objetivo específico 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 merluza del sur.

a) Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis de los estadios de madurez sexual mostró que en la merluza del sur las hembras inmaduras (EMS 1 y 2) correspondieron a un 39% del total de hembras, que corresponde a un porcentaje mayor al observado el 2014. Las hembras en proceso de desove activo (EMS 4 y 5) alcanzaron a un 26%. Por otra parte, las hembras en maduración (EMS 3), correspondieron a un 24% de las hembras, la mayoría de ellas en avanzado estado de vitelogénesis y muy próximas a alcanzar la completa madurez (**Figura 18**). La alta representatividad de las hembras en maduración y el bajo porcentaje de hembras desovadas (11%) permiten concluir que el proceso de desove estaba en plena realización.

Al analizar los estadios de madurez de acuerdo a la longitud total de las hembras, se observó que hasta el grupo de longitud de 60-69 cm LT, a excepción de una hembra en maduración, sólo estaban presentes las hembras inmaduras, en cambio en el grupo de 70-79 cm LT ya se encuentran



individuos inmaduros junto a otros en diferentes estadios de maduración gonadal, lo que indica que en ese rango de longitudes se ubica la talla media de madurez sexual (**Figura 19**).

b) Análisis histológico de las gónadas

El análisis histológico se enfocó a la obtención de una mejor definición de los estadios de madurez sexual determinados microscópicamente y que presentaban dudas. Se seleccionaron 53 gónadas para el análisis histológico, de ejemplares entre 66 y 100 cm LT, de las cuales 30 correspondían a hembras seleccionadas microscópicamente para la determinación de fecundidad y que no presentaban características reconocibles de un desove parcial previo. De estas gónadas, en solo tres el diagnóstico histológico indicó la presencia de FPO. Algunos casos representativos de los diferentes estadios de desarrollo gonadal de la merluza del sur se muestran en las **figuras 20 a 22**, incluyendo ovarios en estadios iniciales de desarrollo, en estados avanzados y en post-desove.

c) Índice gonadosomático (IGS)

Los datos disponibles de peso gonadal utilizados en el cálculo del IGS (**Figura 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 0,97 para la regresión entre el peso gonadal en el buque y en el laboratorio.

El IGS en la merluza del sur presentó un valor promedio (\pm desviación estándar) de $5,1 \pm 4,9$ y valores individuales extremos de 0,1 y 23,7. Los elevados valores de la desviación estándar reflejan la gran dispersión en los valores de los índices, los que correspondieron a peces inmaduros de pequeña talla, a peces con gónadas en regresión y hembras con gónadas hidratadas. Para relacionar el estadio reproductivo de las hembras de merluza del sur con los valores del IGS, se analizaron los datos de acuerdo al EMS de los ejemplares y se determinó la manera en que estos valores cambian en peces inmaduros y maduros. En los peces con gónadas inmaduras (EMS 2) el IGS promedio alcanzó a 0,8 (**Figura 24**), mientras en los EMS más avanzados el IGS aumentó de 8,3 en el EMS 3 a 12,8 en el EMS 5. Este elevado valor refleja el aumento de tamaño de las gónadas y el proceso de hidratación que experimentó una pequeña proporción de las hembras en este estadio. Aunque los datos no presentaron una distribución normal, se aplicó un ANOVA a los datos, considerando que el número de observaciones es suficientemente grande (e. g., 100 o más observaciones). Los resultados indicaron que existían diferencias significativas de los valores de los IGS para los distintos EMS, con $F=366,6$; $gl=747$; $p=0,0000$. El test post hoc de Tuckey HSD señaló que estas diferencias no eran significativas al comparar entre los EMS 1 y 2, como tampoco entre los EMS 3 y 4.

El IGS alcanzó valores promedio menores a 0,9 hasta el grupo de 60-69 cm LT. En el grupo de 70-79 cm LT, que corresponde al rango de tallas en que históricamente se ubica la talla media de madurez sexual, se produjo un aumento del IGS, con un promedio de 2,4. En las tallas siguientes, el



IGS presentó un aumento mayor, llegando en promedio a 9,1 en el grupo de 90-99 cm LT (**Figura 24**). Al aplicar un ANOVA a las distribuciones, se observó la existencia de diferencias significativas para los valores de los IGS en los distintos grupos de longitud ($F=80,00$; $gl=745$; $p=0,0000$). De acuerdo al test post hoc de Tuckey HSD, las diferencias no fueron significativas al comparar entre los grupos de longitud más pequeños hasta el grupo de 70-79 cm LT, como si las hubo en los grupos de tallas mayores, excepto entre los grupos de 90-99 cm con 100-109 cm LT.

d) Índices de la actividad reproductiva

Sobre la base de los lances diarios realizados durante la prospección, agrupados en períodos de 3 o 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 de merluza del sur (EMS 3, 4, 5 y 6) y de merluza de cola (EMS 3, 4 y 5). Los índices de actividad reproductiva de la merluza del sur entre el 4 y el 15 de agosto, mostraron que la prospección se realizó en plena época de desove, sin grandes variaciones en los índices correspondientes a los tres períodos considerados. Se observó un aumento en el tiempo en el porcentaje de hembras en maduración, indicando que el proceso de desove iba a continuar con posterioridad al período de muestreo. Si bien hubo una pequeña disminución en el porcentaje de peces desovantes y maduros, el valor del IGS se mantuvo alto, sobre 9, en el período del 13 al 15 de agosto (**Tabla 16**).

e) Talla media y edad media de madurez sexual.

Los datos disponibles para la merluza del sur comprendieron las tallas entre los 38 y 107 cm LT. La proporción de individuos maduros y límites de confianza se incluyen en la tabla 17 y se muestran gráficamente en la **Figura 25**. La información se procesó y se ajustó la ojiva de madurez de acuerdo a un modelo lineal, para posteriormente realizar un ajuste no lineal de los parámetros b_0 y b_1 del modelo, dando una estimación de la talla media de madurez o talla 50% de 76,1 cm LT, con límites de confianza del 95% de 75,9 y 76,3 cm (**Tabla 18**). Los valores observados se distribuyen cerca de la curva estimada, sin existir puntos que se alejen de manera notoria de la estimación. La serie cronológica de las estimaciones de este parámetro en merluza del sur se resumen en la **Tabla 19**.

Además, se realizó una estimación de la edad media de madurez obteniéndose sólo un ajuste a un modelo logístico general. La edad (grupo de edad) media de madurez sexual correspondió a 11, con límites de confianza del 95% de 10,8 y 11,2. La proporción de individuos maduros a la edad se incluye en la **Tabla 20**.

Una estimación paralela de la edad media de madurez histórica para el período 2000-2015, se efectuó utilizándolos estadios de madurez macroscópicos (**Figura 26 y 27**). En ella se aprecia la variabilidad interanual del $GE_{50\%}$ en el período, estimándose valores entre la edad 8,9 a 11,2 para machos y entre 10,5 y 14,3 para hembras. El $GE_{50\%}$ no presenta tendencia y su oscilación responde



a la conformación del stock que se reúne a desovar. Los resultados muestran en las hembras que el estimado por el método macroscópico es mayor en relación al microscópico, diferencia que refleja la capacidad del último método señalado, de detectar condiciones de la gónada que a ojo desnudo no se aprecian.

f) Fecundidad

El análisis de los ovarios de la merluza del sur para las estimaciones de fecundidad modal incluyó la medición del diámetro de los ovocitos para separar la moda más avanzada del resto de los ovocitos que van a ser desovados en una camada posterior. Se utilizó como límite la presencia de ovocitos de al menos 0,83 mm de diámetro en la selección de los ovarios. Para estos efectos, se descartaron ovarios en maduración inicial, en que todavía no hay una buena separación de las modas de. Por otra parte, tampoco se incluyeron en los análisis los ovarios que presentaban ovocitos hidratados, ya que en estos casos podría haberse iniciado el proceso de desove, con pérdida de ovocitos. Los resultados obtenidos indican que el mejor ajuste según el valor del R^2 para la relación entre la fecundidad modal y el peso corporal de las hembras menos el peso de las gónadas, correspondió a un modelo de regresión lineal simple, con R^2 igual a 0,62 (**Figura 28a**). Para la relación entre la fecundidad modal y LT, el mejor ajuste correspondió a un modelo de potencia, con un R^2 igual a 0,59 (**Figura 28b**). La fecundidad modal promedio \pm la desviación estándar fue $2.495.631 \pm 912.071$ ($n=100$). En la **Tabla 21** se incluyen otras estimaciones de fecundidad modal promedio realizadas en merluza del sur. La fecundidad calculada en el presente estudio es similar a las estimaciones de años anteriores. La fecundidad relativa promedio, expresada como el número de ovocitos por gramo de pez menos el peso de la gónada, fue 528 ± 118 ovocitos. La fecundidad media del total de la muestra alcanzó a $2.463.270 \pm 374.220$ ovocitos y es más representativa de la fecundidad poblacional.

5.4 Objetivo específico 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 merluza del sur.

En el crucero se capturaron e identificaron un total de 11 especies, 10 corresponden a peces óseos y 1 cefalópodos. La fauna obtenida en las capturas estuvo compuesta principalmente por merluza del sur y merluza de cola las que en conjunto representaron casi el 98% de la captura, seguida en orden de importancia por la merluza de tres aletas con 0,9%. Las demás especies alcanzaron una baja participación la que en conjunto no supera el 1,3%. (**Tabla 22, Figura 29**). La fauna acompañante de merluza del sur, durante el crucero, estuvo compuesta en más de un 97% por merluza de cola (**Figura 30 y Tabla 23**), seguida en importancia por merluza de tres aletas, cuya proporción de captura alcanzó a 1%. Las restantes especies de la fauna acompañante tuvieron aportes inferiores a 1% y en conjunto representaron alrededor de 1,5% de la captura total de fauna acompañante.



Considerando la división del área de estudio, merluza del sur y merluza de cola son la base de las comunidades presente en cada una de las subzonas, a las cuales también se suma merluza de tres aletas, pero en bajas proporciones. Respecto de la fauna acompañante, la condición es similar a la descrita anteriormente, ya que merluza de cola es la principal componente con aportes superiores a

98% en las zonas de Guafo y Guablín y alrededor de 90% en la zona de Taitao (**Figura 31a**). Las restantes especies tienen aportes en torno a 1% en Guafo y Guablín, mientras que en la zona de Taitao se tiene un aporte cercano a 10%, aporte que está dado principalmente por una mayor presencia de merluza de tres aletas y miembros de la familia Centrolophidae (cojinobas) (**Figura 31b**).

5.4.1 Distribución batimétrica y espacial

En la zona de estudio, la profundidad media de distribución estuvo en torno a 300 m, alcanzando profundidades extremas de 231 y 370 m. La merluza del sur se localizó a una profundidad media de 306 m, mientras que su fauna acompañante tuvo como profundidad media de distribución los 297 m (**Figura 32**). Históricamente, la distribución latitudinal de merluza del sur es continua en toda la zona ($43^{\circ}\text{S} - 47^{\circ}\text{S}$), pero con mayor presencia a partir de los 44° de latitud sur, condición que también está presente en merluza de cola (**Figura 33**). Otras especies como congrio dorado, reineta, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y jibia también están presentes en toda la zona, sin embargo, congrio dorado y cojinobas tienen mayor presencia al sur del paralelo 45°S , mientras que reineta y jibia se concentran en el sector centro (44°S y 45°S), otras especies recurrentes como lo son merluza de tres aletas y brótula, presentan un patrón de distribución latitudinal que las localiza al sur de los 45° de latitud sur (**Figura 33**).

5.4.2 Parámetros comunitarios

La identificación de asociaciones faunísticas en la zona se llevó a cabo por medio de técnicas multivariadas, a saber: 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 24**). En los análisis las especies se agruparon por: cruceros, cruceros-subzonas y cruceros-veril de profundidad.

a) Cruceros

El análisis de clasificación identifica tres grupos con similitud superior a 60% (**Figura 34**). El grupo 1 lo integran el crucero realizado en el año 2000 y los realizados entre los años 2004 a 2015, el grupo 2 reúne los cruceros realizados en los años 2001 y 2002 mientras que el grupo 3 contiene solo el crucero realizado el año 2003. El análisis de ordenación, efectuado sobre la matriz de cruceros,



muestra equivalencia en la formación de los tres grupos, al mismo tiempo, que es posible observar el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades crucero (**Figura 35a**). La fauna que integra cada uno de los conglomerados, indica que los grupos 1 y 2 están caracterizados por peces. Merluza del sur y merluza de cola tienen presencia significativa en el grupo 1 y 2. En el grupo 1 se hace significativa la presencia de otros peces como la reineta, congrio dorado y cojinobas, además, de la presencia de jibia, la cual hace notoria su presencia desde el año 2004 hasta el presente crucero. 0

En el grupo 3 estas mismas especies están presentes, sin embargo, éstas no tuvieron una presencia significativa (**Figura 35b**)

b) Cruceros-Subzonas

El resultado gráfico del análisis separa tres grupos con niveles de similitud superiores a 60%. Especialmente los grupos 2 y 3 comparten las mismas características de distribución, ya que latitudinalmente se distribuyen en toda la zona de estudio comprendiendo desde 43°30'S hasta 47°00'S (**Figura 36**). En el grupo 3 se presenta una distribución espacial restringida y se limita a la zona sur del área de estudio, localizándose entre 45°30'S y 47°00'S, lo que geográficamente corresponde a la subzona de Taitao. El análisis de ordenación muestra la equivalencia que existe en la formación de los conglomerados y, al mismo tiempo, la continuidad espacial que éstos tienen dentro del área de estudio (**Figura 37**). La fauna que integra los conglomerados 1 y 2 se caracteriza por tener incidencia significativa de especies como reineta, congrio dorado, cojinobas y jibia, mientras que en el grupo 3 la presencia de merluza del sur y merluza de cola es significativa, respecto de las otras especies.

c) Cruceros-Veril

El análisis de clasificación discrimina tres conglomerados cuyos niveles de similitud superan al 50%. La distribución batimétrica de éstos muestra que los grupos 1 y 2 se localizan en niveles batimétricos más someros, localizándose éstos entre los veriles de 200 m y profundidades menores de 200 m, mientras que el grupo 3 se localiza, principalmente, a profundidades mayores de 200 m (**Figura 39**). El resultado del análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados y las entidades que los integran y, al mismo tiempo, la congruencia que se da en la conformación de los tres conglomerados principales (**Figura 40**). La componente faunística asociada a los conglomerados, muestra que las especies se distribuyen en todo el rango de profundidad estudiado. Sin embargo, es posible distinguir dos grupos de especies, uno que se localiza preferentemente a profundidades mayores de 200 m, destacando: merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado y brótula. Mientras que el segundo grupo lo componen especies que están más asociadas a profundidades más someras en torno a los 200 m y menores, destacan: reineta y la jibia.



5.5 Objetivo específico 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 merluza del sur.

a) Muestreo

De los 287 estómagos estudiados en 222 (77%) se pudo registrar algún tipo de contenido (**Figura 41, Tabla 25**). La **Figura 42**, muestra la distribución por especie de los grados de digestión encontrados, así la merluza austral mostró que las presas encontradas se concentraron en GD5y GD6.

b) Alimentación de *Merluccius australis*

La merluza austral exhibió una dieta basada en 21 especies presas (**Tabla 26**), basada casi exclusivamente en *Macruronus magellanicus*, con un 83,3% de GI. Las especies de peces le siguen en orden de importancia *Micromesistius australis* 4,2%GI y peces mictófidios con un 2,9% de GI (**Tabla 26**). En términos de Número, Peso y Frecuencia, la merluza de cola es la presa de mayor importancia para la merluza austral, superando el 70%. Cuando se hace la comparación entre las categorías mayores, nuevamente la MG es la presa de mayor importancia con un 83,3%, seguido por MYC con un 5,4% y MIA con 4,2% (**Tabla 27**). Cabe destacar que el canibalismo, representado por merluzas australes menores a 30 cm, correspondió a un 1%.

Al diferenciar por sexos, en la alimentación de los machos MG llegó a un 77,9% de contribución dietaria seguida por los CAM en un 7,1% y CEF con 5,1%. Por otro lado, las hembras mostraron un predación sobre MG en un 84,6%, seguido por MYC con 5,8 y MIA con 4,7% MG (**Tabla 27**). Se destaca que los machos presentaron mayor canibalismo que hembras con 1,9% y 0,9% respectivamente. Los análisis estadísticos dan cuenta una alimentación similar con valores no significativos ($U=18$; $p=0,432$).

En cuanto a la alimentación por tamaños de merluza austral (tabla 27), los resultados mostraron que G1 se alimentó en 52,2% de MG, seguido de MYC en 18,6%. Por su parte G2, se alimentó en un 85,2% de MG seguido de MIA en un 5,1%. G3 subió la contribución a un 88,6% en MG, seguido por MYC con 4,1%. Se destaca que el canibalismo disminuye a través de la talla, así individuos de G1 predaron en un 8,0% a MA, en tanto G2 se alimentó de un 0,7%, y encontrándose cero canibalismo por parte de ejemplares de G3, El test U de Mann-Whitney mostró que la dieta por tallas es similar con casi el 85% de similitud. Cuando se comparan las tallas se evidencia la alta similitud en la alimentación con $U= 21$; $p=0,687$.

Al considerar la alimentación de ejemplares provenientes al norte de la altitud 47°S (Z1) y al sur de esta (Z2), los resultados no dan cuenta de una alimentación diferenciada por zonas de pesca. La Z1



mostró un consumo promedio por individuo de MG en el orden de 315,6 gr, seguido de MIA con 257,5 gr (Figura 43). La Zona 2, mostró la misma tendencia de consumo con MG como presa principal en 211.1 gr y MIA con 198.5 gr. Cabe destacar que el canibalismo fue en mayor grado en la zona 2, con un consumo de 172 gr promedio, versus la zona 1 con solo 42.5 gr promedio. Lo anterior lo ratifica el GLM, donde da cuenta que no existen diferencias significativas entre las zonas de pesca ($z=0.517$; $p=0.605$).

La alimentación por profundidad no varió en merluza austral (**Figura 44**). Individuos capturados en el estrato de 250-300 m (Prof. 2) mostraron mayor cantidad de presas encontradas, de ellas, MG dominó el espectro dietario con promedio de consumo de 191,9 g, seguido por MIA con 57,1 g. Merluzas capturadas en profundidades más someras de 200-249 m (Prof. 1) se alimentó de MG y MIA, ambos con consumos sobre los 150 gr promedio. A mayor profundidad la merluza austral se torna más especialista y solo presentó MG con 200 g promedio de consumo. El test de GLM ratifica que la merluza austral no consume presas diferenciadamente a lo largo de la columna de agua, siendo MG la presa principal ($z=1,872$; $p=0,612$).

c) Isotopos estables (SIA)

En relación a las concentraciones de la estabilidad isotópica de los predadores estudiados en este proyecto, mostró que la merluza austral presentó valores de $\delta^{13}\text{C}$ $-15,83 \pm 1,03$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $16,04 \pm 1,61$. En tanto la merluza de cola $\delta^{13}\text{C}$ $-16,07 \pm 1,3$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $14,78 \pm 2,78$ y la merluza de tres aletas $\delta^{13}\text{C}$ $-18,16 \pm 1,05$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $10,55 \pm 1,66$. La figura 45 muestra cómo se distribuyeron todas las presas y predadores para el ecosistema de aguas exteriores, así se diferencia a la merluza austral (MAU) como el depredador de este ecosistema, que puede alimentarse en toda la columna de agua. En tanto la merluza de cola (MCO) se presentó como un predador que se alimenta principalmente en aguas meso pelágicas y superficiales. Por otro lado, la merluza de tres aletas (MIA) da cuenta que es un predador que se alimenta en la superficie y también meso pelágicamente.

En cuanto al hábitat inferido por SIA, el “biplot” (**Figura 45**), mostró que la merluza de tres aletas presenta una conducta bento-pelágica, debido a la amplitud de $\delta^{13}\text{C}$ ($\sim 17 - 20$), en tanto la merluza de cola y del sur presentaron un tipo de comportamiento bento-demersal. Los sexos de las tres especies no presentaron ningún tipo de diferenciación isotópica ($p>0,05$), por lo que se infiere una alimentación similar.

Según la estabilidad isotópica (IC 95%), la merluza de cola (MG) fue la principal presa de la merluza austral (MA) representando el 70,3% de la dieta, independiente del tamaño del predador (**Figura 46**) lo que confirma su importancia en la dieta de merluza austral. Por otro lado, el canibalismo presentado por merluza austral correspondió a un 1%, indicando que este comportamiento alimenticio sería accidental. Cercanos al 10%, se encontraron como presas secundarias a MIA y MYC, siendo concordantes con los contenidos estomacales.



5.6 Objetivo específico 6.

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

5.6.1 Resultados generales descriptivos

Se procesó y analizó un total de 216 agregaciones de merluza de cola y merluza del sur sin diferenciarlas entre sí. Esta información proviene de las transectas de prospección acústica del crucero realizado en agosto del 2015. La tabla 28 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 registrada en el área de estudio (**Tabla 28; Figura 47**) muestran a excepción de la dimensión fractal, una fuerte variabilidad que se expresan en coeficientes de variación superiores al 79% y que supera el 100% en los descriptores elongación, área y perímetro, situación que con leves variaciones ha sido observado en los últimos años.

5.6.1.2 Descriptores batimétricos

La profundidad promedio en que se ubicaron las agregaciones fue de 318 m (CV = 22%), distribuyéndose en la columna de agua entre los 78 y 541 m de profundidad. La profundidad del fondo varió entre 177 y 1.406 m, con promedio en 448 m (CV= 43%). El descriptor Índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo registró en promedio un 22% (CV = 89%), variando la distancia de las agregaciones al fondo entre un 0% y 87% de la profundidad del fondo, siendo los valores más altos asociados a los mayores rangos batimétricos.

5.6.1.3 Descriptores de energía

Estos indicadores presentan una alta variabilidad expresados en coeficientes de variación superiores al 400%. Los valores de NASC de las agregaciones fluctuaron entre 100 y 143.309 m²/mn² con un valor medio de 3.096 m²/mn² (CV=417%), mientras que la densidad acústica obtenida como una medida de estandarización de la energía retrodispersada de las agregaciones respecto a su área, varió entre 0,4 y 1.039 con un promedio de 18,8 NASC*100/m² (CV=462%).



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 216 agregaciones detectadas y separadas por "zona dentro de cañones" y "zona fuera de cañones" se entrega en la **Tabla 29**. En la **Figura 47** se entregan el valor promedio y desviación estándar de los estimadores..

La **Tabla 30** entrega los resultados de la Andeva al desagregar las agregaciones según su ubicación en "zona dentro de cañones" y "zona fuera de cañones". Solamente las variables profundidad de la agregación e índice de altura presentaría diferencias significativas dentro y fuera de los cañones. El valor promedio de energía retrodispersada fue mayor en la zona dentro de cañones (4.426 vs 1.764,9 NASC), no obstante el test indicó la aceptación de la H_0 (no hay diferencias significativas) lo que se explica debido a la alta variabilidad en los valores registrados (**Figura 47**).

Los resultados obtenidos al analizar las agregaciones registradas en los cañones 1, 2 y 3, respectivamente, se presentan en la **Tabla 31** y **Figura 48**. La resultante de comparar los valores por cañón se entrega en la tabla 32 de ésta se desprende que solo las variables batimétricas presentan diferencias significativas entre cañones, ubicándose las agregaciones a mayor profundidad promedio en el cañón 2. La mayor profundidad del cañón 3 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 (**Figura 48**).

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 33** y **Figura 49**, destacando la alta variabilidad observada en la mayoría de ellos y de los cuales solo las descriptores batimétricos junto con el largo y alto presentaron diferencias significativas entre zonas (**Tabla 34**).



5.6.2.3 Sub-división según profundidad del fondo

La Tabla 35 entrega los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas según rango de profundidad. El resultado del análisis de varianza (**Tabla 36**) muestra que solamente las variables perímetro, dimensión fractal, profundidad de la agregación 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 (**Figura 50**).

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 37** en donde se aprecia que las asociaciones más fuertes se presentan entre las variables alto-área ($r=0,81$), fondo-índice altura ($r=0,80$), largo-perímetro ($r=0,78$), largo-área ($r=0,76$), perímetro-área ($r=0,65$) y largo-elongación ($r=0,56$).

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 78,4% y un criterio de selección KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) del 0,47.

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 profundidad de agregaciones y densidad, las cuales no presentaban buenas correlaciones con el resto de los descriptores, ya que su mayor asociación fue con profundidad de fondo ($r = 0,42$) y NASC ($r= 0,42$), respectivamente. La nueva combinación alcanzó un valor del índice de Kaiser (KMO = 0,53) y un 77,4% 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 77,4% de la variabilidad total. La **Tabla 38** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de los nueve componentes. La **Tabla 39** 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 3,2 y explica el 35,2% de la variabilidad total, asociando principalmente a las agregaciones de mayor tamaño, reflejado en las buenas asociaciones con los descriptores área, largo, perímetro y alto, respectivamente, el mayor tamaño de estas agregaciones se asociaría a mayores valores de NASC. El segundo componente principal con valor propio igual a 2,0 y que explica el 22,1% de la



variabilidad, denominado componente batimétrico, agrupó a las agregaciones que se ubicaron en sectores con gran profundidad de fondo pero alejadas a su vez de éste (mayores valores de índice de altura), estas agregaciones no presentarían altos valores de NASC y tampoco presentarían una buena definición en su contorno siendo más bien difusas. El tercer componente principal con valor propio 1,8 y el 20,1% de explicación de la variabilidad total, fue denominado componente oblongo, dado que agrupa principalmente a las agregaciones con un alto valor en su relación de aspecto largo/alto (elongación), presentando además una baja correlación en casi todos los descriptores ($< 0,5$).

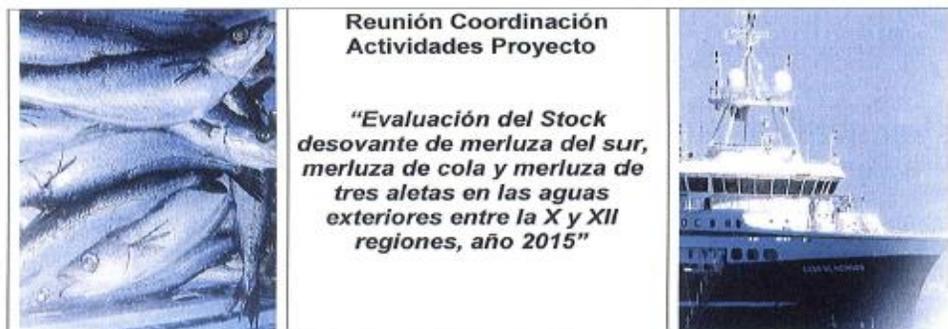
La **Figura 51** muestra la representación gráfica de los dos componentes principales, apreciándose que existe un grupo de agregaciones asociadas al componente 1 que presentan como características un mayor tamaño (valor alto de área) asociadas a valores altos de largo, perímetro y alto y que se ubican en sectores poco profundos y cercanos al fondo marino, estas agregaciones presentan valores medios de energía retrodispersada. El segundo componente presenta como característica agrupaciones con contorno desigual o difuso ubicadas en zonas de mayor profundidad y alejadas del fondo, con niveles de área menores y bajo valores de NASC.



6. TALLERES

6.1 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 viernes 24 de julio de 2015 en el Auditorio "Marcos Espejo Vidal", del Instituto de Fomento Pesquero. La lista de asistentes se presenta a continuación:



Viernes 24 julio, 2015.
Lugar: Sala Consejo IFOP Valparaiso

Nº	Nombre	Institución	Firma
01	Isabella Flores	SSPA	
02	Carla Falcón	Minecon	
03	Augusto Lillo	IFOP	
04	ALVARO SAAVEDRA	IFOP	
05			
06			
07			
08			
09			
10			



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

El día jueves 12 de noviembre de 2015 se presentaron los resultados del informe de avance del proyecto al Comité Científico Técnico CCT-RDZSA en dependencias de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en Valparaíso.

6.3 Taller de Presentación y Discusión de resultados

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto se efectuó 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 22 de marzo de 2016. 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. En el Taller se incluyó una presentación de la Srta. Francisca Osorio, Tesista de pregrado de la carrera de Biología Marina de la Universidad de Valparaíso, la que presentó su tesis “Variabilidad espacio-temporal del ictioplancton frente a la Patagonia chilena (43°S-51°S) y condiciones oceanográficas asociadas” realizada en base a las muestras de plancton obtenidas a bordo del buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” durante los cruceros de evaluación hidroacústica de merluzas austral, merluza de cola y merluza de tres aletas los años 2013 y 2014, siendo éste el primer producto que se obtiene de la data tomada en los cruceros como dato de oportunidad y en que se invita a investigadores de otras instituciones a participar en el crucero. El resumen de la tesis se entrega en **Anexo** al final del Informe.

La agenda del Taller, la lista de participantes y las principales observaciones y comentarios se presentan a continuación:



Taller de Entrega de Resultados

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"

Financia: Convenio de Desempeño 2015 / Subsecretaría de Economía y EMT

Fecha: Martes 22 de marzo de 2016.

Lugar: Auditorio IFOP "Marcos Espejo Vidal"

Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.



PROGRAMA :

09:30 - 09:40 Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del crucero de evaluación.
Álvaro Saavedra G., Jefe de Proyecto IFOP.

Sección I: Biomasa y composición de tallas.

09:40 - 09:55

Biomasa y distribución del stock evaluado de merluza de tres aletas.
Álvaro Saavedra G., Jefe de Proyecto IFOP.

09:55 - 10:20

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

10:20 - 10:35

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

10:35 - 11:20

Consultas y discusión de resultados Sección I.

11:20 - 11:35

Coffee Break (15')

Sección II: Edad, aspectos reproductivos e ítems alimentarios.

11:35 - 11:55

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

11:55 - 12:50

Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.
Fernando Balbontín C., U. Valparaíso.
Eduardo Díaz R., IFOP.

Composición de los principales ítems alimentarios de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas en el área de estudio.
Sebastián Lopez K., U. Andrés Bello.

12:50

Consultas y Discusión de resultados Sección II.

13:30

Fin del Taller.

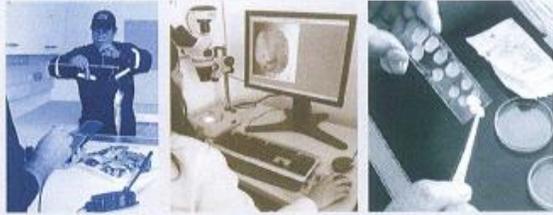
www.ifop.cl



Taller de Entrega de Resultados

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"

Fecha: Martes 22 de marzo de 2016.
Lugar: Auditorio IFOP "Marcos Espejo Vidal"
Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.



ASISTENCIA:

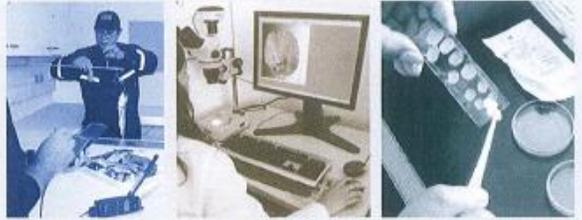
N°	Nombre	Mail	Institución	Firma
1	Sergio Lillo	Sergio.Lillo@ifop.cl	IFOP	[Firma]
2	EDUARDO DIAZ P.	EDUARDO.DIAZ@ifop.cl	IFOP	[Firma]
3	Patricio Cruz	patricio.gonz@ifop.cl	IFOP	[Firma]
4	Rodrigo San Juan	RODRIGO.SANJUAN@ifop.cl	IFOP	[Firma]
5	Luis Adasme	Luis.Adasme@ifop.cl	IFOP	[Firma]
6	Renato Caspader	renato.caspader@ifop.cl	IFOP	[Firma]
7	Enrique Gutierrez	enrique.gutierrez@pescahuu.cl	DAR	[Firma]
8	Meyling Tang	meyling.tang@gmail.com	Fipes	Meyling Tang
9	Leonzo Flores V.	lflores@subpesc.cl	Subpesc	[Firma]
10	Karen Hunt J	Karen.Hunt@ifop.cl	IFOP	[Firma]
11	Esteban Molina	esteban.molina@ifop.cl	IFOP	[Firma]
12	Vilma Ojeda C	vilma.ojeda@ifop.cl	IFOP	[Firma]
13	LEONARDO PARADA V.	leonardo.parada@ifop.cl	IFOP	[Firma]
14	Yoshihito Nishino	nishino@nissui.cl	EMDEPES	[Firma]
15	Francisca Osorio Z	francisca.osorio14@gmail.com	U. de Valparaíso	Francisca Osorio Z



Taller de Entrega de Resultados

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"

Fecha: Martes 22 de marzo de 2016.
Lugar: Auditorio IFOP "Marcos Espejo Vidal"
Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.



ASISTENCIA:

N°	Nombre	Mail	Institución	Firma
16	Fernando Balbontin	fernando.balbontin@uv.cl	U. de Valpo.	F. Balbontin
17	Hector Toroqueo	HTORQUEO@nissvi.cl	ENDEPEP	Hector Toroqueo
18	Marta Inostroza	minostroza@nissvi.cl	Emdepes	Marta Inostroza
19	Andrés Franco	andfran@cepes.cl	CEPES	Andrés Franco
20	EDUARDO BRUCE	ebruce@frisur.cl	Frisur	Eduardo Bruce
21	Francisco Leiva	franciso.leiva@ifop.cl	IFOP	Francisco Leiva
22	SERGE ARJUNO A	SERGE.ARJUNO@ifop.cl	IFOP	Serge Arjuno
23	René A. Vargas S.	rene.vargas@ipp.cl	IFOP	RAVS
24	Liu Chong J.	liu.chong@ifop.cl	IFOP	Liu Chong
25	Felipe Sánchez G.	felipe.sanchez@ifop.cl	IFOP	Felipe Sánchez
26	Carlos Vial	cvial@frisur.cl	Frisur	CV
27	Valeria Canasiz	valeria.canasiz@fips.cl	FIPES	Valeria Canasiz
28	Alejandra Zuleta	azuleta@cepes.cl	CEPES	Alejandra Zuleta
29	Patricia Ruiz O.	pruiz@cepes.cl	CEPES	P. Ruiz
30	Sarah Hopf	shopf@cepes.cl	CEPES	Sarah Hopf



Taller de Entrega de Resultados

Proyecto:
"Evaluaci3n 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"

Fecha: Martes 22 de marzo de 2016.
Lugar: Auditorio IFOP "Marcos Espejo Vidal"
Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.



ASISTENCIA:

N°	Nombre	Mail	Instituci3n	Firma
31	SEBASTIAN KLANIAN	skperez@UNAB.cl	UNIVERSIDAD NUNY BELLO	Seda
32	Luis Cid		IFOP	[Signature]
33	Lizandro Huíoz		IFOP	[Signature]
34	DARÍO TRUJILLO	dtrujil@subpesca.cl	SSPD	[Signature]
35	ALVARO SAAVEDRA GODOY		IFOP	[Signature]
36	VICTOR CRISTIANI		IFOP	[Signature]
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				



- **Estimación de abundancia y biomasa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas**

Las principales observaciones se refirieron a la posible existencia de una fracción del stock de merluza de cola y merluza del sur que no se esté evaluando, sugiriendo una exploración hacia el sur del paralelo 51°, a lo que se responde que el año 2014 se amplió la exploración hasta la latitud 53°S pero que los resultados de esta prospección arrojaron bajos valores de densidad de las tres especies en estudio, no detectándose zonas de desove, por lo que en términos de investigación e información fue positivo, pero no así en términos de evaluación. Se insiste en una exploración aún más al sur dado que habría evidencia, según la flota industrial, de una zona en las cercanías de Diego Ramírez donde ocurriría un desove temprano de merluza de cola y merluza austral.

Asimismo se solicita incorporar información del atlántico referido al posible aporte de merluza de cola desde el lado argentino, concluyendo en que faltaría más conectividad con la data externa para conocer la trama completa del recurso.

Respecto a merluza de tres aletas se genera un interesante debate en torno al stock evaluado, respecto a si correspondería solamente al stock residente, dada la evidencia en que ya no se detecta el pulso migratorio como años anteriores en que la flota realizaba un seguimiento sobre éste, o si aún se mantendría la entrada de un contingente al sector chileno para desovar en el sector cercano a la latitud 47°S, o si este pulso aún se mantiene pero debilitado a lo que se sumaría el stock residente del sector chileno, conformado por individuos juveniles y adultos jóvenes. Al respecto, se plantea un estudio de marcaje como aporte al conocimiento de la especie.

- **Ítem reproductivo**

Se deja en evidencia la nueva terminología que se adopta para clasificar las fases de desarrollo ovárico en peces, recomendándose un taller de estudios reproductivos para adoptar definitivamente la nueva terminología.

Se recomienda incorporar muestreo de aguas interiores (o canales) durante el período del estudio, especialmente para merluza de cola, dada la dispersión que se observa entre las tallas de madurez en esta especie

- **Ítem alimentario**

Los resultados reportados mediante dos métodos, análisis de contenido estomacal y análisis de isótopos estables, coincidieron primero en determinar que la dieta principal de merluza austral es merluza de cola, y en segundo lugar, dejar en evidencia que en los últimos años la dieta principal de merluza de cola ha estado predominada por mictófidios y peces mesopelágicos, mientras que la merluza de tres aletas se ha alimentado principalmente de peces mesopelágicos, no detectándose



eufáusidos en la dieta de ambas especies. La dieta observada en ambas especies se puede calificar de baja en energía, lo que podría incidir en la tasa de crecimiento, calidad de huevos y todo lo asociado a una mala alimentación, tema que generalmente no es incorporado en los análisis de estado de un recurso.



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el presente estudio muestran que el stock de **merluza del sur** presentó incrementos del 6% en su abundancia y 2,2% de su biomasa respecto al año 2014, valores que las ubican en el rango inferior de las estimaciones realizadas desde el 2000 a la fecha. Los valores estimados están en línea con lo señalado por Quiroz (2014), Payá (2014), en cuanto a que el stock se encuentra en estado de sobreexplotación y Subpesca (2015), que además lo califica en sobrepesca, con una mortalidad por pesca levemente superior al objetivo de conservación (RMS).

Como ha sido recurrente en los estudios de evaluación directa realizados en el período 2000-2015, la composición demográfica del stock presentó una participación de individuos adultos o desovantes que aportaron el 77,5% de la abundancia y 78% de la biomasa, respectivamente. En términos relativos, la fracción desovante se ubica en el nivel inferior de los valores observados en la última década lo que estaría en concordancia con el estado del stock, sin embargo continúan siendo la principal componente del stock evaluado lo que confirmaría el proceso de concentración reproductiva que desarrolla el recurso durante el período de desove y que es antecedida por un desplazamiento migratorio de la fracción adulta de la especie desde zonas localizadas al norte y sur del área de estudio como también del mar interior (Aguayo, 1994; Céspedes *et al.*, 1996; Lillo *et al.*, 2005b).

En términos de la distribución de la talla de merluza del sur, esta no ha registrado grandes cambios en el período 2001 – 2015, destacándose la relativa homogeneidad de la estructura de talla en el área de estudio, con escasa presencia de juveniles tanto en forma latitudinal como en la columna de aguas, aun estando frente a un escenario de reducción de la biomasa (Lillo *et al.*, 2013, Quiroz *et al.*, 2014). Sin embargo, entre los años 2010 y 2015 se ha registrado un predominio importante de las hembras respecto de los machos; situación que también fue registrada entre los años 2004 y 2005. Este predominio de las hembras en aproximadamente seis años podría tener diversos factores que podrían estar conjugándose, entre los posibles factores sería una respuesta a la delicada condición de la población, a una diferenciación en el crecimiento que favorezca a las hembras, patrones ambientales, alimentarios, diferenciación de la mortalidad en el transcurso del ciclo de vida a favor de las hembras, y otras. En este sentido, la veda reproductiva establecida durante el mes de agosto en el recurso permitiría una ventana de protección para que las hembras adultas que llegan al área emprendan el desove, pero esta concentración reproductiva en el área de estudio comprende un período mayor de tiempo, entre julio y septiembre (Aguayo, 1994), aspecto que caracteriza el predominio de ejemplares adultos en dicha zona.

En la estructura etaria se ratifica la relevancia de la fracción adulta, pues pese al amplio rango de edades observadas, desde los GE I a XXIV+ en hembras y III a XIX en machos, los de mayor aportación fueron en los machos, los GE IX – XV que aportaron el 88% destacando los grupos GE XI y XII con el 46,5%, mientras que en las hembras, los GE XI a XIX contribuyeron con el 84% de la



estructura con el aporte destacado de los GE XIV a XVII que en conjunto sumaron el 49% de la misma. La composición etaria del stock se mantiene en línea con la que se ha observado en los últimos quince años, con una presencia regular de los GE IX a XVI y la presencia ocasional de GE menores como ocurrió en los años 2007, 2008 y 2013, aunque en los últimos dos años, la distancia entre las estructuras de ambos sexos ha aumentado, lo que se refleja en las edades medias del stock.

Las estimaciones del tamaño del stock mediante métodos hidroacústicos tienen una alta dependencia de la relación fuerza de blanco-talla. En el caso del género *Merluccius* hay a lo menos cinco estimaciones de fuerza de blanco – talla, de ellas cuatro, que fueron realizadas con peces vivos, plantean una relación cuadrática ($20 \cdot \log$) y un intercepto que varía desde -67,6 a -68,1 y su utilización impactaría en variaciones en las estimaciones de biomasa y abundancia que no superarían el 5% en relación a la utilizada en este estudio ($20 \cdot \log(L) - 68,1$) y se encontrarían dentro del nivel de error de las mismas. La quinta relación estima una pendiente algo mayor ($20,6 \cdot \log$) y un intercepto de -67,6, esta relación fue realizada mediante la modelación de la vejiga natatoria y su aplicación redundaría en una disminución de aproximadamente un 31% en el tamaño del stock. La mayoría de los estudios de evaluación hidroacústica de especies del género *Merluccius* utilizan relaciones cuadráticas entre la talla y la fuerza de blanco utilizada es adecuada para el objetivo del proyecto, no obstante siempre está latente la necesidad de mejorar dichas estimaciones.

En lo referente a su distribución espacial, la merluza del sur estuvo presente en toda el área de estudio, con las mayores concentraciones localizadas en la zona del talud continental y al inicio de los cañones, con una diferencia en relación con los años previos, cuando los sectores más importantes se ubicaban al interior de los cañones. Sin embargo, en términos globales las mayores variaciones están referidas a la importancia relativa de los focos asociados a las zonas de Guafo, Guablín y Taitao, respectivamente. Su centro de gravedad fue localizado en los $44^{\circ}57'S$ y se mantuvo dentro del rango de valores observados en cruceros previos ($44^{\circ}30'S - 45^{\circ}25'S$) y es 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 estimado para el stock de merluza del sur mediante el Índice Gini fue de 0,71 y se 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, para la determinación el grado de maduración gonadal mostró que las hembras inmaduras correspondieron a un 39% del total de hembras. El 61% restante representa a las hembras en maduración y en proceso de desove, además de un pequeño porcentaje de hembras que ya habían desovado, pero que en todo caso fue inferior a lo calculado durante las evaluaciones del 2008 al 2014, (Lillo *et al.*, 2015), en que se obtuvieron valores entre 74% y 79%. Esta situación podría reflejar una mayor presencia de individuos inmaduros en la zona de muestreo y no a un retraso en el inicio del desove, ya que históricamente se ha comprobado la regularidad del desove de la merluza del sur. En cuanto al IGS de las hembras maduras de merluza



del sur, los valores promedio han fluctuado desde un valor de 10,3 el 2013 hasta 10,4 y 12,8 entre el 2010 al 2014. Este año el IGS de las hembras maduras fue 12,8, confirmando el desarrollo avanzado que alcanzaron las gónadas en ese estadio e indicaría que esas hembras están listas para desovar.

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. Se observó un aumento en el tiempo en el porcentaje de hembras en maduración junto a un valor del IGS de las hembras con actividad reproductiva (EMS 3, 4 y 5) que se mantuvo alto entre 8,6 y 9,4, indicando que el proceso de desove continuaría con posterioridad al período de muestreo. Cabe señalar que ejemplares muestreados al sur del área de estudio, entre las latitudes 51°S a 53°S, no mostraron señales de un proceso reproductivo activo, sino que eran individuos inmaduros o ya desovados.

El análisis de las muestras obtenidas al sur del área de estudio (47°-51°S), puso en evidencia que el 59% de ellas estaban inmaduras, con un valor promedio del IGS muy bajo, igual a 1,6 y un 11% de hembras con desove parcial reciente, indicadores de una escasa actividad de desove en relación al área de estudio y que ha sido calificada como principal foco de desove de la merluza del sur.

Al analizar los estadios de madurez de acuerdo a la longitud total de las hembras de merluza del sur, se observó que en el grupo de longitud de 60-69 cm LT estaban presentes las hembras inmaduras, en cambio en el grupo de 70-79 cm LT ya se encontraron individuos inmaduros junto a otros en diferentes estadios de maduración gonadal, lo que indica que en ese rango de longitudes se ubica la talla media de madurez sexual. Este resultado es coincidente con la estimación de la talla media de madurez sexual por el método de máxima verosimilitud, igual a 76,1 cm LT. Esta talla se ha mantenido relativamente constante al compararla con estimaciones anteriores, las que han sido de 71,1 cm LT el 2009 (Lillo *et al.*, 2010) hasta 76,7 cm LT el 2005 (Córdova *et al.*, 2006). En este sentido, no se observa una tendencia de disminución o aumento temporal en este parámetro. En cuanto a la edad media de madurez (grupo de edad), el estimado del 2013 fue de 10,7 y el 2014 de 10,4, valores similares a los 11 años de la presente estimación, todos ellos mediante un ajuste logístico general, no lográndose el ajuste de los datos a un modelo no lineal, probablemente debido al rango muy reducido de datos.

La fecundidad modal promedio de la merluza del sur de este año fue 2463.270 ovocitos, mayor que lo estimado en los últimos años. Este parámetro se considera más representativo de la fecundidad poblacional, ya que abarca un número mayor de ejemplares y generalmente en un rango mayor de peso corporal.

En lo relativo a la alimentación de merluza del sur (*Merluccius australis*) para la época y zona estudiada no es diferente de los estudios publicados para aguas interiores de Chiloé por Bahamonde, 1953; y también con lo informado para esta especie en estudios realizados en el mar interior y exterior de las Regiones X a XII (Payá, 1992, Céspedes *et al.*, 1996; Pool *et al.*, 1997; Lillo



et al., 2001; Lillo *et al.*, 2002; Lillo *et al.*, 2004; Lillo *et al.*, 2005b, Lillo *et al.*, 2008 y Córdova *et al.*, 2006, Meléndez *et al.*, 2009 entre otros) en donde el teleósteo gadiformes *Macruronus magellanicus* es la especie presa principal en los contenidos estomacales estudiados.

En términos del GI, el análisis de la alimentación de *M. australis* en toda el área estudiada, demostró que *M. magellanicus* es el alimento más importante, seguido de peces myctofidos y merluza de tres aletas. Durante el presente estudio no se pudo apreciar el equilibrio observado en cruceros previos en cuanto a la presencia de *Euphausia valentini* y de merluza de cola en la dieta de individuos menores a 60 cm y que habría indicado una probable diferencia de alimentación basada en pequeños crustáceos en tallas menores de merluza austral. Sin embargo, el número de estómagos, en especial de tallas menores, no es abundante. La presencia de especies de cephalopodos, además de otras especies de peces mesopelágicos aumenta la diversidad de presas de la merluza austral, aunque no son de importancia en la alimentación de esta especie.

Los resultados obtenidos durante los cruceros de prospección, corresponden a una escala espacio temporal que reflejan el comportamiento alimentario en el área de la prospección. En una escala mayor (Payá, 1992; Pool *et al.*, 1997; Medina y Herrera, 2012), describieron variaciones espaciales y temporales en la alimentación de merluza del sur y donde la importancia de la presa merluza de cola cede parte de su importancia frente a la presa merluza de tres aletas, particularmente al sur del paralelo 47° S. Esto indicaría, que la importancia de una presa está en relación a la variación espacio-temporal de su propia distribución y de su predador. Al respecto, estudios de dinámica trófica de merluza del sur en aguas interiores de las X y XI Región han registrado como dieta principal también a la merluza de cola, aunque, además, también se ha registrado la presencia de canibalismo y modificaciones en la dieta en ejemplares juveniles (< 30 cm) de merluza del sur, donde la dieta principal deja de ser merluza de cola dando paso a una dieta basada en presas de menor tamaño como peces pequeños y crustáceos (Lillo *et al.*, 2009).

El significado o valor del aporte en la dieta del peso de la presa reflejan una importancia en términos energéticos para el predador, mientras que el aporte en número de las presas en la dieta puede reflejar la abundancia o el tamaño de la población de las presas en el ambiente (Cortes, 1997; Ellis, 2003), por esta razón se infiere que, por su aporte energético, el alimento dominante en la dieta correspondería al grupo de los peces.

En lo que respecta a la composición de especies en el área de estudio, esta mantiene una 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*), merluza de tres aletas y jibia.

La participación de merluza del sur y merluza de cola en los lances de identificación constituye alrededor de 98% de la captura total de fauna realizada. Las otras especies presentes en los lances



de identificación, están escasamente representadas en términos de aporte a la captura, sin embargo, su continuidad temporal se mantiene, es decir, son recurrentes en el tiempo. La distribución espacial histórica de las especies indica que éstas están presentes en casi el rango latitudinal (43°S a 47°S) y batimétrico (100 m hasta profundidades mayores de 400 m) que se cubre durante el estudio. Esta conducta mantiene una condición histórica constante de estabilidad en cuanto la composición de fauna en la zona, característica que ha sido reportada en evaluaciones anteriores.

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, Lillo *et al.*, 2013).



8. CONCLUSIONES

- a. La abundancia de la merluza del sur se estimó en 13.781.425 individuos de los cuales 4.158.669 correspondieron a machos (30,2%) y 9.622.755 a hembras (69,8%) estimados mediante el estimador geoestadístico y a 13.389.775 individuos conformados por 4.043.712 machos y 9.346.063 hembras mediante el estimador bootstrap.
- b. La biomasa total de merluza del sur se estimó en 50.319 toneladas (CV= 10,2%) con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 41.984 y 58.653 t mediante el estimador geoestadístico y de 48.889 t (CV=10%) e intervalo de confianza entre 40.798 y 56.980 t por el estimador bootstrap. Los estimados de biomasa y sus respectivos intervalos de confianza señalan que ambos estimados se pueden considerar como estadísticamente similares. La biomasa del stock estuvo compuesta por 12.816 t de machos y 37.503 t de hembras.
- c. Con respecto al crucero efectuado el 2014, la abundancia aumentó en 6% y la biomasa en 2,2%, pero ambos indicadores mantienen la tendencia observada en el último quinquenio como es ubicarse en el rango inferior de las estimaciones para el período 2000 – 2015.
- d. La biomasa desovante se estimó en 39.294 toneladas lo que representó el 78% del stock evaluado, mientras que la abundancia desovante alcanzó a 8.970.040 individuos equivalentes al 65,1% de la abundancia presente en el área de estudio, lo anterior considerando las estimaciones por el método geoestadístico.
- e. La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza del sur se localizó en la latitud 44°57'S, desplazándose hacia el norte en relación con las observaciones efectuadas en los estudios previos, donde se han estimado centros de gravedad entre los 45°00'S y 45°25'S, pero que se puede considerar como parte de la dinámica espacial de este recurso.
- f. La estructura de talla de merluza del sur registró una moda principal de individuos entre 70 y 94 cm que estuvo presente en toda el área de estudio.
- g. La estructura de talla de merluza del sur entre el 2001 y 2015 mantuvo la composición adulta, sobre la base de una moda principal entre los 70 y 94 cm, sugiriéndose que la estructura provendría de una similar familia de distribución que se concentra en el área y período de desove, con un aumento de la proporción de hembras en el último quinquenio.
- h. La abundancia se sustentó en diez clases que comprenden los GE VIII a XVII que aportaron el 84% de la abundancia. Las modas principales se mantienen similares a lo registrado históricamente en los estudios similares realizados sobre este recurso, concentrándose este



año en los GE XI-XII en machos y GE XVI en hembras, observándose en estas últimas un gran aporte de abundancia en edades menores a la moda.

- i.** El 74% de la fracción de hembras estaba en un proceso reproductivo. En el grupo de 70-79 cm LT se encontraron individuos inmaduros junto a otros en diferentes estadios de maduración gonadal, lo que indica que en ese rango de longitudes se ubicaría la talla media de madurez sexual.
- j.** El IGS de la merluza del sur presentó un valor promedio de 5,1 con valores individuales extremos de 0,1 y 23,7. Los peces con gónadas inmaduras (EMS 1 y 2) presentaron un IGS promedio de 0,7 mientras que en las hembras maduras (EMS 5) fue de 12,8.
- k.** La talla media de madurez en merluza del sur estimada mediante el método de máxima verosimilitud con un ajuste no lineal fue de 76,1 cm LT, con límites de confianza del 95% de 75,9 y 76,3 cm LT. No se observa una tendencia de disminución o aumento temporal en este parámetro. La edad media de madurez (grupo de edad) se estimó en 11 años.
- l.** La captura obtenida en los lances de pesca de identificación estuvo compuesta por 11 especies, 10 correspondieron a peces óseos y 1 a cefalópodos. La merluza de cola y la merluza del sur contribuyeron con el 98%. La fauna acompañante de los recursos merluza del sur y merluza de cola, representa en conjunto alrededor de 2% de la captura total del crucero con merluza de tres aletas como la principal especie.
- m.** 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 ligados al dominio de la 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.
- n.** La alimentación de merluza austral se basó principalmente por la merluza de cola, mostrando una conducta trófica estenófaga y sin diferencias de la alimentación a través de los distintos tamaños estudiados y un canibalismo reducido, el que se puede catalogar como accidental. El análisis de isotopos estables confirma que la merluza austral es un depredador altamente especialista y que se alimenta bento-demersalmente.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 p.
- Arancibia, H., Neira S., Barros M., Gatica C., Zúñiga M. J., Alarcón R., Acuña E. 2010. Formulación e implementación de un enfoque multiespecífico de evaluación de stock en recursos demersales de la zona sur austral – Fase I. Informe Final Proyecto FIP 2008-23. Universidad de Concepción / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A., 301 p. + Anexos
- Balbondín, F. y W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile Revista de Biología Marina, Valparaíso 17(3): 285-334.
- Balbondín, F. y R. Bravo. 1993. Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur *Merluccius australis*. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 28:111-132.
- Balbondín, F. 2006. Ictioplancton de los canales y fiordos australes, Chile. In Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas. Puerto Montt a Cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma. eds. Comité Oceanográfico Nacional. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 115-120 pp.
- Bernal, R., Balbondín F. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, y factores ambientales asociados. Cienc. Tecnol. Mar, 22: 155- 164. Bernal, M., Balbondín F. 2003. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes hasta el Cabo de Hornos. Cienc. Tecnol. Mar, 26 (1): 85-92
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C: M. 1990/B: 21.
- Brickle P, Schuchert PC, Arkhipkin AI, Reid MR, Randhawa HS (2016) Otolith Trace Elemental Analyses of South American Austral Hake, *Merluccius australis* (Hutton, 1872) Indicates Complex Salinity Structuring on their Spawning/Larval Grounds. PLoS ONE 11(1): e0145479. doi:10.1371/journal.pone.0145479.
- Bradu, D., & 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.



- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 p.
- Céspedes, R., L. Adasme, H. Reyes, M. Braun, E. Figueroa, V. Valenzuela, V. Ojeda y R. Roa. 1996. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza austral en la zona sur-austral. Informe final FIP 1993-20. 328 p.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Inc., London, 229 p.
- Cohen, D. M., T. Inada, T. Iwamoto and N. Scialabba. 1990. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated and 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>.
- Cortes, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 726-738.
- Cressie, N. A. C. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons, New York. 900 p.
- Chong, J. 1991. Ciclo reproductivo y fecundidad de la merluza del sur, *Merluccius australis*, en la pesquería sur - austral. Estudio complementario captura total permisible del recurso merluza del sur en aguas interiores. 1991. Informe Técnico IFOP- SUBPESCA.
- 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
- Ellis, J. 2003. Diet of the Sandbar Shark, *Carcharhinus plumbeus* in the Chesapeake Bay and adjacent waters. Master Thesis College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia. 120 pp.
- Fernandes, P. G. y J. Rivoirard. 1999. A geostatistical 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 & R. Froidevaux), pp- 201 – 212. Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
- Freón, P, F. Gerlotto, O. A. Missund. 1996. Consequences of fish behaviour for stock assesment. ICES. Mar. Sci. Symp., 178-183.



- Gayanilo, F. C., M. Soriano y D. Pauly. 1988. A draft guide to the COMPLEAT ELEFAN. International Center for Living Aquatic Resources Management. ICLARM contribution 435, 65 p.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tathan, R. L. y W. C. Black (1999). Análisis Multivariante. Madrid. Prentice Hall. (5° edición).
- Hayes, D. B., J. K. T. Brodziak, & 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., Mac Neil, 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, 560 p.
- 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.
- Landaeta M., Castro L.R. 2006. Variabilidad estacional en los patrones espaciales de las asociaciones ictioplanctónicas de la zona de Fiordos de Chile Austral. *Cienc. Tecnol. Mar*, 29 (2): 107-127.
- 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., V. Ojeda, R. Céspedes, F. Balbontín, A. Saavedra, R. Bravo, L. Adasme y M. Rojas. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2001. Proyecto FIP 2001-19. Informe. 86 p + figs y anexos.



- Lillo, S., R. Céspedes, F. Balbontín, V. Ojeda, y A. Saavedra. 2004. Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2003. Proyecto FIP 2003-09. 103 p + figs y anexos. <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. 2005a. 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., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, R. Bravo, A. Saavedra, M Barbieri y C. Vera. 2005b. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola, en la zona sur austral, año 2004. Proyecto FIP 2004-07. Informe Final. <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, F. Balbontín, R. Bravo, E. Molina, R. Meléndez y A. Saavedra. 2009. Evaluación del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores, año 2008. Informe FIP 2008-11. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, F. Balbontín, R. Bravo, E. Molina, R. Meléndez y A. Saavedra. 2010. Evaluación del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores, año 2008. Informe FIP 2009-10 <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.
- Logan, J.M.; T.D. Jardine; T.J. Miller; S.E. Bunn; R.A. Cunjak & M.E. Lutcavage. 2008. Lipid corrections in carbon and nitrogen stable isotope analyses: Comparison of chemical extraction and modelling methods. *J. Anim. Ecol.*, 77:838-846.
- 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 bleau (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 p.
- Medina, G., Castro L., Pantoja S. 2013. Fatty acids in *Merluccius australis* tissues, a comparison between females from inshore and offshore spawning areas in the Chilean Patagonia. *Fisheries Research*. Vol. 160, 41–49.



- Meléndez, R. López, 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.
- 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.
- Ojeda V & M Aguayo. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes-Merluciidae). Investigaciones Pesqueras (Chile) 33: 47-59.
- Ojeda V., L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda, L. Cid y L. Vidal. 2014. Estructuras de edad en las capturas de los recursos: Merluza del sur, Congrio dorado, Merluza de tres aletas. En: Proyecto Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2013. Actividad Demersal. Reg. 2014-I-11. SEC- IFOP.
- Palma, S. y K. Kaiser. 2003. Plancton marino de Aguas Chilenas. Ediciones Universitarias, Valparaíso, 151 p.
- Payá, I. 1992. The diet of patagonian hake *Merluccius australis* polylepis and its daily ration of patagonian grenadier *Macrouronus megellanicus*. In: Benguela Trophic Functioning. Payne, A. I. L., Brink, K. H., Mann, K. H. and R. Hilborn (Eds.). South African Journal of Marine Sciences, 12:753-760.
- Payá, I. 2014. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2015: Merluza del sur, 2015. Informe de estatus y cuota. Convenio de Desempeño 2014. ifop.cl/wp content/uploads/informes_programas/informes_2015/15_merluza_del_sur / Estatus y Cuota Merluza del sur 2015.pdf.
- 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.



- Pool, H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortés y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas en recursos demersales en la zona sur. Informe final FIP 1994-32. 131 p.
- Quiroz J. 2014. Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en merluza del sur, año 2014. Informe Consolidado. Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño - IFOP. 73 pp + anexos.
- Queirolo D., V. Zamora, C. Hurtado, I. Montenegro, T. Melo, J. Merino, E. Gaete, & 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. 2014. 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.
- Rivoirard, J. Simmonds, K. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance. Ed. Blackwell. 345 p.
- 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 hydroacustics techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. Int. Explor. Mer, 189:421-424.
- Scalabrin, C., y J. Masse. 1993. Acoustic detection of spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. Aquat. Living Resour. 6:269-283.
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especes pelagiques à partir d'atributs discriminants des bancs de poissons monospecificques. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer. 235 p.
- Simmonds, J., y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustic. Chapman & Hall, 548 p.
- 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. y 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.
- Wolter, K. M. 1985. *Introduction to Variance Estimation XII*, 428 page, 1985
- Wisner, R. 1976. The taxonomy and distribution of Lantern fishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. *NORDA Report 3*: i-vii + 1-220.
- Wuillez, 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.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical analysis*. 3rd edn. Prentice hall, Princeton, NJ, USA, 663 pp.

FIGURAS

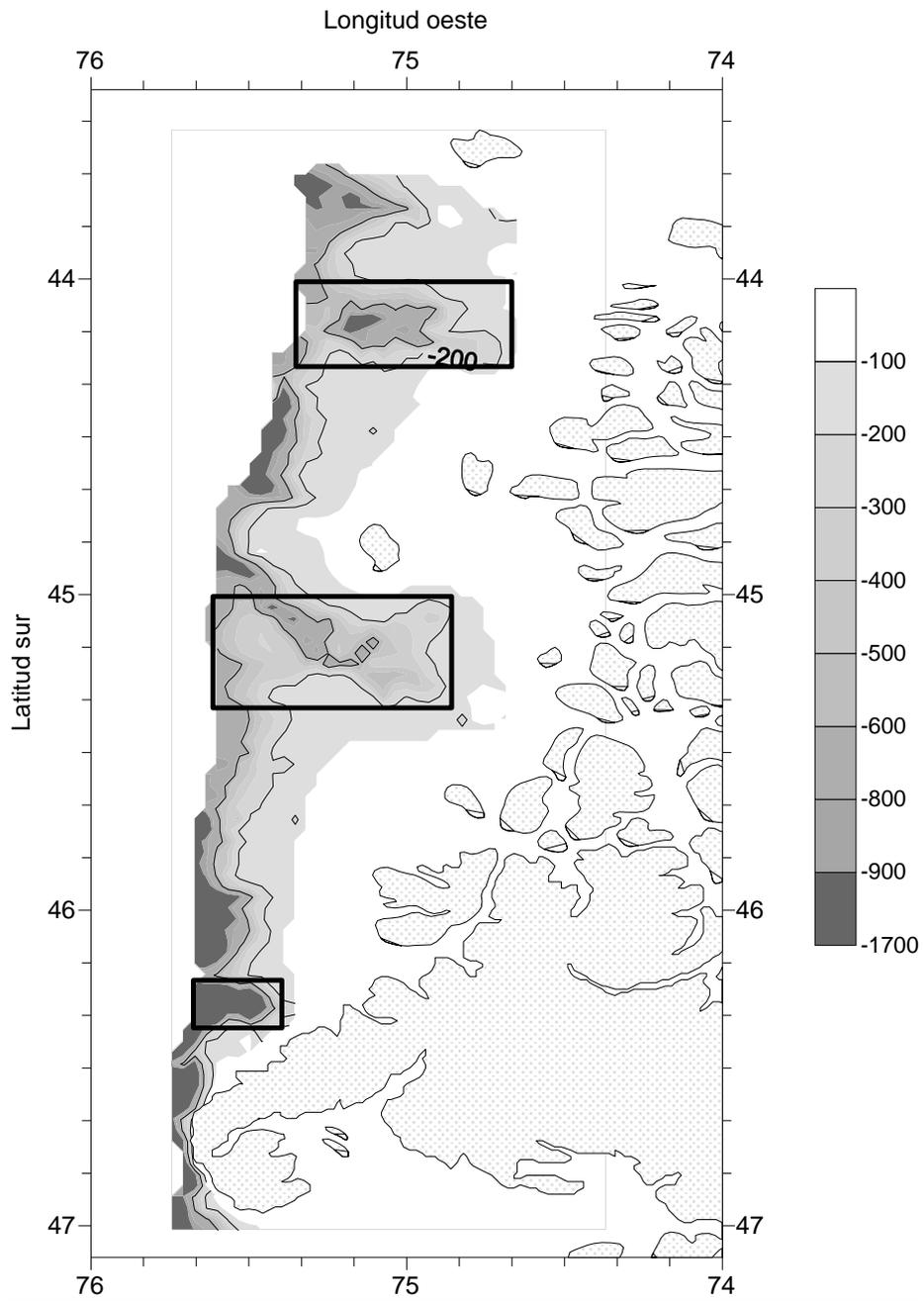


Figura 1. Área de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.



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

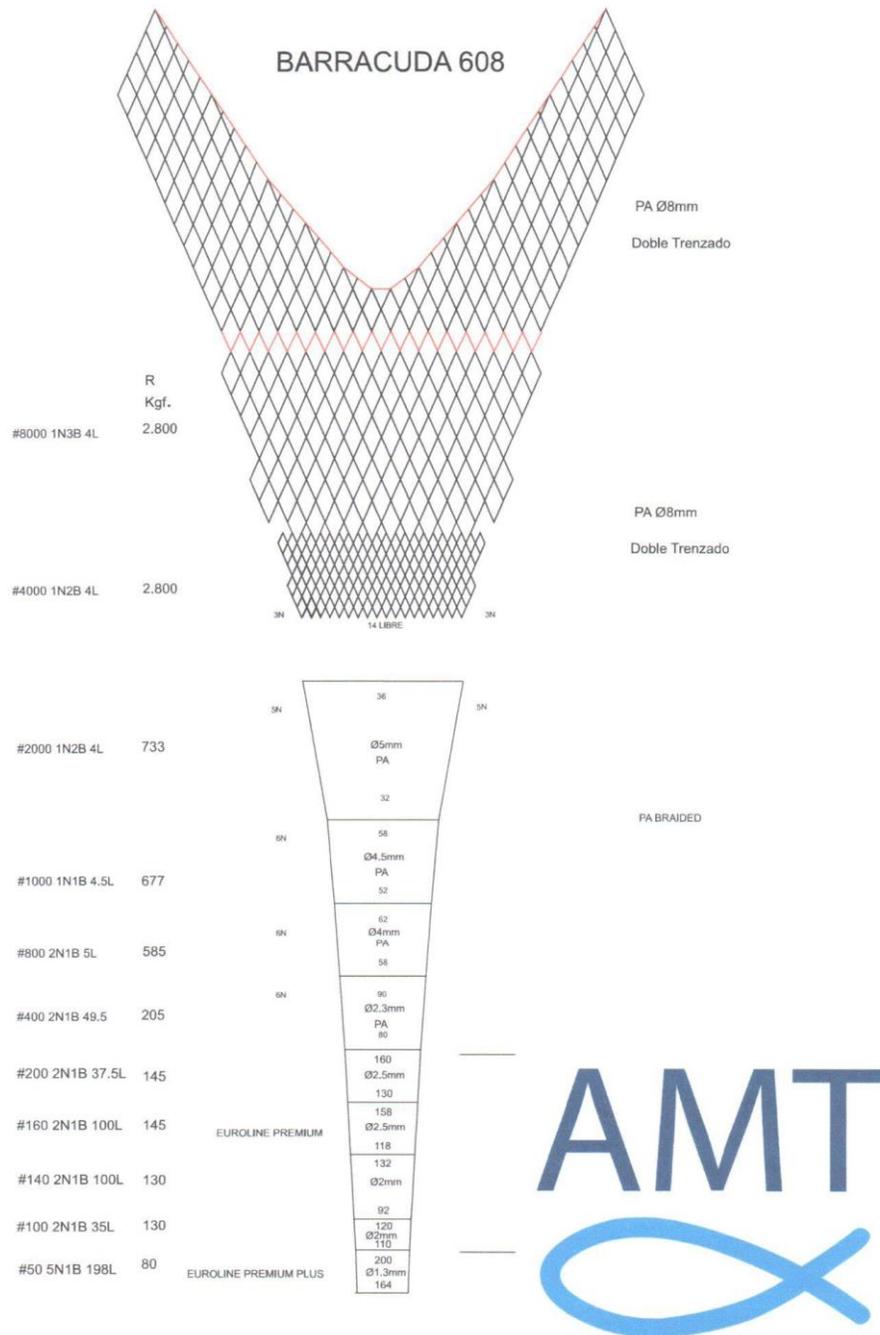


Figura 3. Plano de la red modelo Barracuda 608 utilizada en el estudio.

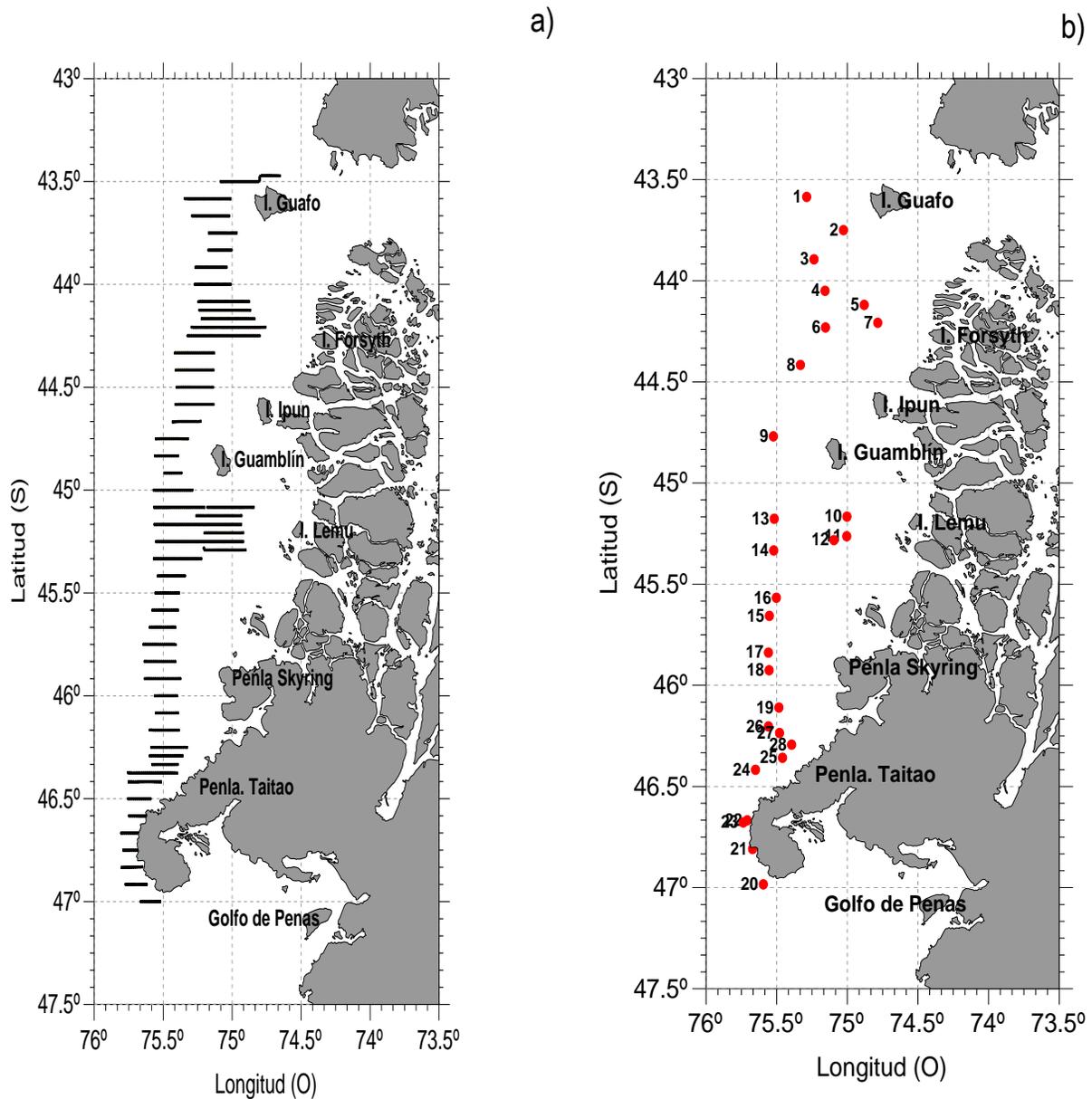


Figura 4. Localizaci3n de: a) transectas de muestreo ac3stico y b) lances de pesca de identificaci3n.

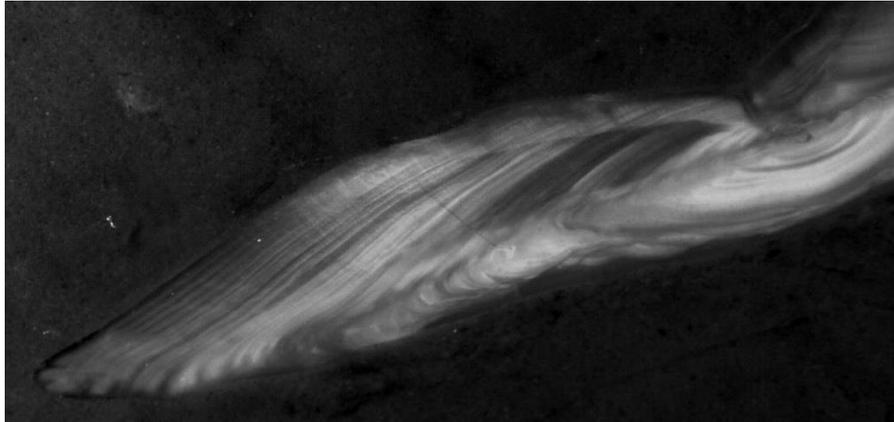


Figura 5. Otolito de merluza del sur en secci3n transversal a nivel del foco. Longitud pez 90 cm, macho. Edad: 19.

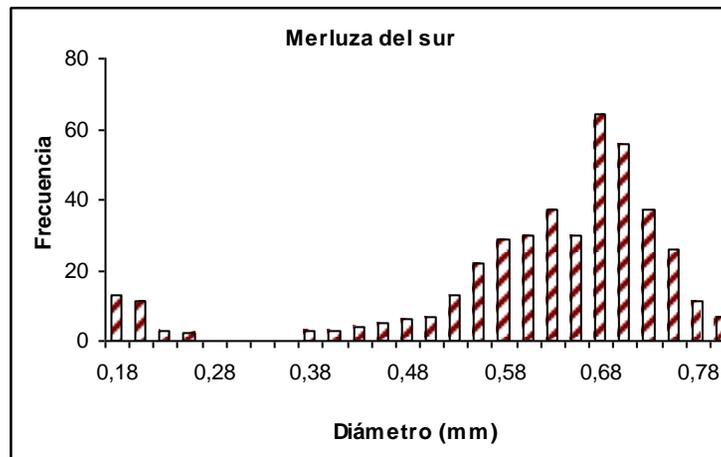


Figura 6. Frecuencia de tamaños de los ovocitos presentes en un ovario de merluza del sur, *Merluccius australis*, utilizado en estimaciones anteriores de fecundidad. La moda más avanzada corresponde a los ovocitos que serán desovados en la temporada de puesta.

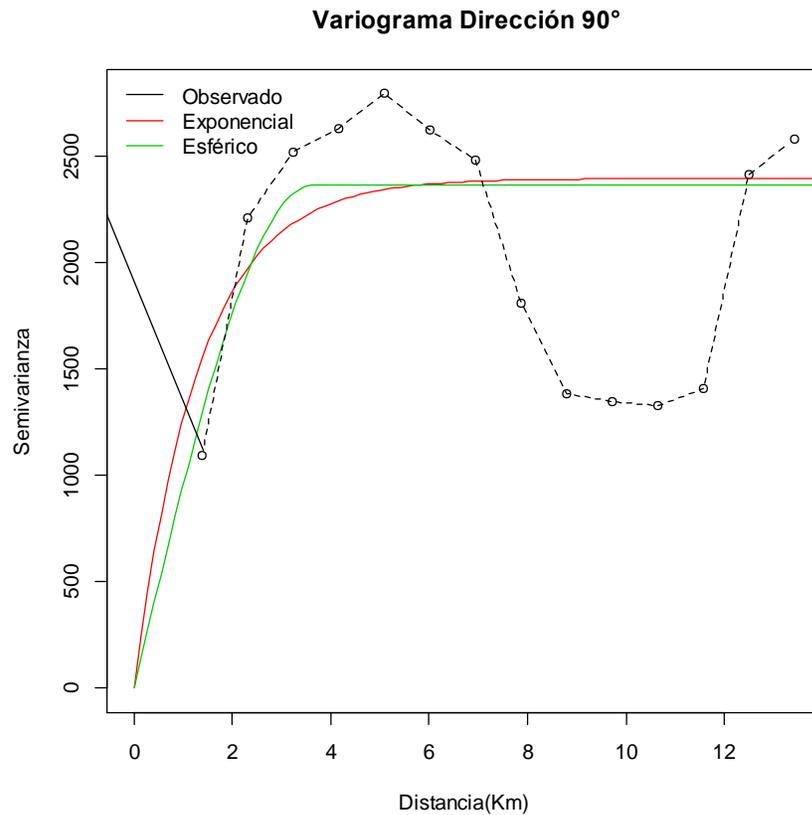


Figura 7. Semivariogramas de Cressie – Hawkins. Direcci3n 90°. Zona total de estudio.

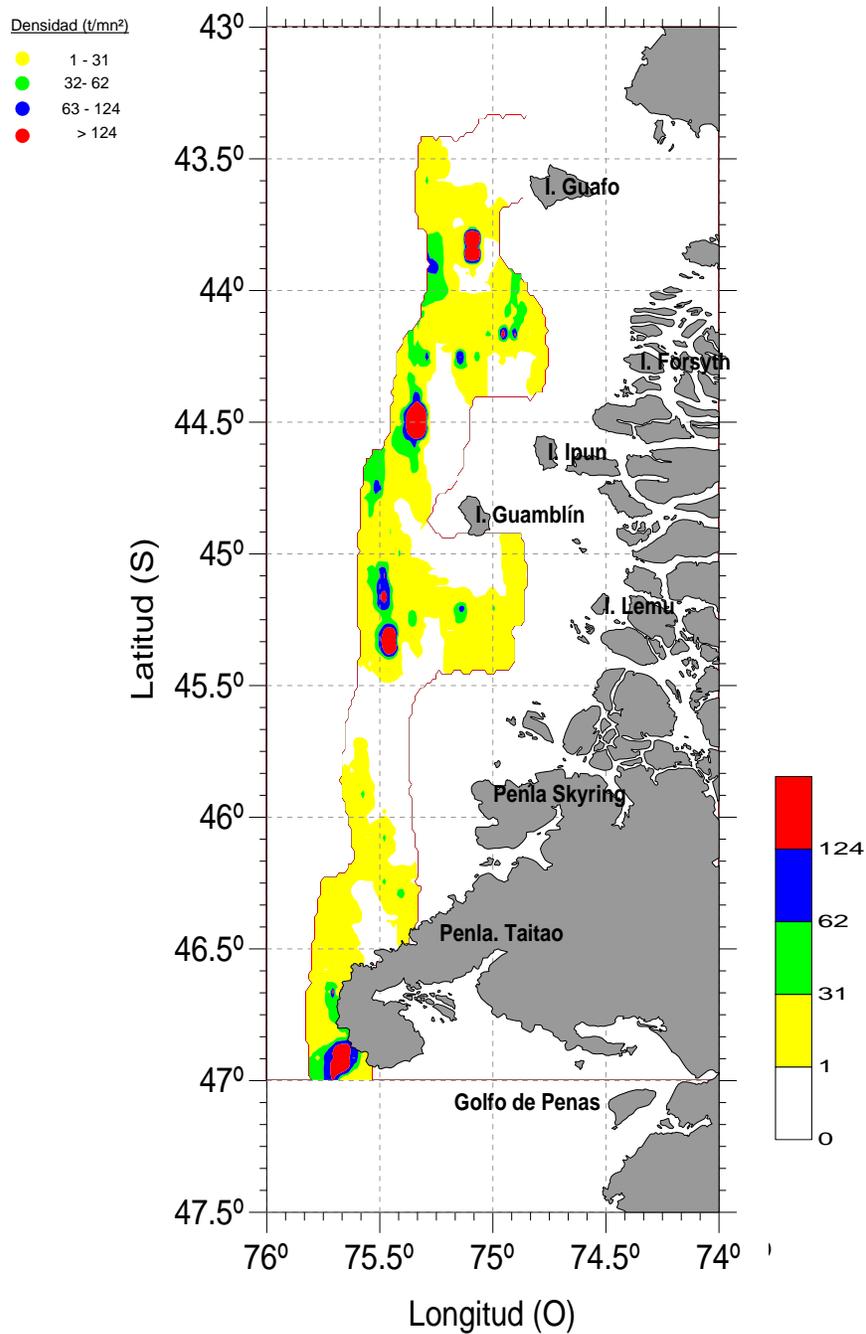
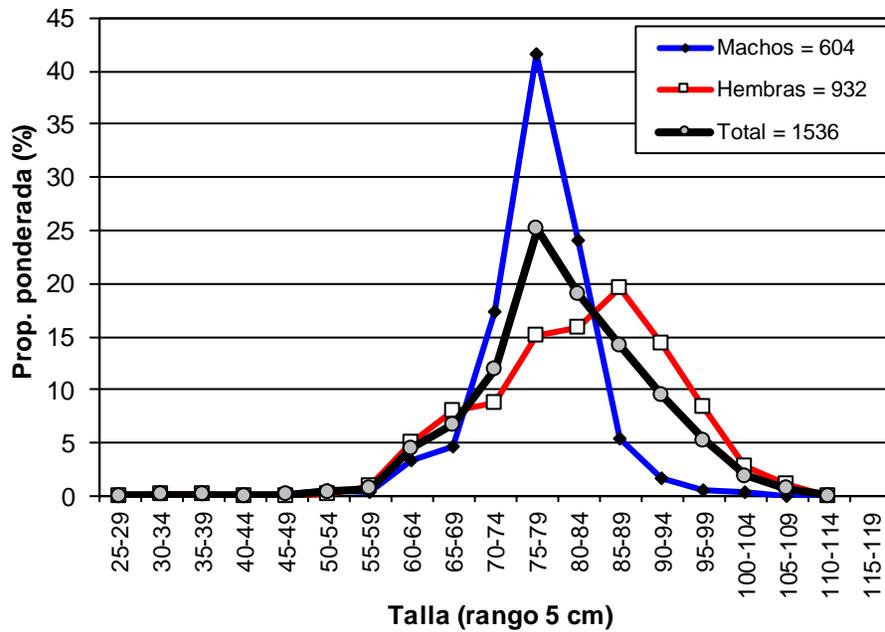
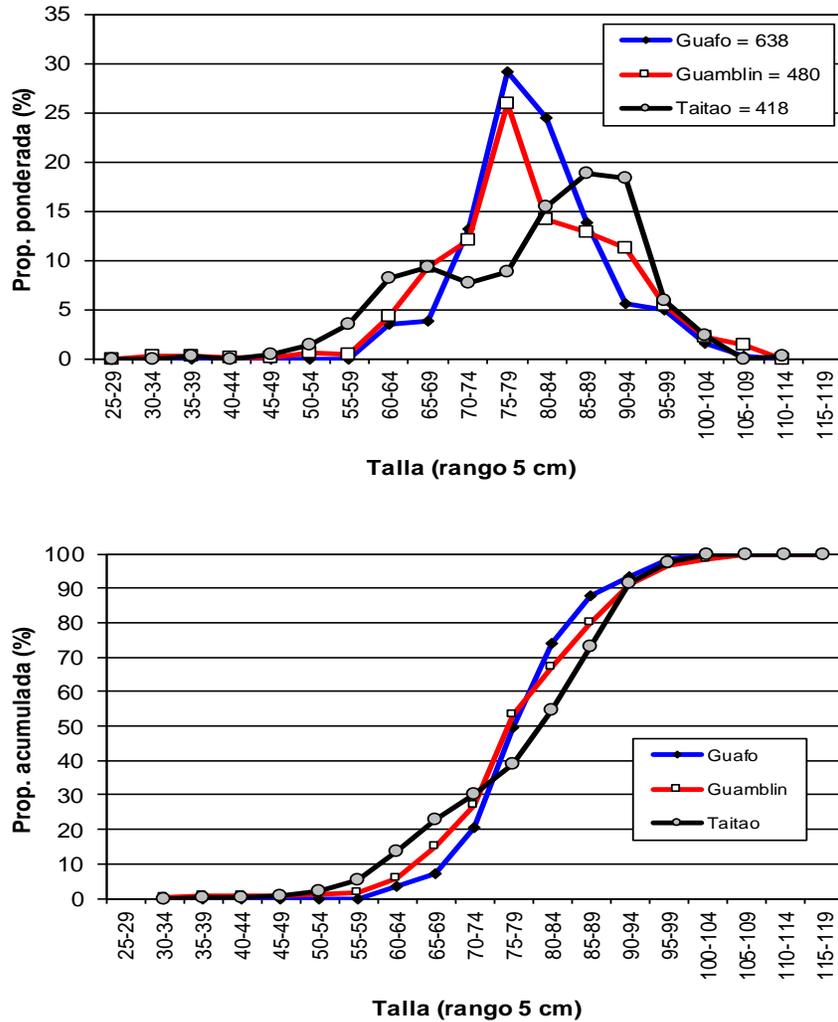


Figura 8. Distribución espacial de la biomasa de merluza del sur. Agosto 2014. La escala de colores corresponde a toneladas por milla náutica cuadrada.



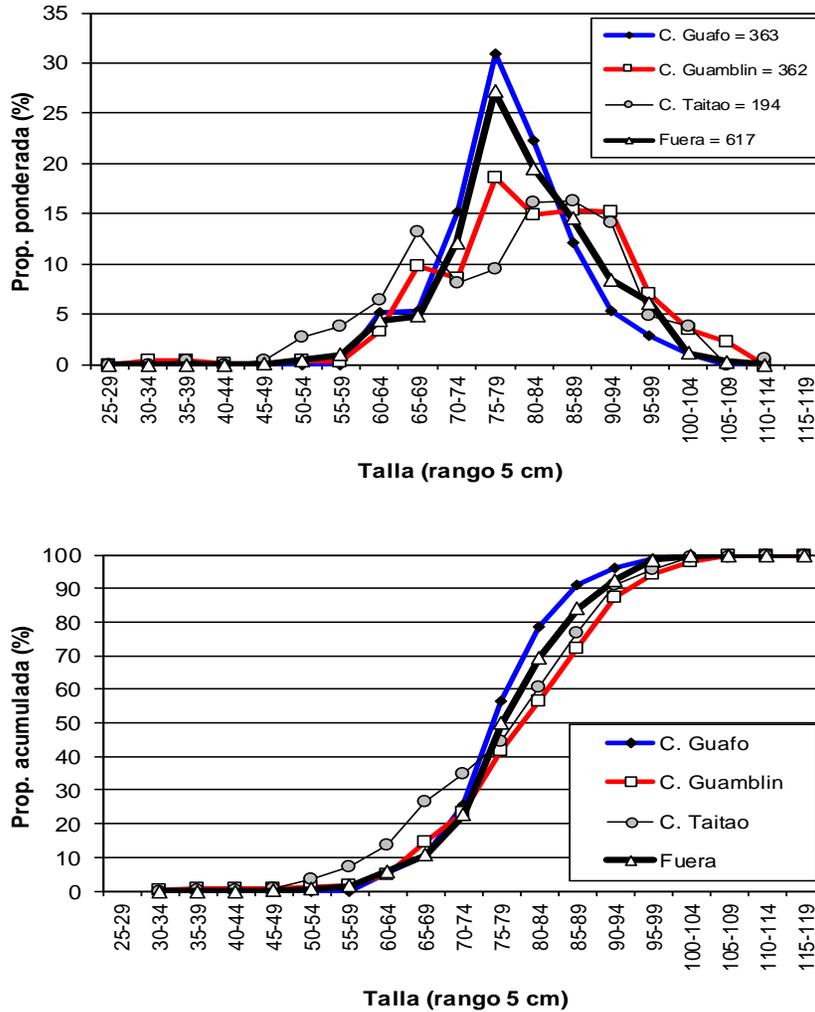
Indicador	Macho	Hembra	Total
n	604	932	1536
Mín. (cm)	32	32	32
Máy. (cm)	103	110	110
Prom. (cm)	77,0	82,3	80,2
D. est. (cm)	3,7	3,4	2,6
% < 70 cm	9,2	14,2	12,5

Figura 9. Distribuci3n de talla de merluza del sur por sexo para el área de estudio. AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto 2015).



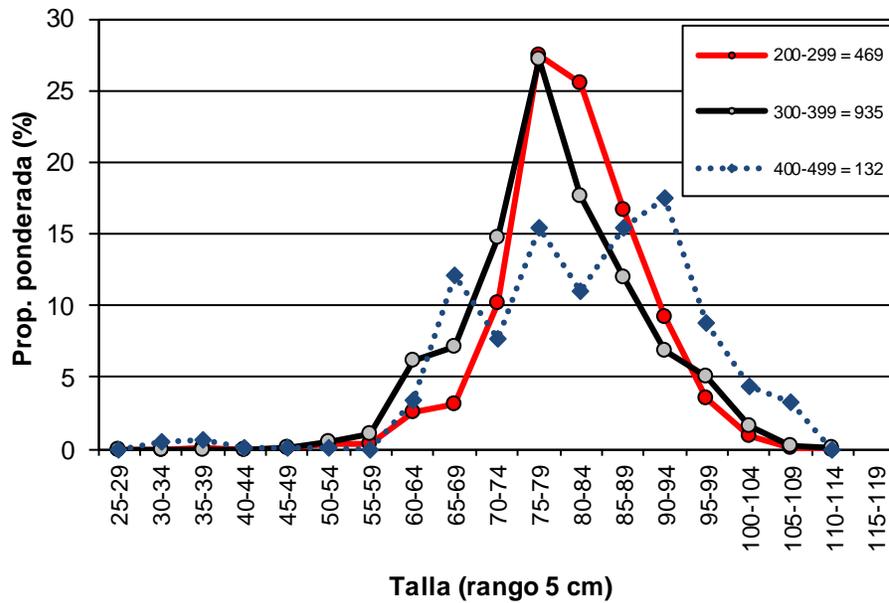
Indicador	Guafo	Guamblin	Taitao
n	638	480	418
Mín. (cm)	60	32	39
Máy. (cm)	106	107	110
Prom. (cm)	80,3	80,1	80,6
D. est. (cm)	3,4	4,5	4,0
% < 70 cm	7,3	15,2	22,6
Macho (%)	43,6	39,9	15,1
Hembra (%)	56,4	60,1	84,9

Figura 10. Distribuci3n de talla de merluza del sur por área. AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto, 2015).



Indicador	C. Guafo	C. Guamblin	C. Taitao	Fuera
n	363	362	194	617
Mín. (cm)	60	32	39	47
Máx. (cm)	104	107	110	106
Prom. (cm)	78,9	82,1	79,2	80,3
D. est. (cm)	4,0	5,2	4,9	3,5
% < 70 cm	10,4	14,6	26,7	10,6
Macho (%)	37,6	22,9	16,0	53,4
Hembra (%)	62,4	77,1	84,0	46,6

Figura 11. Distribuci3n de talla de merluza del sur por ca3n y fuera de los ca3nes. AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto 2015).



Indicador	Profundidad (m)		
	200-299	300-399	400-499
n	469	935	132
Prom. (cm)	81,0	78,8	83,0
D. est. (cm)	4,1	2,9	4,9
% < 70 cm	6,5	15,0	16,8
Macho (%)	35,3	48,6	15,2
Hembra (%)	64,7	51,4	84,8

Figura 12. Distribuci3n de talla de merluza del sur por rango de profundidad (seg3n profundidad de relinga superior). AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto 2015).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

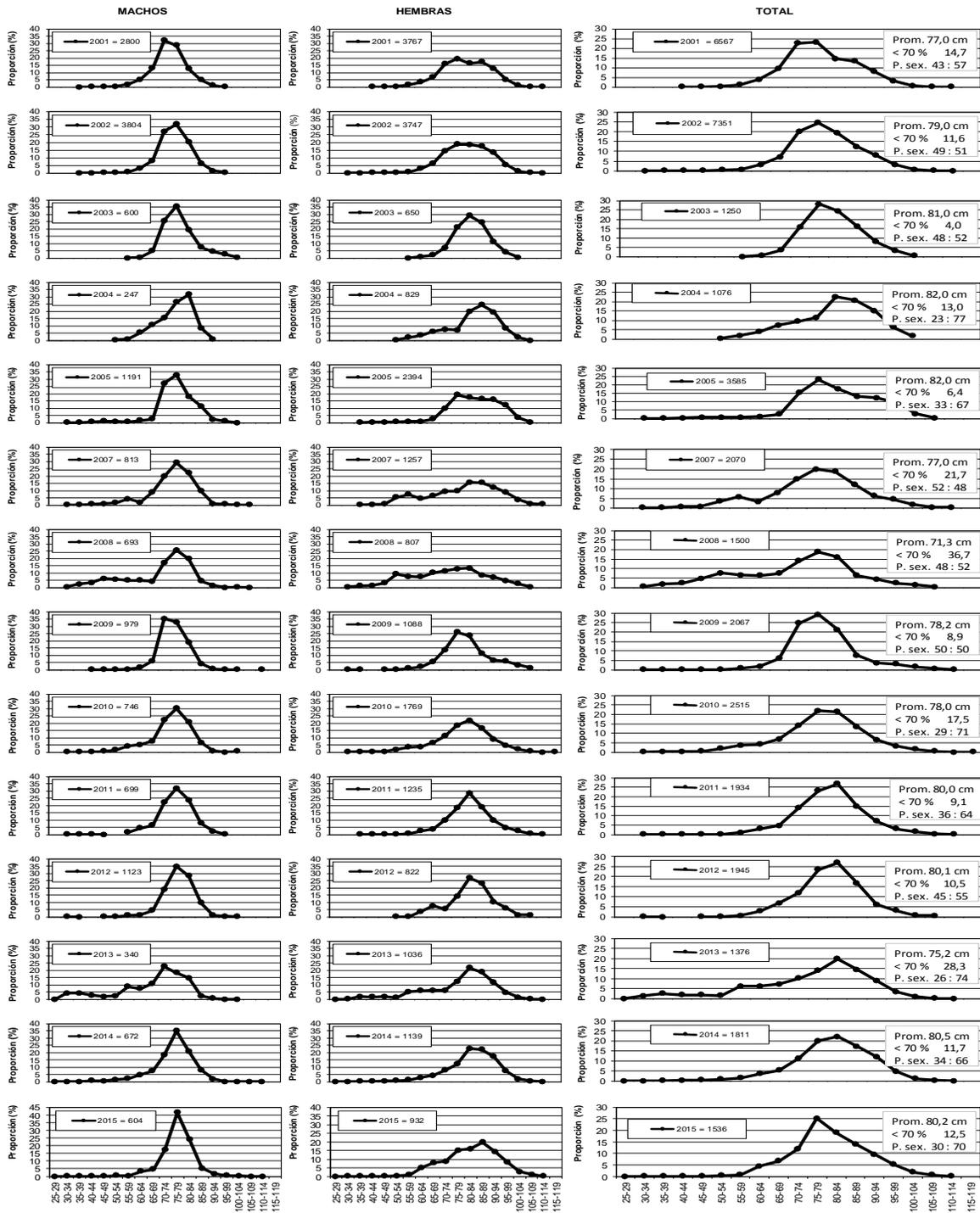


Figura 13. Distribuci3n relativa de la talla de merluza del sur por sexo para los cruceros hidroac3sticos 2001-2015.

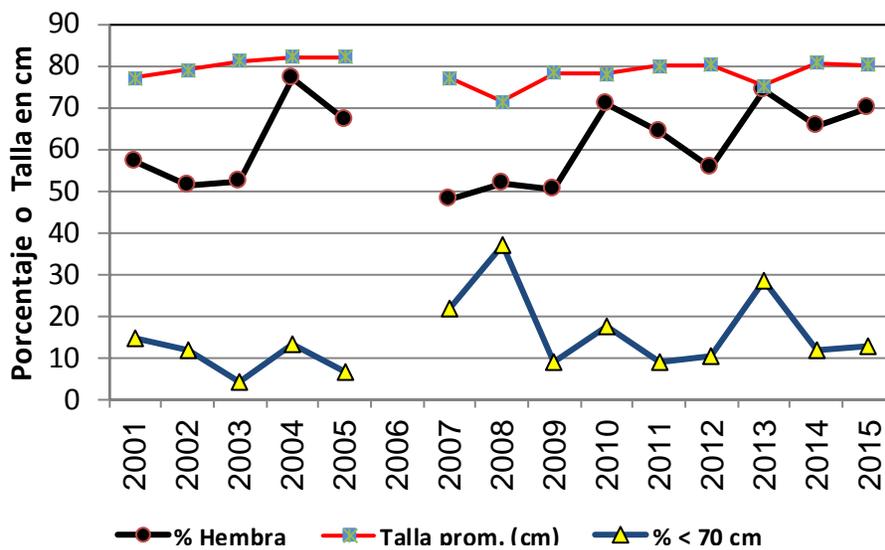


Figura 14. Distribuci3n de los estadísticos hist3ricos de la talla de merluza del sur para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2015.

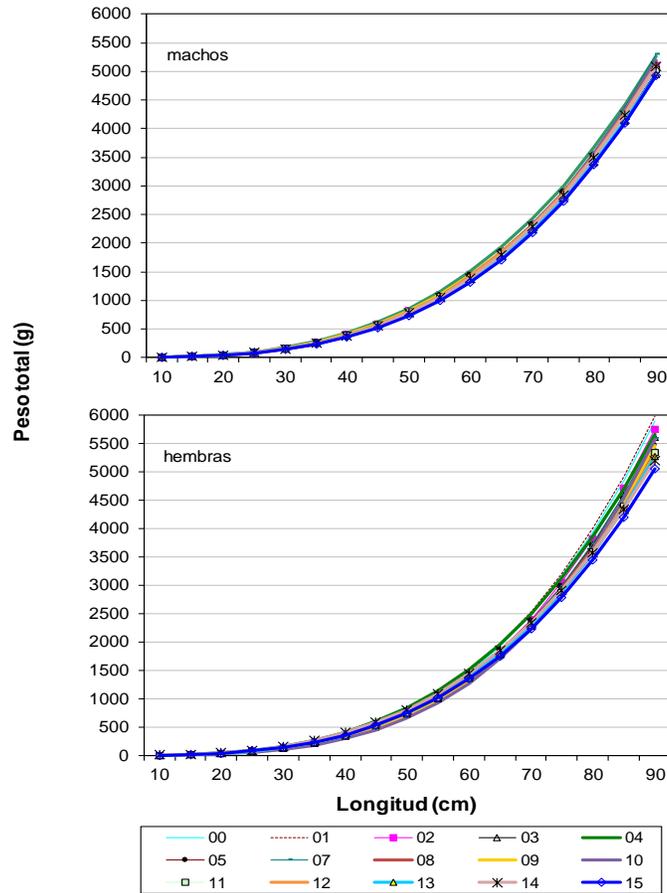


Figura 15. Funciones peso- longitud diferenciadas por sexo estimadas para merluza del sur en el periodo 2000 – 2015 (b).

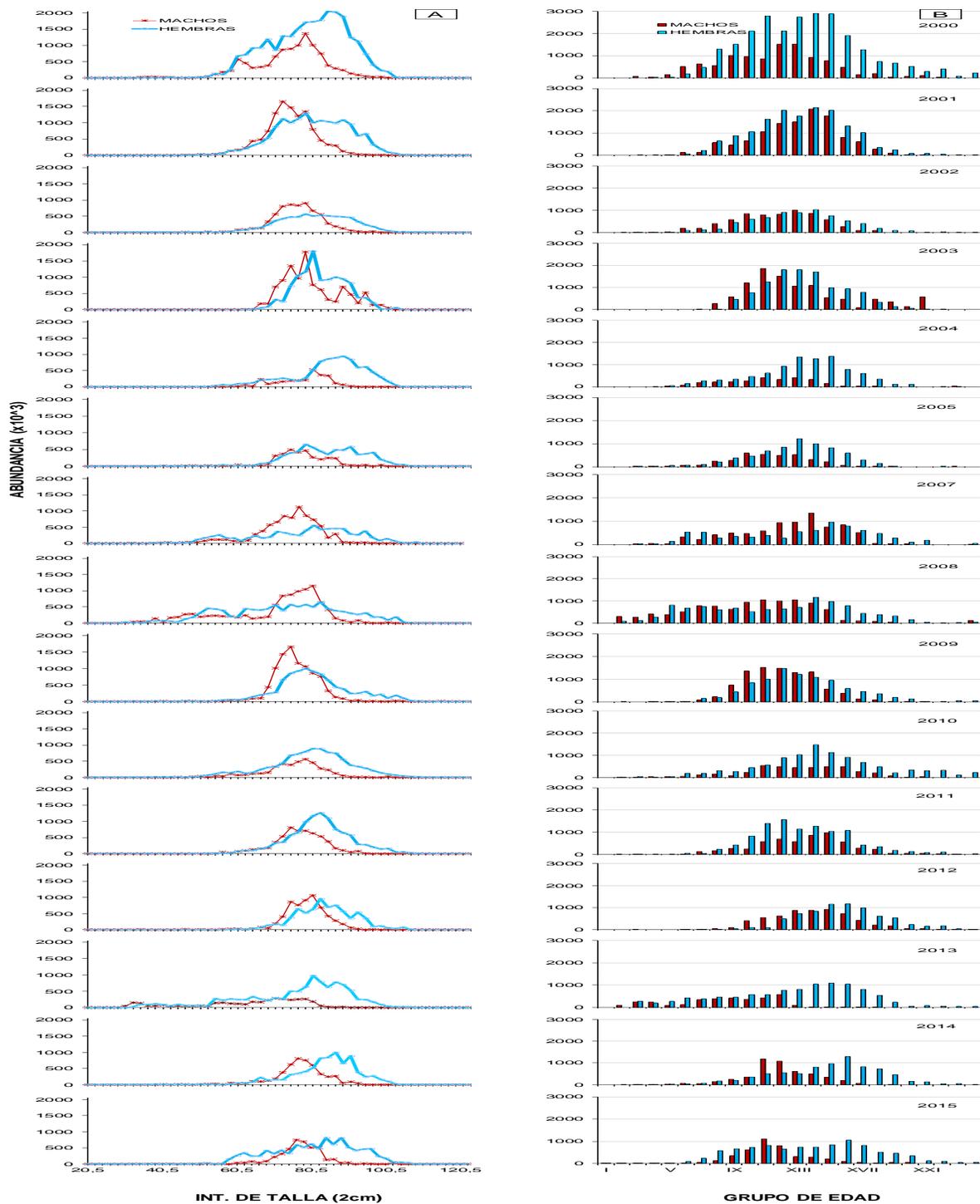


Figura 16. Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza del sur, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el periodo 2000 - 2015.

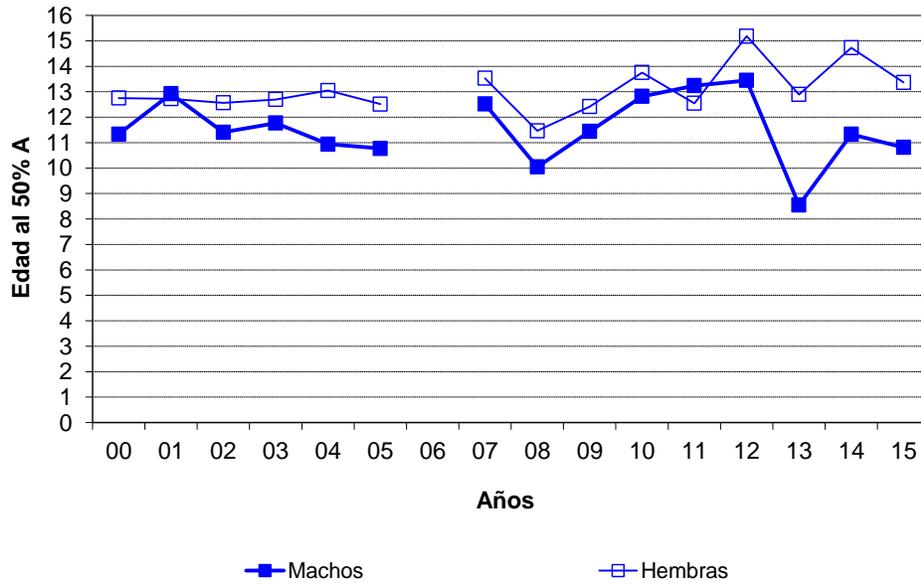


Figura 17. Edad media en la abundancia (A) de merluza del sur en cruceros de prospecci3n: 2000-2015.

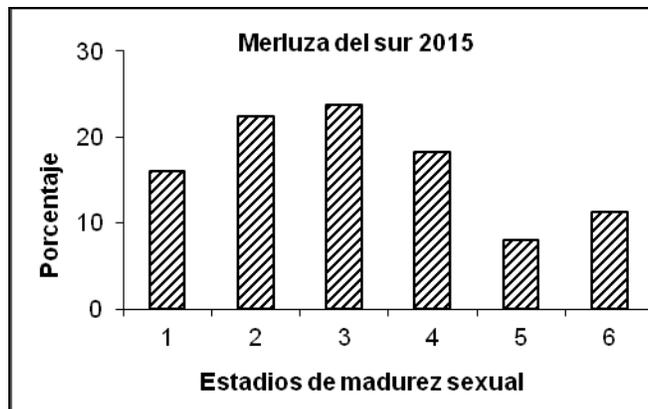


Figura 18. Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2015.

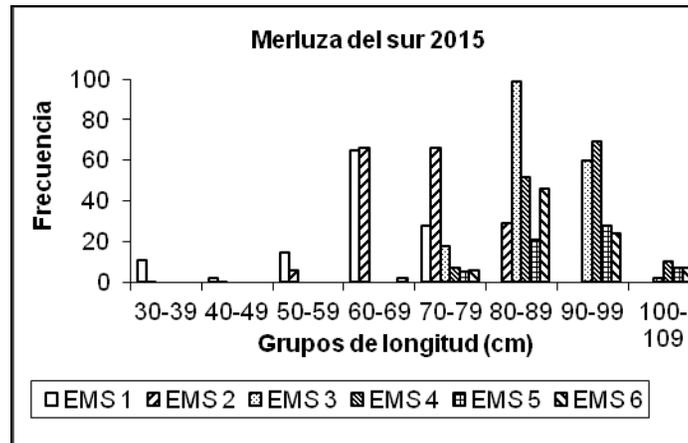


Figura 19. Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total. Agosto de 2015.

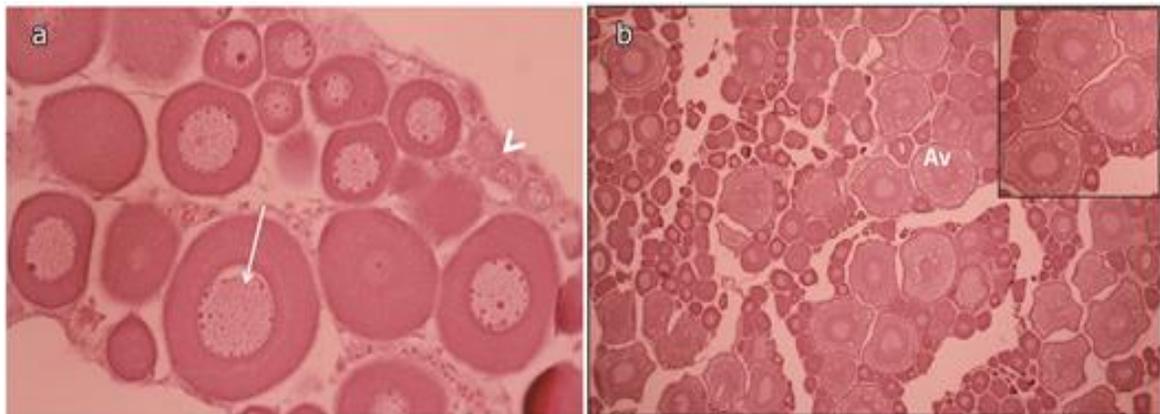


Figura 20. Ovarios de merluza del sur *Merluccius australis* en estadios iniciales de desarrollo. a) Ms N° 435. Estadio ovárico Inmaduro, 40x. Ovocitos de reserva multinucleolar (flecha) y primitivos (punta flecha). b) Ms N° 110, 5x. Estadio ovárico de alveolo cortical (Av). Recuadro 10x.

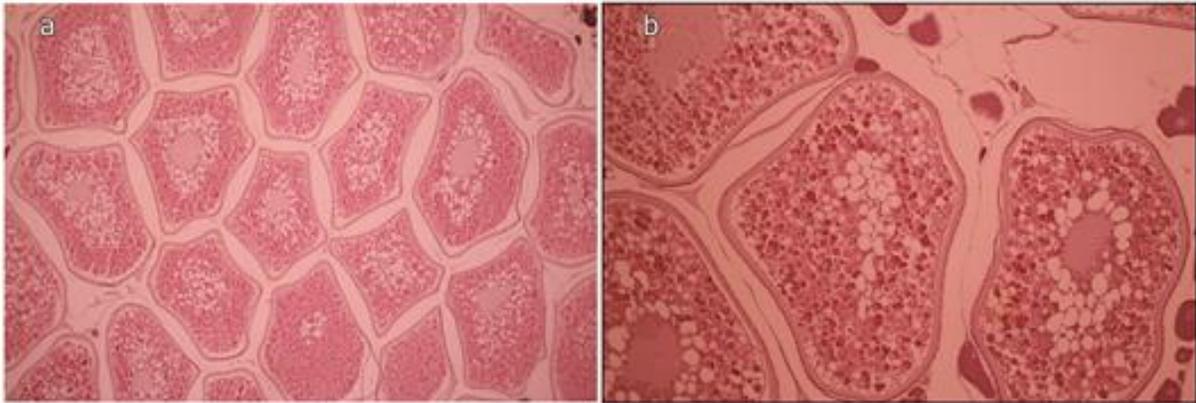


Figura 21. Ovarios de merluza del sur *Merluccius australis* en estadios avanzados de desarrollo. a) Ms N° 689. Estadio ovárico con núcleo migrante, 5x. b) Ms N° 334. Estadio ovárico con núcleo migrante, 10x.

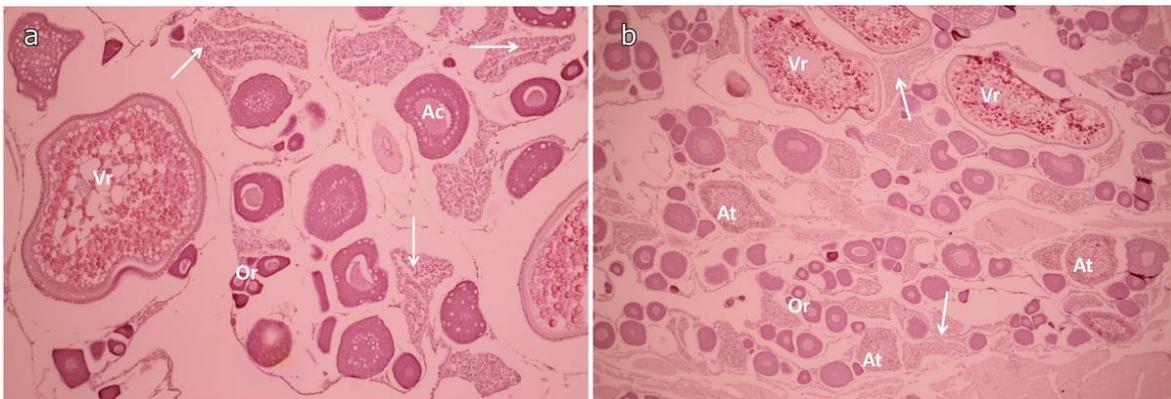


Figura 22. Ovarios de merluza del sur *Merluccius australis* en estadios de post-desove. a) Ms 535 Estadio ovárico post-desovante por tandas. Vr: ovocito vitelado residual; Ac: alveolo cortical; Or: ovocito de reserva; flecha: FPO de día 1, 10x. b) Ms N° 545. Estadio ovárico desovado. Vr: ovocito vitelado residual; At: ovocito atrésico; Or: ovocito de reserva; flecha: FPO día 1, 5x.

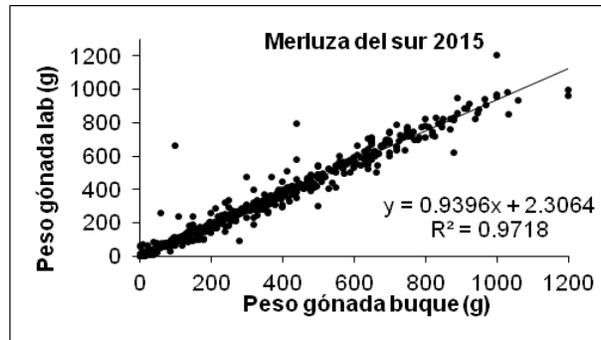


Figura 23. Relaci3n entre el peso de la g3nada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza del sur *Merluccius australis*.

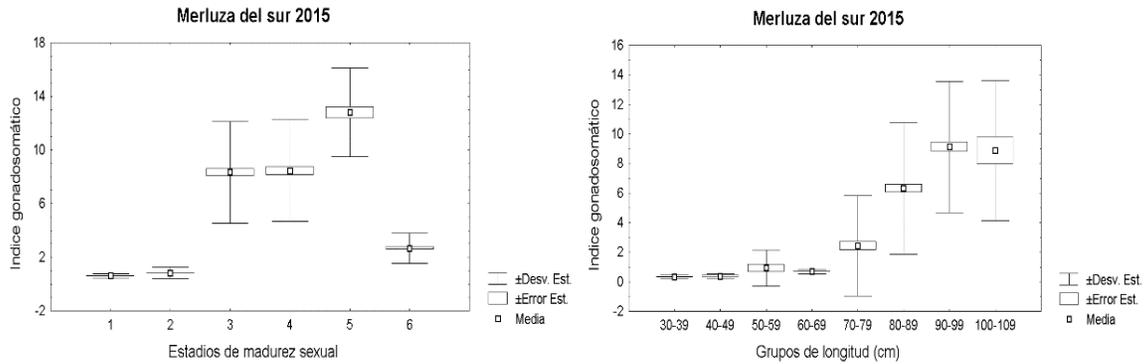


Figura 24. Valor promedio del índice gonadosomático (IGS) \pm la desviaci3n estandar y el error estandar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y grupos arbitrarios de longitud total de merluza del sur. Agosto 2015.

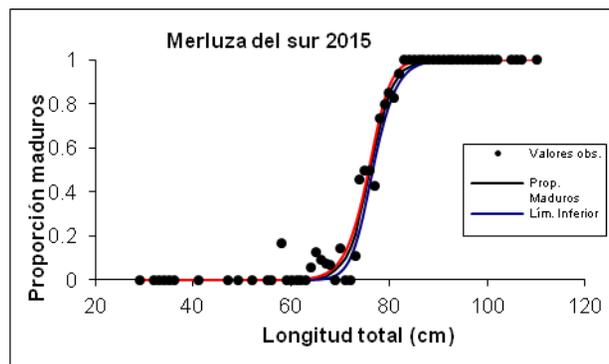


Figura 25. Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2015, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo no lineal.

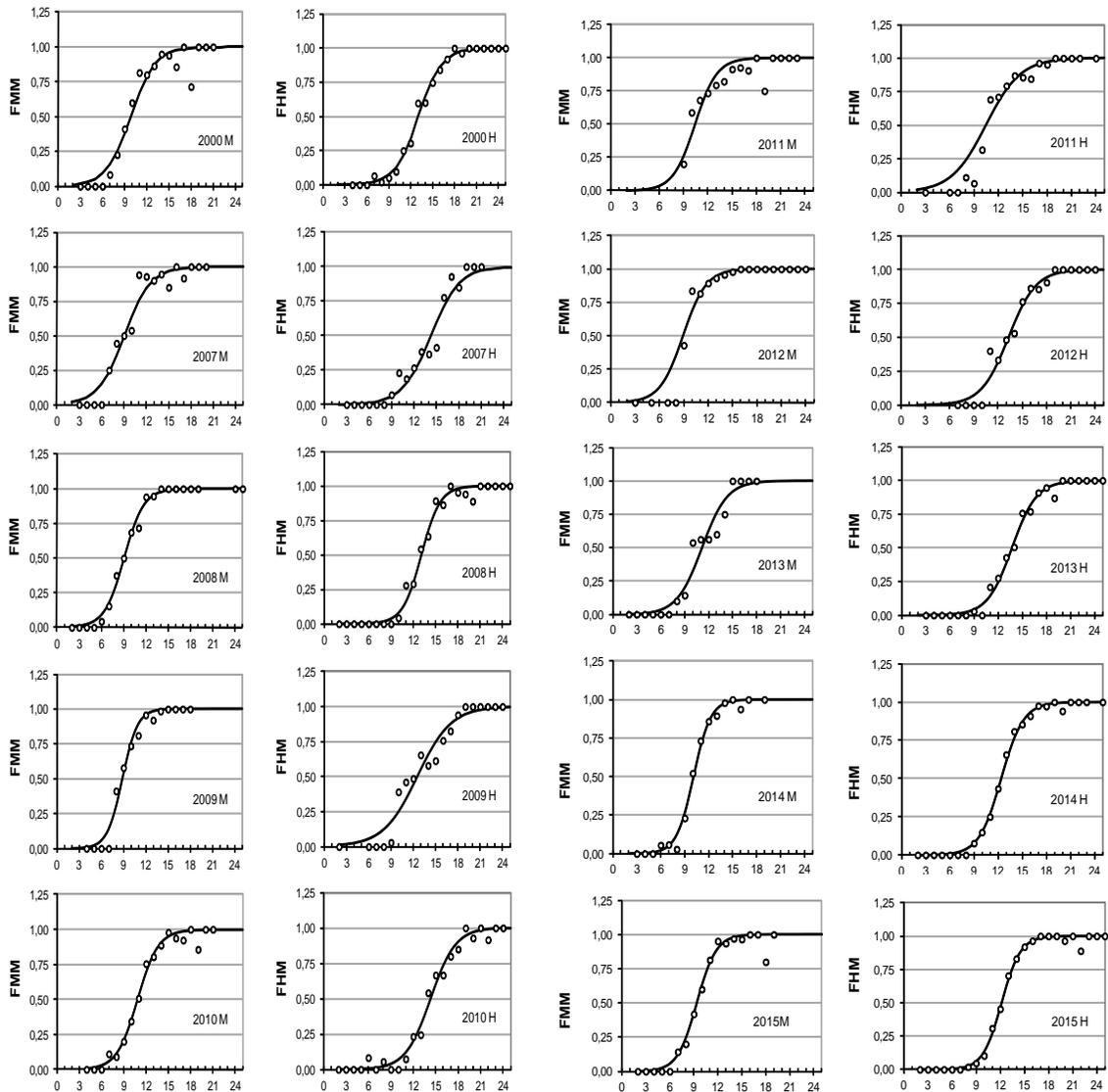


Figura 26. Fracci3n de individuos maduros, segun grupos de edad, en los cruceros de evaluaci3n aros 2000 y 2007 a 2015.

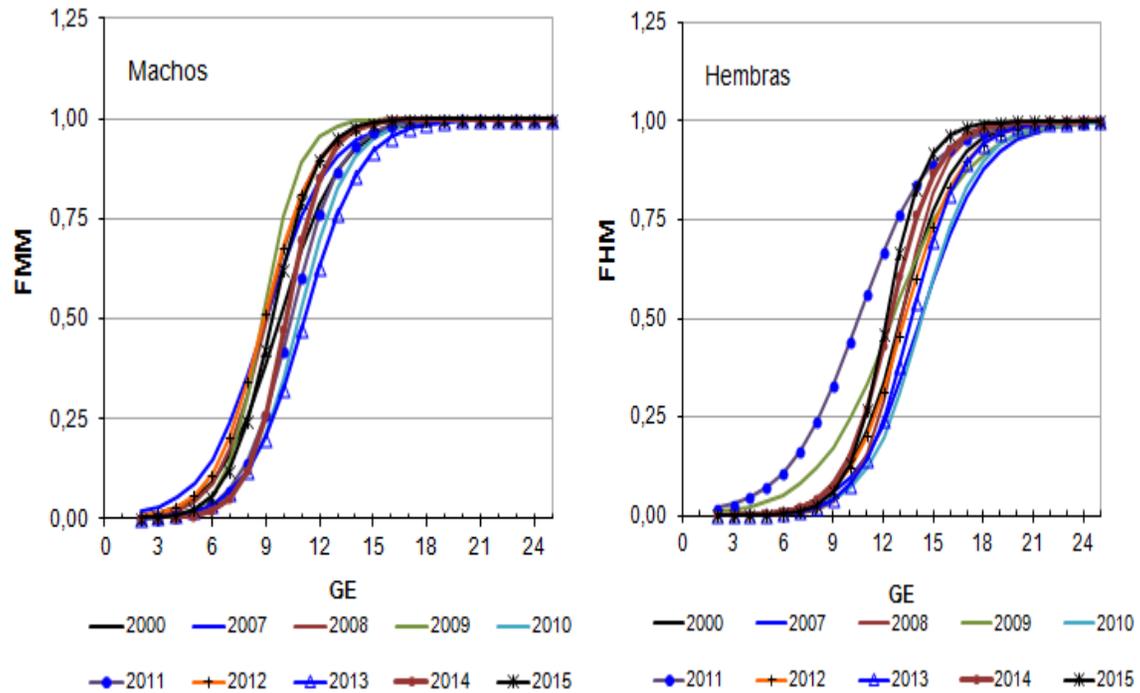


Figura 27. Curvas de madurez estimadas para merluza del sur (machos y hembras), segun grupos de edad, en los cruceros de evaluaci3n aros 2000 y 2007 a 2014.

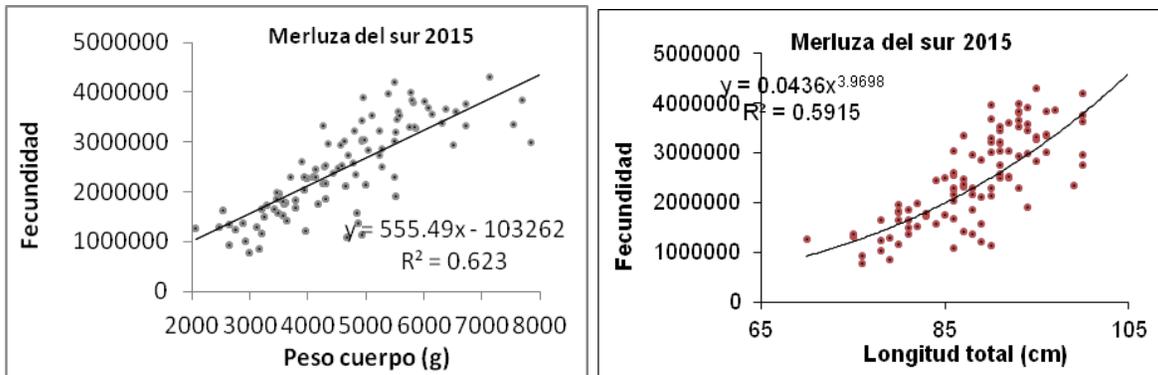


Figura 28. Relaci3n entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la g3nada y b) la longitud total. Merluza del sur, en agosto de 2014.

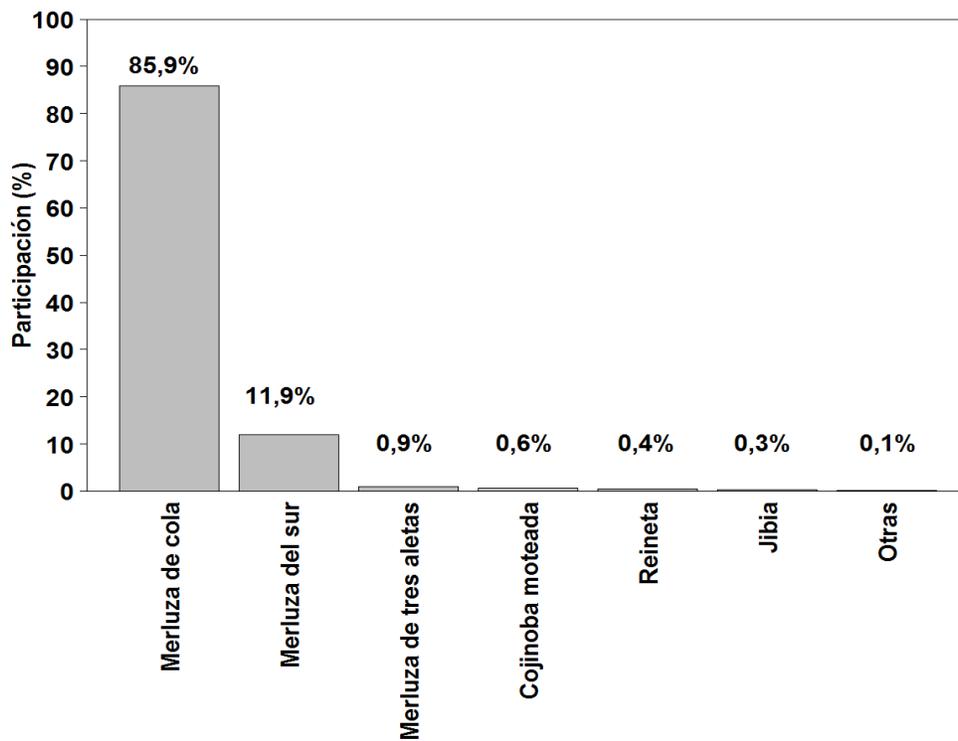


Figura 29. Participaci3n de las principales especies capturadas, respecto captura total est3ndar crucero. Evaluaci3n directa de merluza del sur y merluza de cola, a3o 2015.

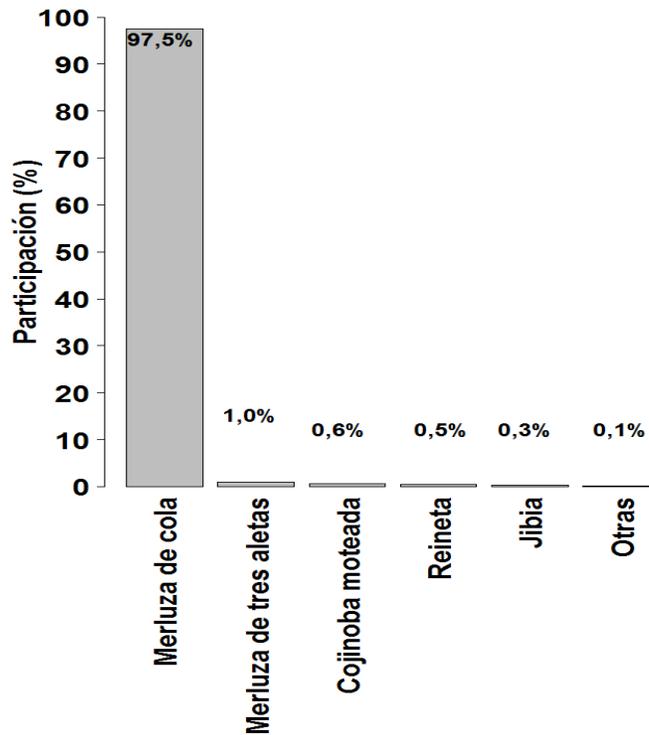


Figura 30. Participación de la fauna acompañante asociada a merluza del sur. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2015.

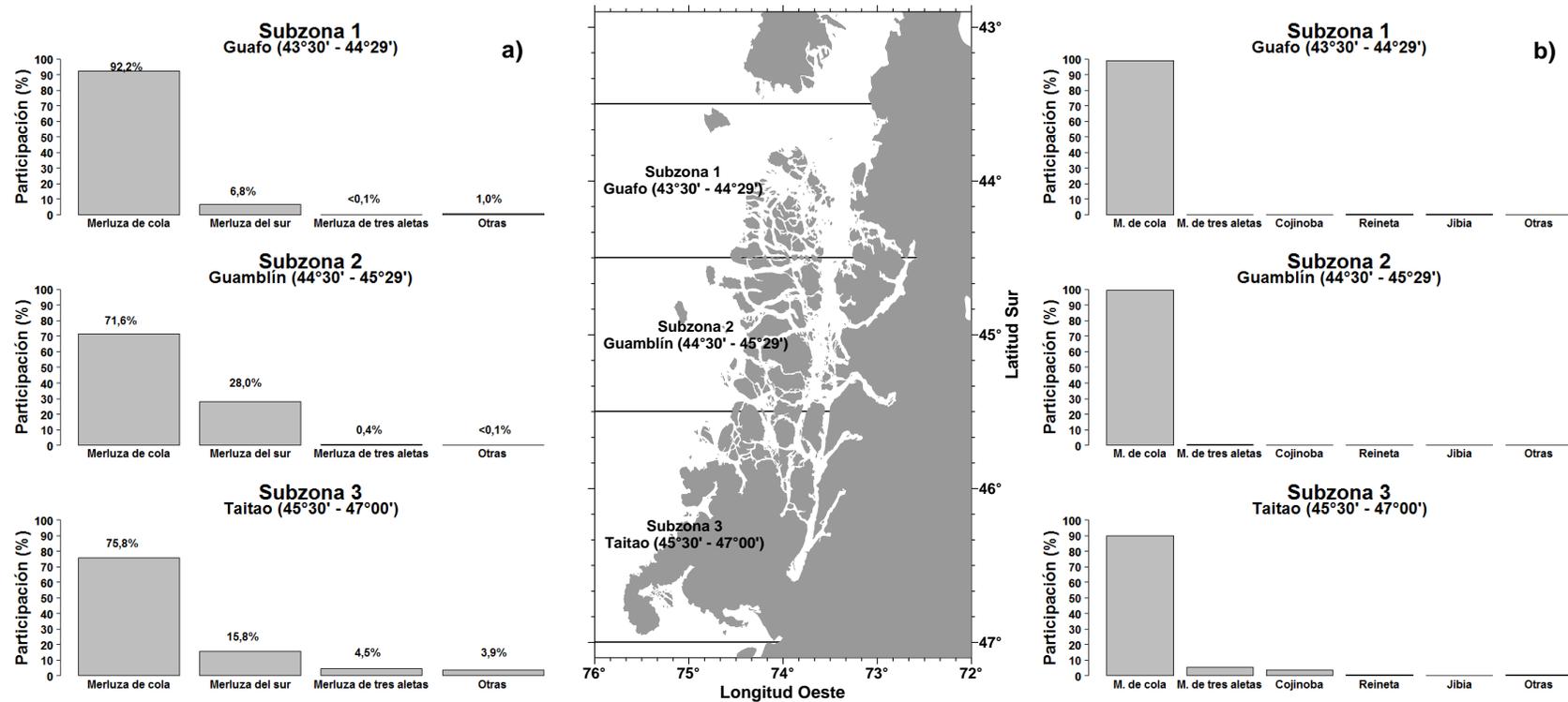


Figura 31. Participación (%) respecto captura total estándar por subzona a) todas las especies y b) fauna acompañante. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2015.

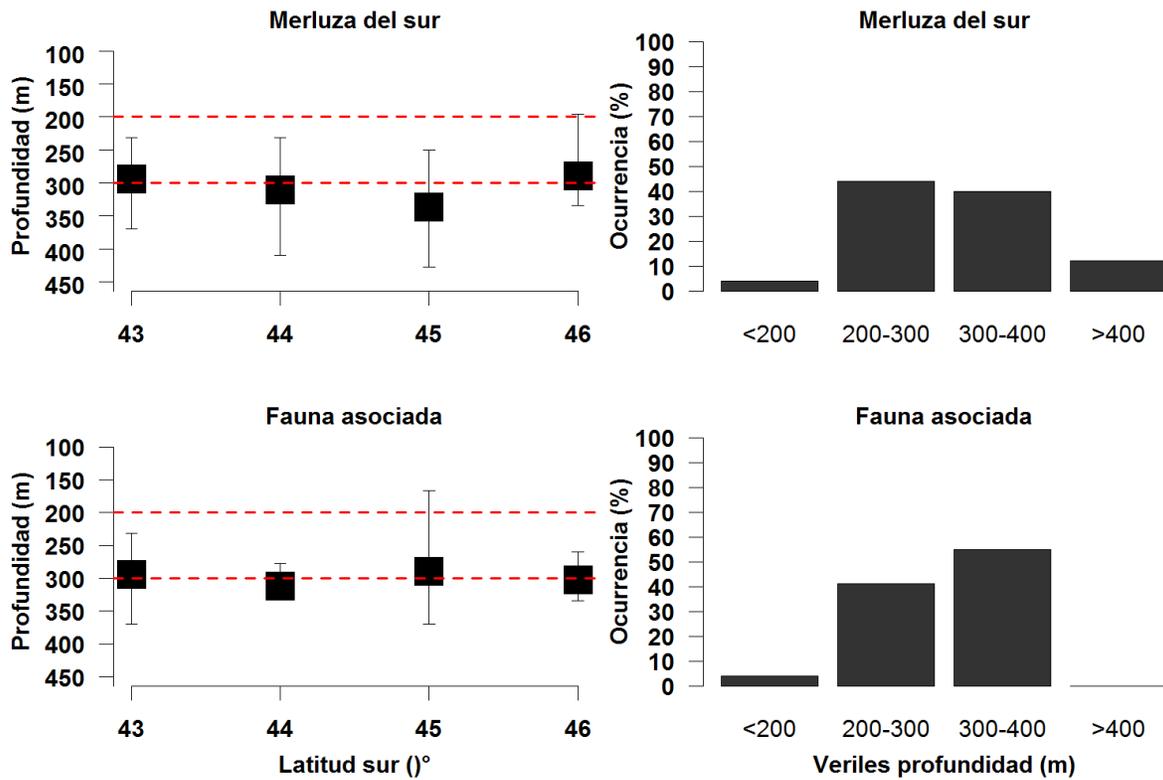


Figura 32. Distribuci3n y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur, merluza de cola y fauna asociada. Evaluaci3n directa de merluza del sur y merluza de cola, a1o 2015.

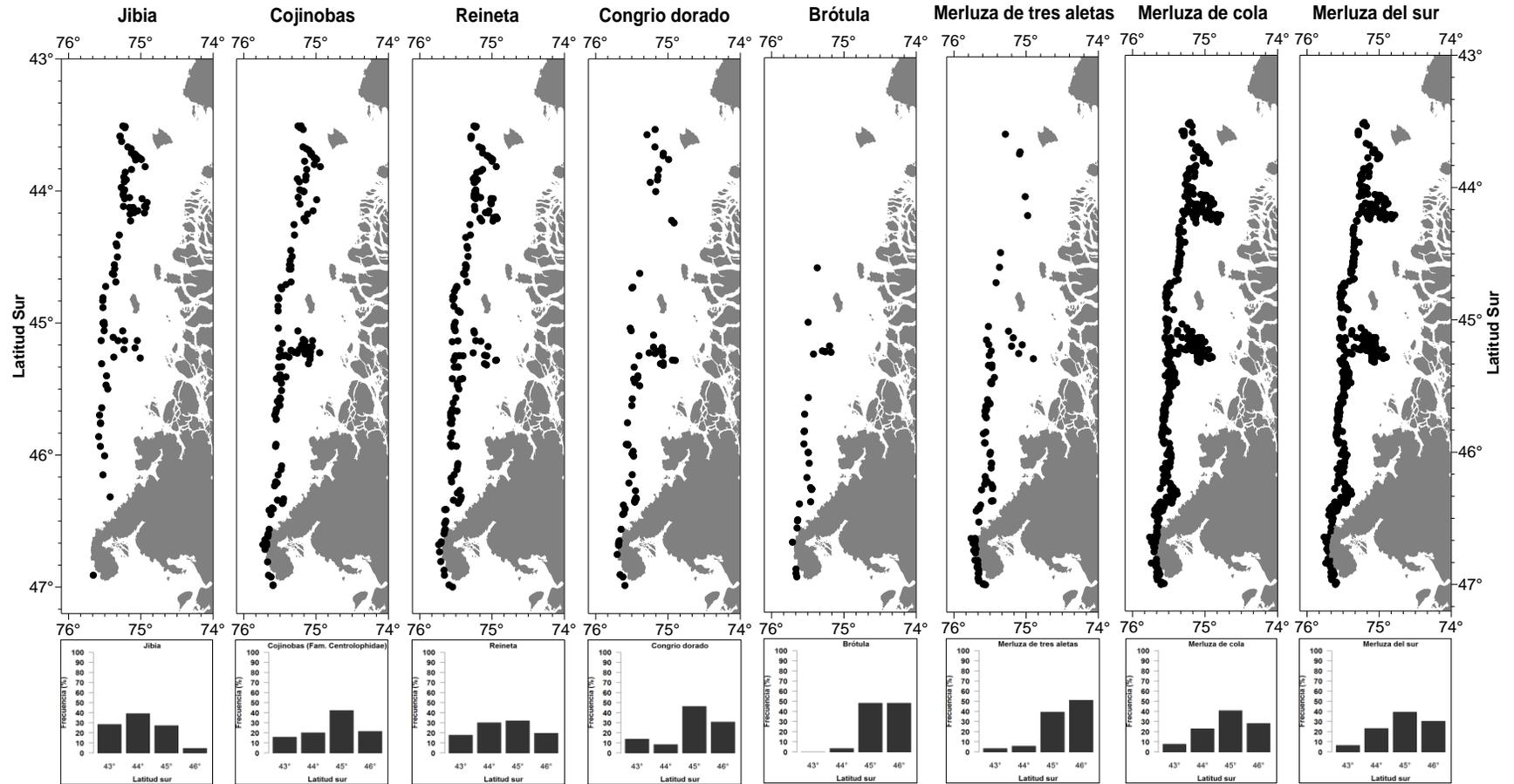


Figura 33. Distribución latitudinal histórica de las especies más recurrentes capturadas durante cruceros de evaluación directa.

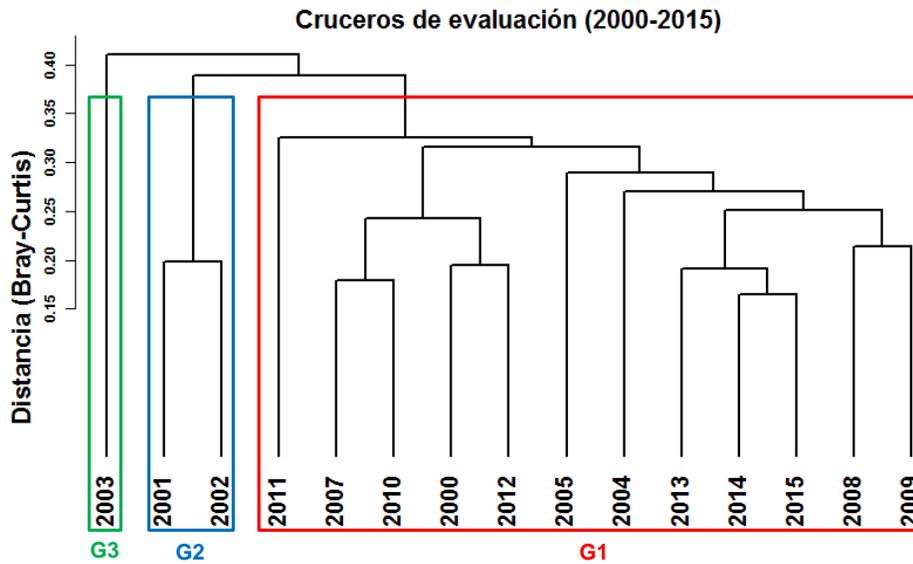


Figura 34. Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2015.

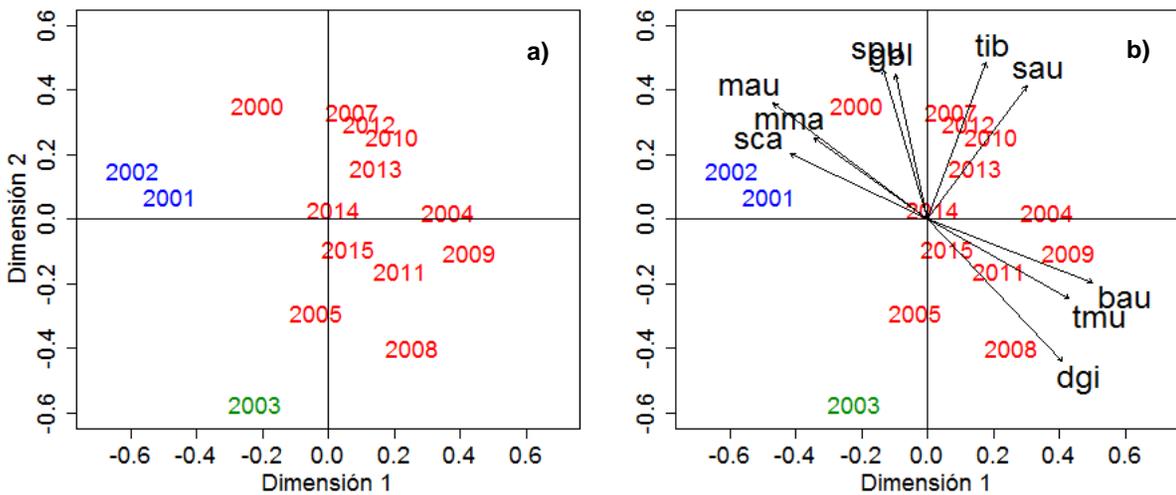


Figura 35. Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2015.

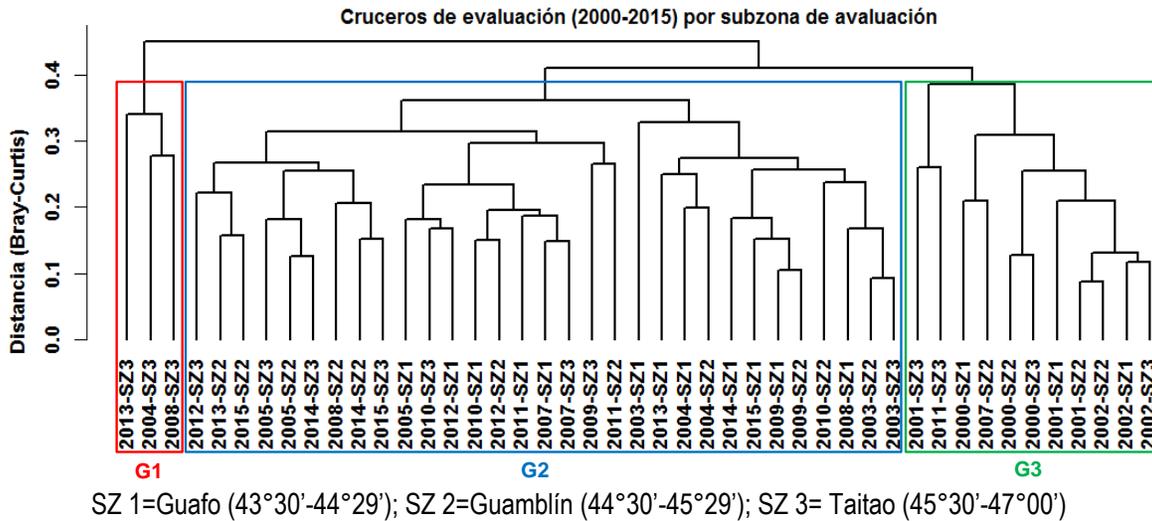


Figura 36. Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola, años 2000 a 2015.

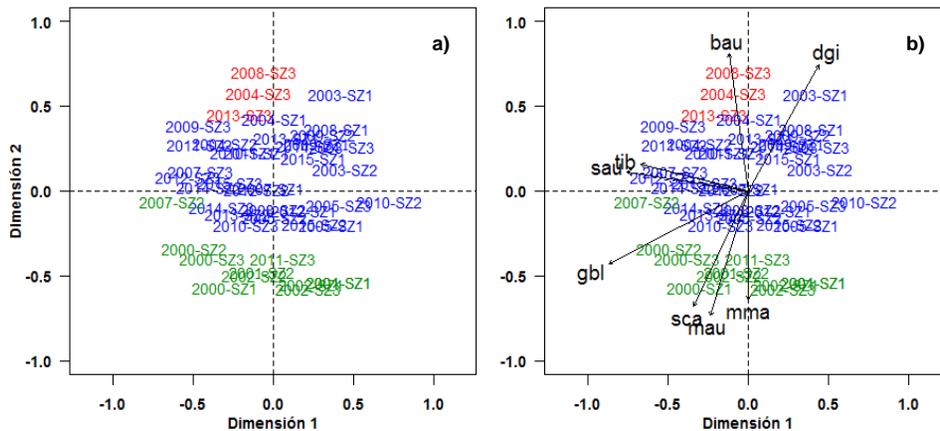


Figura 37. Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola, años 2000 a 2015.

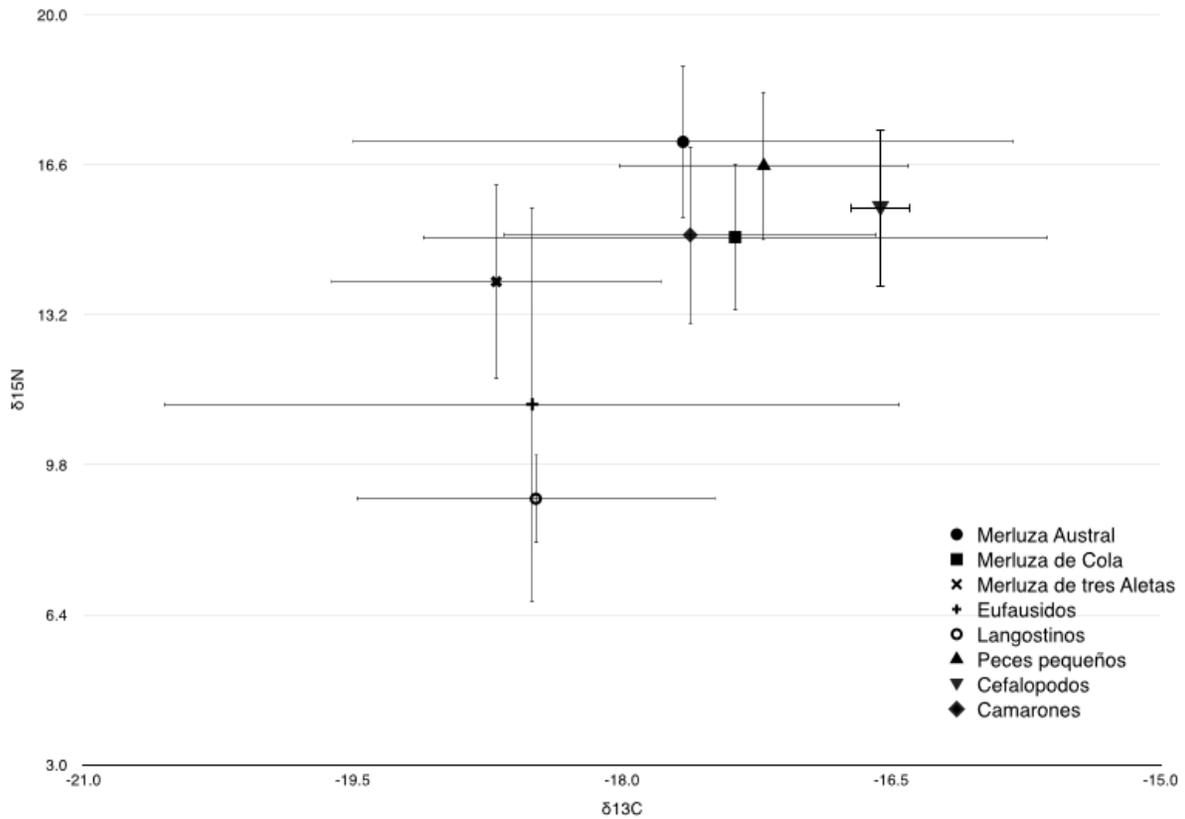


Figura 40. Bi-plot de las merluzas estudiadas y los grupos mayores de alimentaci3n.

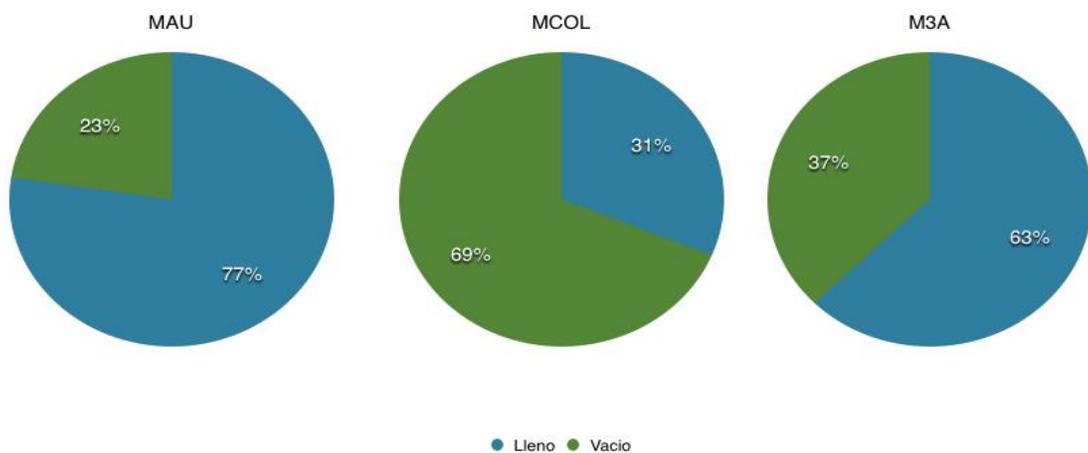


Figura 41. Proporci3n de est3magos llenos y vacíos

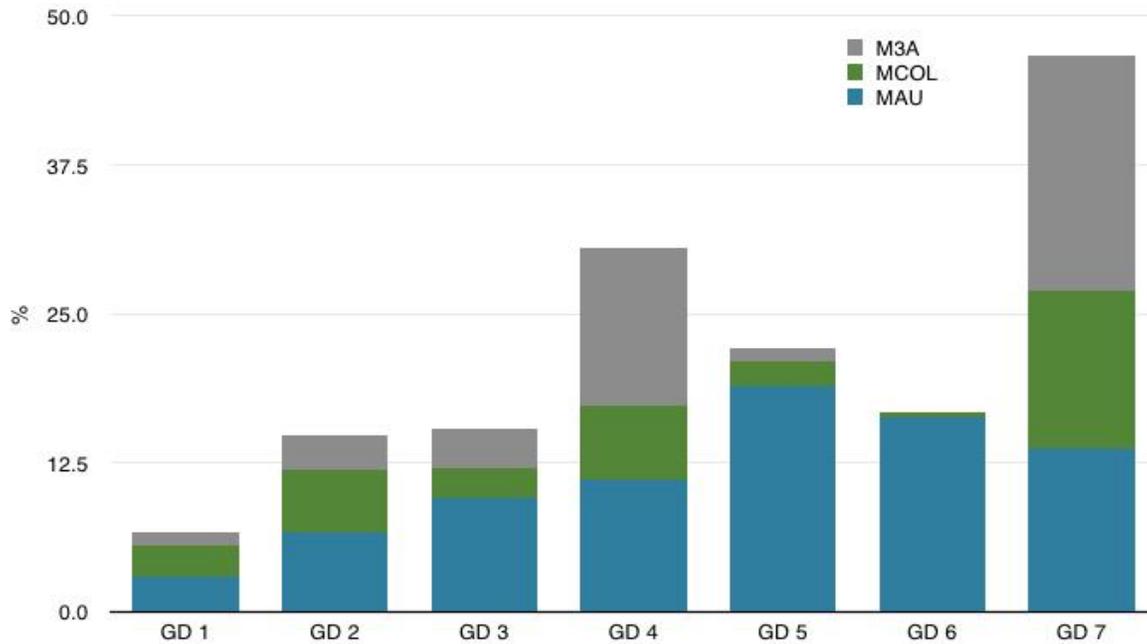


Figura 42. Proporción de los grados de digesti3n encontrados. MAU *Merluccius australis*, MCOL *Macruronus magellanicus* y M3A *Micromesistius australis*.

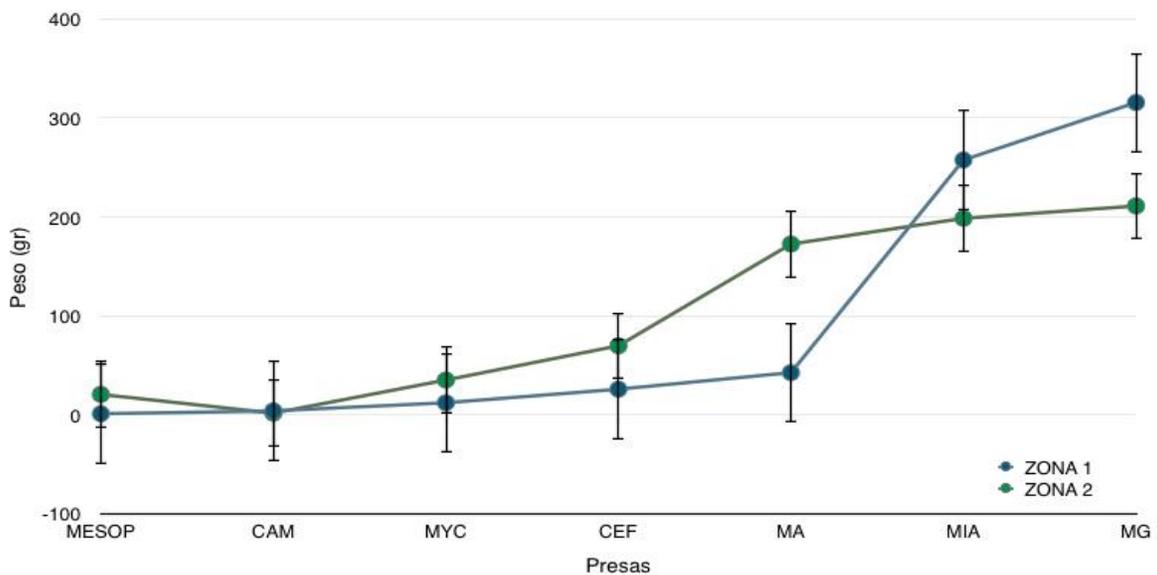


Figura 43. Alimentaci3n por zonas de *Merluccius australis* en el a1o 2015

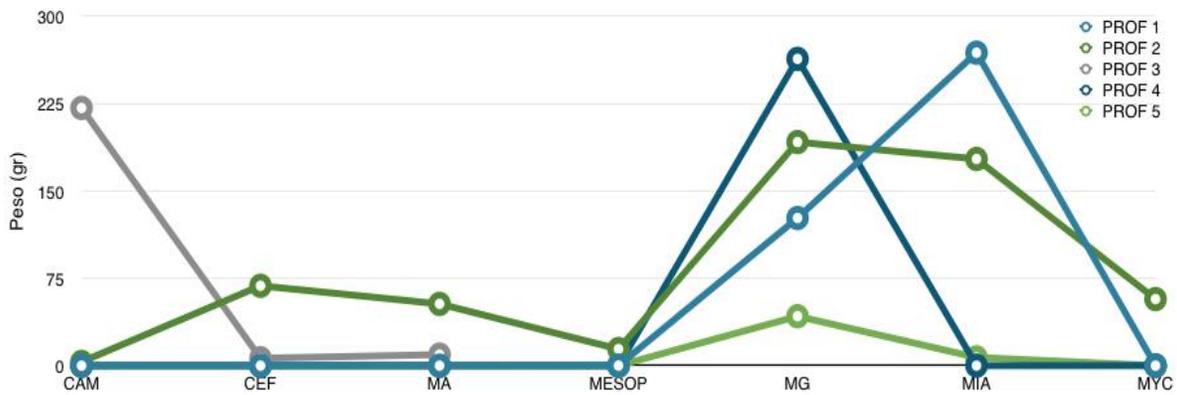


Figura 44. Alimentación por profundidad de *Merluccius australis* en el año 2015

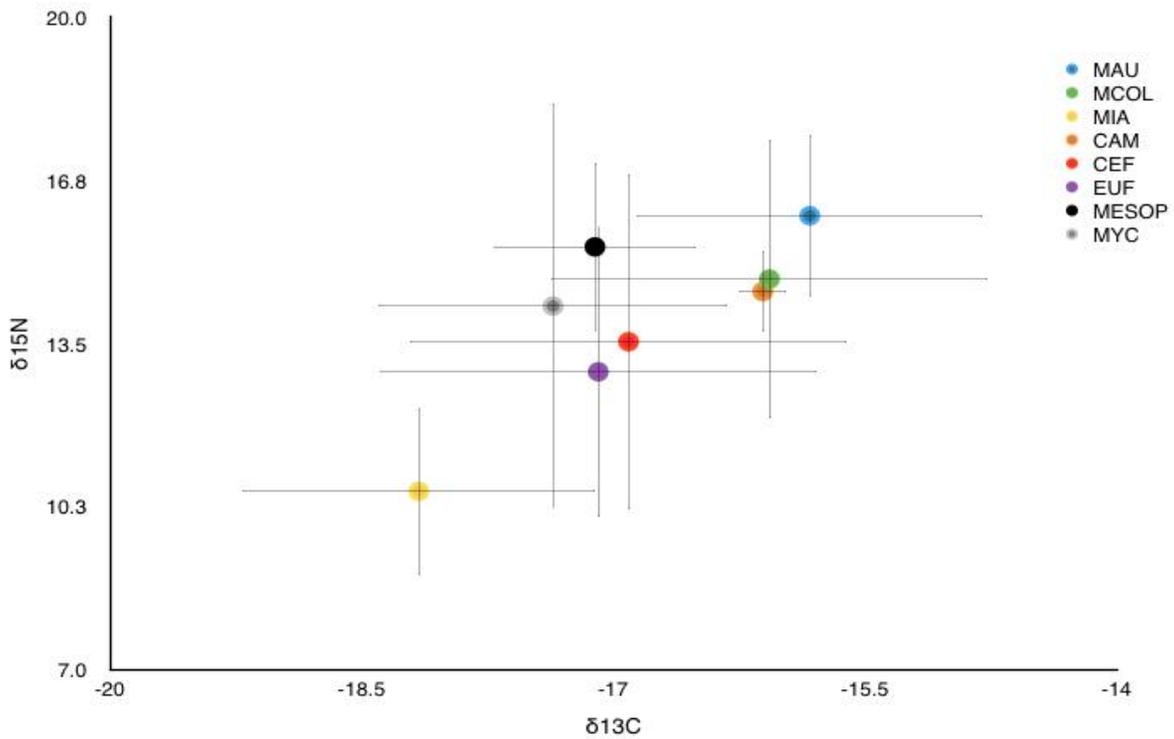


Figura 45. Bi-plot de nitrógeno y carbono para la zona estudiada.

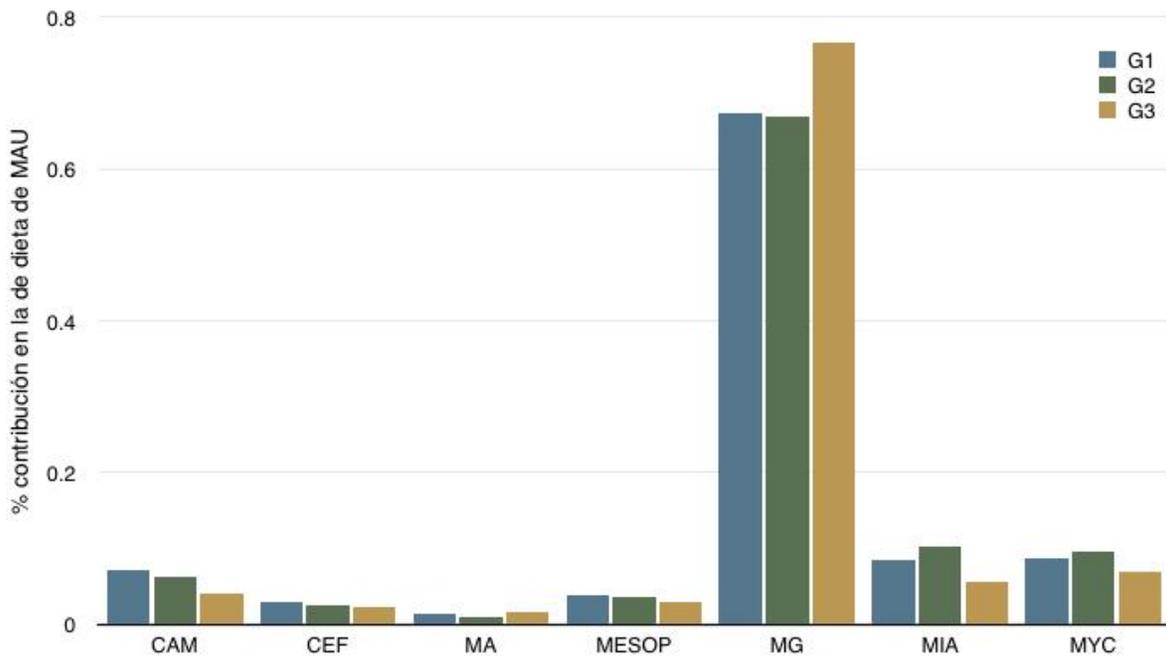


Figura 46. Proporciones dietarias inferidas por is3topos estables para *Merluccius australis* durante el 2015.

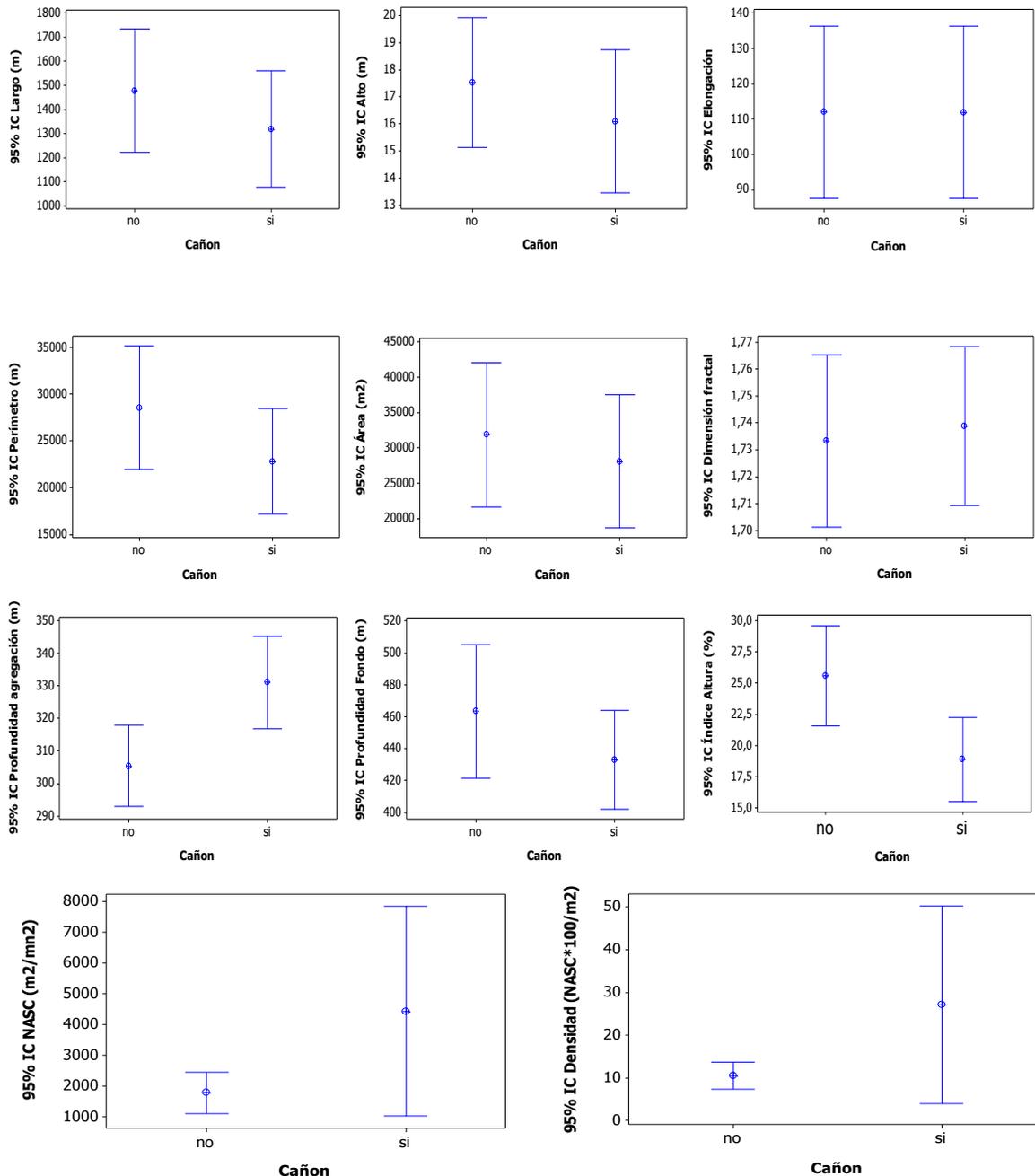


Figura 47. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfol3gicos largo, alto y elongaci3n, per3metro, 1rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 1ndice de altura; descriptores de energ3a retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC/(100m²)). Dentro del cañ3n (si) y fuera del cañ3n (no).

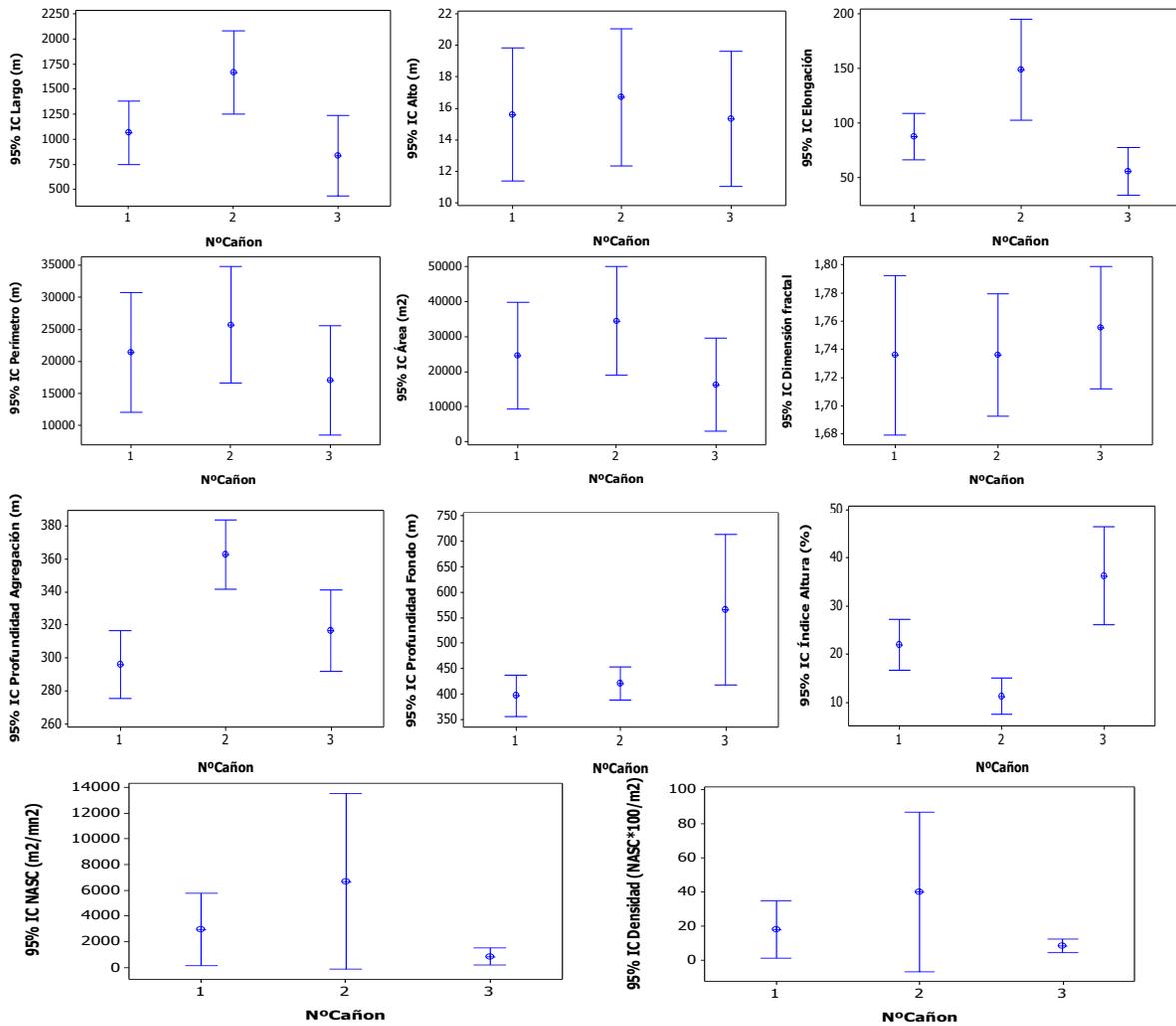


Figura 48. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, perimetro, área y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energa retrodispersada y densidad acústica. Según cañon.

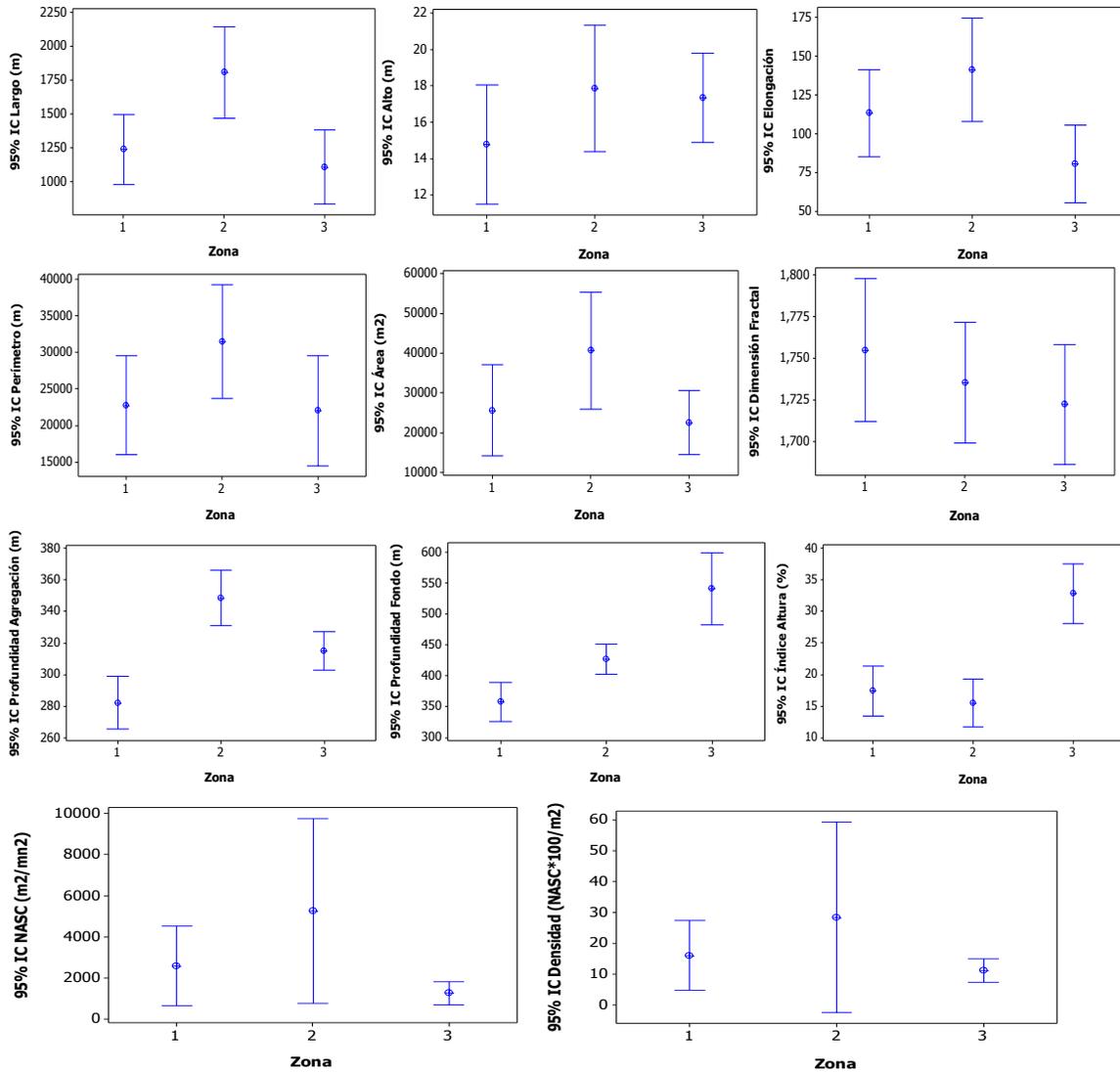


Figura 49. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, perimetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada y densidad ac3stica. Seg3n zona.

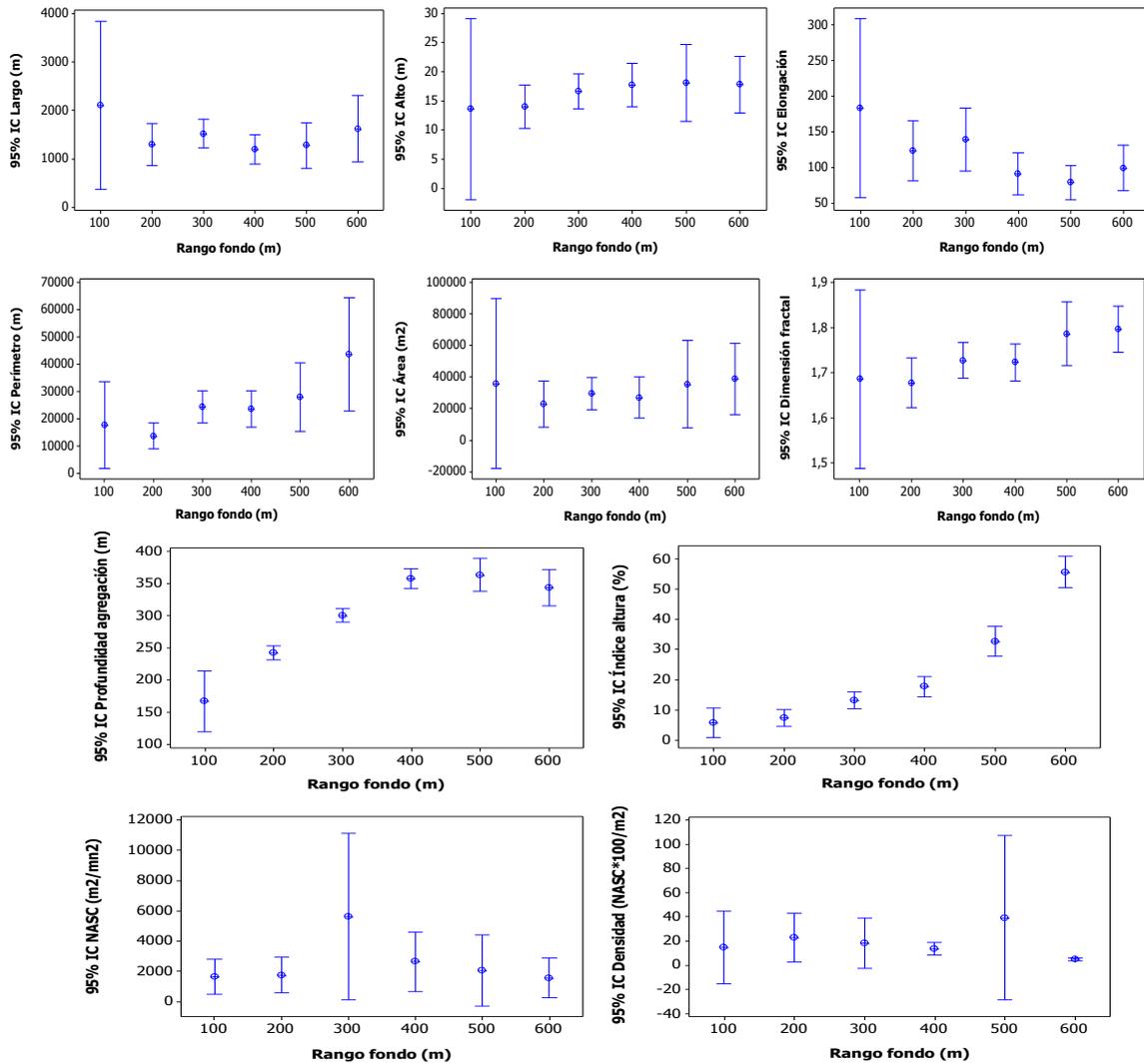


Figura 50. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo y elongaci3n, perimetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones e índice de altura; descriptores de energa retrodispersada y densidad acústica. Según rango de fondo.

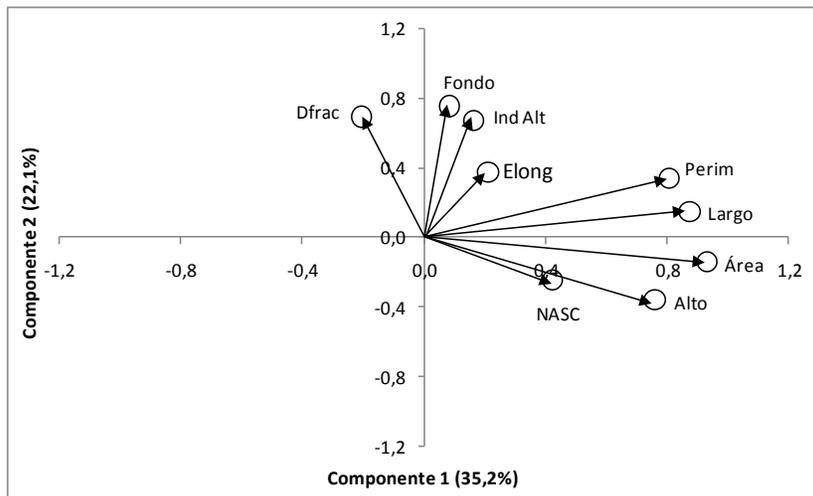


Figura 51.

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 del sur. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 1992-2015.

Año	Proyecto	Especie	Biomasa (t)	Abundancia (N°)
1992	FIP 1992-02	Merluza del sur	31.25	-
1994	FIP 1993-04	Merluza del sur	23.123	7.650.000
1996	FIP 1996-38	Merluza del sur	40.301	17.065.132
2000	FIP 2000-14	Merluza del sur	133.845	35.585.682
2001	FIP 2001-19	Merluza del sur	100.362	26.800.000
2002	FIP 2002-19	Merluza del sur	50.356	13.700.000
2003	FIP 2003-09	Merluza del sur	84.268	21.300.000
2004	FIP 2004-07	Merluza del sur	53.2	11.789.000
2005	FIP 2005-04	Merluza del sur	43.763	10.764.418
2007	FIP 2007-12	Merluza del sur	53.35	14.959.059
2008	FIP 2008 11	Merluza del sur	59.102	20.890.709
2009	FIP 2009-09	Merluza del sur	65.337	18.616.730
2010	Pesca Investigación	Merluza del sur	51.451	14.265.269
2011	FIP 2011-04	Merluza del sur	60.394	16.169.746
2012	FIP 2012-07	Merluza del sur	51.271	13.562.492
2013	FIP 2013-13	Merluza del sur	41.251	13.085.421
2014	ASIPA-2014	Merluza del sur	49.254	12.999.985



Tabla 2.
Principales caracteristicas 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.
Calibraci3n del sistema de ecointegraci3n ER60. AGS 61 "Cabo de Hornos".

Lugar	Valparaíso	
Fecha	31 / julio / 2015	
Buque	AGS 61 "Cabo de Hornos"	
Ecosonda	Simrad ER 60	
Transductor	ES38B	
Profundidad esfera	18 m	
Profundidad fondo	35 m	
Frecuencia	38 kHz	
Ganancia (TS gain)	26,45 dB	
TS esfera (Tungsteno)	-42,04 dB	
Correcci3n s_A	-0,62 dB	
Ancho de banda	2,43 KHz	
Intervalo de muestreo	0,192 m	
Coficiente de absorci3n	9,1 dB/km	
Velocidad del sonido	1502,0 m/s	
2-way beam angle	-20,6 dB	
	<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	04-08-2015	0731	43°35,5'	75°17,2'	0744	43°34,7'	75°17,3'	231	0,2	000	4,7	0,8	155	516	0,2	222	893	17,3	57,8	0,0	24,9	
2	05-08-2015	0814	43°44,7'	75°02,1'	0832	43°45,3'	75°01,2'	280	0,3	149	2,9	0,9	31	331		137	499	6,2	66,4		27,4	
3	06-08-2015	0057	43°54,6'	75°14,6'	0136	43°52,7'	75°13,7'	370	0,7	020	3,1	2,0	1.020	195		82	1.297	78,6	15,1		6,3	
4	06-08-2015	0800	44°03,8'	75°06,8'	0923	44°02,2'	75°12,1'	323	1,4	330	2,5	4,1	547	230		56	834	65,6	27,6		6,8	
5	06-08-2015	1951	44°06,5'	74°51,9'	2022	44°07,8'	74°53,7'	232	0,5	226	3,9	1,8	2.285	715			3.000	76,2	23,8			
6	07-08-2015	0334	44°13,4'	75°09,5'	0352	44°14,3'	75°09'	410	0,3	165	3,0	1,0	748	12			760	98,4	1,6			
7	09-08-2015	1623	44°12,5'	74°47'	1624	44°12,5'	74°47,1'	270	0,0	274	3,3	0,0	7	2.475			2.482	0,3	99,7			
8	09-08-2015	1948	44°24,6'	75°19,6'	2005	44°25,3'	75°20,2'	278	0,3	179	2,9	0,8	377	17		6	400	94,3	4,3		1,4	
9	09-08-2015	2341	44°45,2'	75°30,7'	2420	44°47,1'	75°32,1'	354	0,6	210	2,7	2,1	1.677	323			2.000	83,8	16,2			
10	11-08-2015	1211	45°10'	74°59,8'	1219	45°09,9'	75°00,5'	250	0,1	270	3,0	0,5		3.000			3.000		100,0			
11	11-08-2015	1423	45°15,8'	74°59,5'	1441	45°15,8'	75°01'	410	0,3	270	3,7	1,1	1.952	1.048			3.000	65,1	34,9			
12	11-08-2015	1648	45°17,1'	75°05,4'	1657	45°16,8'	75°05,9'	428	0,1	315	3,9	0,5	31	319			350	8,8	91,2			
13	11-08-2015	1954	45°10,3'	75°30,6'	2010	45°10,9'	75°31,5'	315	0,3	233	3,6	0,9	312	89	34		435	71,7	20,5	7,8		
14	12-08-2015	0240	45°20'	75°30,2'	0309	45°20'	75°32,3'	370	0,5	270	3,1	1,5	540	350	15	5	909	59,3	38,5	1,6	0,6	
15	12-08-2015	1159	45°40'	75°33,5'	1225	45°38,8'	75°32,7'	320	0,4	024	3,8	1,3		405	2	103	510		79,3	0,4	20,3	
16	12-08-2015	1536	45°33,1'	75°29,5'	1609	45°34,9'	75°30,8'	167	0,5	225	4,2	2,0		75		174	249		30,1		69,9	
17	12-08-2015	1956	45°50,1'	75°33,4'	2003	45°50,5'	75°33,6'	250	0,1	222	3,0	0,4	102	1.952	1		2.056	5,0	95,0	0,1		
18	13-08-2015	0527	45°55,1'	75°34,5'	0602	45°55,9'	75°31,9'	251	0,6	130	3,6	2,0	288	76		8	372	77,4	20,4		2,2	
19	13-08-2015	0920	46°06,6'	75°28,5'	0956	46°06,6'	75°29,6'	260	0,6	215	3,5	0,8	90	12	3	135	240	37,6	4,9	1,3	56,2	
20	13-08-2015	1836	46°59,3'	75°35,3'	1851	46°58,8'	75°36,1'	302	0,3	339	3,2	0,8	114	2.101	61	24	2.300	4,9	91,3	2,7	1,1	
21	14-08-2015	0104	46°49,3'	75°39,9'	0137	46°47,8'	75°40,7'	334	0,6	001	2,8	1,7	107	573	24	3	707	15,2	81,0	3,4	0,4	
22	14-08-2015	2317	46°39,8'	75°42,4'	2326	46°40,3'	75°42,6'	260	0,1	210	3,9	0,5	53	117	170	1	341	15,4	34,3	49,9	0,3	
23	15-08-2015	0236	46°39,7'	75°43,9'	0310	46°41,6'	75°44,5'	327	0,6	191	4,1	2,0	49	24	61	12	145	33,6	16,4	42,0	8,0	
24	15-08-2015	0815	46°24,8'	75°39'	0823	46°25,3'	75°39'	320	0,1	196	3,9	0,5	261	536	51	99	947	27,6	56,6	5,4	10,4	
25	15-08-2015	1339	46°22,1'	75°27,4'	1404	46°20,9'	75°27,7'	314	0,4	030	2,5	1,2	14	481	9	7	511	2,8	94,1	1,8	1,4	
26	15-08-2015	1656	46°12,9'	75°33,8'	1726	46°11,5'	75°33,2'	297	0,5	019	2,2	1,5	158	133	36	58	385	41,0	34,7	9,4	15,0	
27	15-08-2015	1922	46°14,1'	75°28,6'	1928	46°14,2'	75°29'	280	0,1	224	3,0	0,3	145	109	6		260	55,7	42,0	2,3		
28	15-08-2015	2115	46°17,4'	75°23,6'	2121	46°17,8'	75°23,7'	196	0,1	200	3,9	0,4	95	33			128	74,1	25,9			
Captura (kg) total													11.156	16.248	474	1.131	29.009					
Proporción (%)													38,5%	56,0%	1,6%	3,9%						



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	Jibia	Mict3fido	Reineta	Tibur3n marrajo	Tollo	
1	04-08-2015	155	516					100		122			893
2	05-08-2015	31	331	0,2		7		52		77			499
3	06-08-2015	1.020	195					58		12		12	1.297
4	06-08-2015	547	230					40		5		11	834
5	06-08-2015	2.285	715										3.000
6	07-08-2015	748	12										760
7	09-08-2015	7	2.475										2.482
8	09-08-2015	377	17					6					400
9	09-08-2015	1.677	323										2.000
10	11-08-2015		3.000										3.000
11	11-08-2015	1.952	1.048										3.000
12	11-08-2015	31	319										350
13	11-08-2015	312	89	34									435
14	12-08-2015	540	350	15		4			1				909
15	12-08-2015		405	2		23			10		70		510
16	12-08-2015		75			170			4				249
17	12-08-2015	102	1.952	1									2.056
18	13-08-2015	288	76		1		2		5				372
19	13-08-2015	90	12	3		83			52				240
20	13-08-2015	114	2.101	61		9			16				2.300
21	14-08-2015	107	573	24		1						1	707
22	14-08-2015	53	117	170					1				341
23	15-08-2015	49	24	61		1			11				145
24	15-08-2015	261	536	51		99							947
25	15-08-2015	14	481	9		3			5				511
26	15-08-2015	158	133	36		51			4	3			385
27	15-08-2015	145	109	6									260
28	15-08-2015	95	33										128
Captura total		11.156	16.248	474	1	452	2	256	4	322	70	25	29.009
Proporci3n (%)		38,6%	55,8%	1,6%	<0,1%	1,6%	<0,1%	0,9%	<0,1%	1,1%	0,2%	0,1%	

**Tabla 6.**

Escala de madurez sexual para merluza del sur, *Merluccius australis*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada por Balbontín y Bravo (1993).

Estadio gonadal	Caracterización histológica
1(1) Virginal	Ovarios pequeños, filiformes; sexo difícilmente discernible de manera macroscópica. El examen microscópico muestra la presencia de células germinales. En un estadio más avanzado son de color rosado claro, de sección tubular y con un diámetro máximo de los ovocitos menor que 0,18 mm.
2 (2) Inmaduro	Ovarios claramente diferenciados, con paredes firmes, gruesas; color rosado claro o amarillo ocre. Ovocitos no visibles al ojo desnudo, de aspecto opaco, en vitelogénesis incipiente; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,38 mm. Incluye a inmaduros reincidentes.
3 (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 (3A) En maduración, desove parcial reciente:	Ovario similar al estadio 3, turgentes o ligeramente flácidos; color amarillo pálido u oscuro. Diámetro de los ovocitos similar al estadio 3, pero además se distingue un número reducido de ovocitos hidratados con gota oleosa que corresponden al remanente de un desove parcial reciente. Estos ovarios pasan nuevamente al estadio 5.
5 (4) Maduro:	Ovarios turgentes, a menudo con zonas traslúcidas; color amarillo a anaranjado pálido; en una fase avanzada, los ovocitos fluyen del ovario al presionar el abdomen. Ovocitos visibles al ojo desnudo, con el proceso de hidratación iniciándose; con o sin gota oleosa; diámetro de los ovocitos más diferenciados igual o mayor que 0,85 mm.
6 (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 rosado amarillento. 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, fol3culo postovulatorio; VG, ves3cula germinal.

Estadio gonadal	Caracterizaci3n histol3gica
I Virginal	Par3nquima representado por ovocitos premei3ticos (ovocitos primarios en leptoteno) citoplasma bas3filo, escaso, n3cleo cromat3nico. Lumen amplio y lamelas pequeas de base ancha.
II Inmaduro	Lamelas largas, delgadas e interdigitadas invaden el lumen. Ovocitos de reserva no vitelados rodeados de una fina l3mina c3lulas foliculares. VG central con numerosos nucl3olos esf3ricos y perif3ricos. Citoplasma finamente granular altamente bas3filo.
III Alveolo Cortical	Presencia de ovocitos con ves3culas en el citoplasma cortical de diferente di3metro, cuyo contenido es producto de s3ntesis del ovocito. Citoplasma ligeramente bas3filo. Externamente se visualiza una delgada zona radiata y c3lulas foliculares de plano a c3bicas. La presencia de ves3culas corticales indica el debut de la actividad ovocitaria end3gena.
IV Parcialmente Vitelado	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositaci3n de vitelo, sin abarcar m3s de 3/4 partes del citoplasma. Destaca la presencia de ves3culas perif3ricas. VG esf3rica central multinucleolar. Zona radiata delgada.
V Vitelado	Citoplasma eosin3filo, cargado de gl3bulos de vitelo. VG central multinucleolar. Zona radiata desarrollada. C3lulas foliculares c3bicas bajas con n3cleo central esf3rico y citoplasma claro.
VI Migrante	Citoplasma vitelado. VG perif3rica o ausente por reinicio de la meiosis.
VII Hidratado (Hialino)	Aumento considerable del di3metro ovocitario por ingreso de l3quido. 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 fol3culos postovulatorios de estadio 5 o m3s.



Tabla 8.
Resumen modelación geoestadística de merluza del sur para la zona total de estudio.

Recurso	Subzona	Tipo de ajuste estructural	Dirección	Modelo ajustado	Parámetros ajustados			Bondad de ajuste	Predicción espacial	
					Sill	Rango	Nugget		Media Kriging	Varianza Kriging
Merluza del sur	zona total	Cressie Hawkins	90°	Exponencial	2,40E+03	1,33	0	0,06	106,65	8,52E+00
				Esférico	2,37E+03	3,62	0	0,05	101,22	8,26E+00

Tabla 9.
Abundancia de merluza del sur.

Sexo	Abundancia (N°) (Geoestadístico)	Abundancia (N°) (Bootstrap)
Machos	4.158.669	4.043.712
Hembras	9.622.755	9.346.063
Total	13.781.425	13.389.775

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

Método	Área (mn ²)	Biomasa (t)	Densidad (t*mn ⁻²)
Bootstrap	1.538	48.889 (40.798 – 56.980)	31,7
Geoestadístico	1.538	50.319 (41.984- 58.653)	32,7

Tabla 11.
Estimaciones del tamaño del stock, peso promedio y proporción sexual de merluza del sur, estimados en los cruceros de prospección. Período 2000-2015.

Merluza del sur															
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
B	133.845	100.362	50.356	84.268	53.200	42.500	55.632	59.678	65.337	51451	60.394	51.270	42.789	49.254	50.319
A (x10+06)	35,6	27,2	13,7	21,3	11,8	10,4	15,6	20,9	18,6	14,2	16,2	13,6	13,8	13,0	13,8
wprom (g)	3.761	3.696	3.673	3.952	4.512	4.091	3.566	2.857	3.510	3.614	3.735	3.780	3.108	3.789	3.651
Proporción (%) M:H en número	30 : 71	43 : 57	49 : 51	48 : 52	23 : 77	33 : 67	52 : 48	48 : 52	50 : 50	29 : 71	36 : 64	45 : 55	26 : 74	38 : 62	30 : 70
Proporción (%) M:H en peso	23 : 77	33 : 67	41 : 59	44 : 56	17 : 83	26 : 74	45 : 55	44 : 56	43 : 57	24 : 76	30 : 70	45 : 55	16 : 84	31 : 69	25 : 75
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 de 2015.

Sexo	Parámetros	merluza del sur
Machos	a intervalo	0,002247231 0,0018513 0,0027278
	b intervalo	3,244618685 3,1995579 3,2896795
	N	403
	r²	0,980
Hembras	a intervalo	0,002124511 0,0016993 0,0026562
	b intervalo	3,262969261 3,2119394 3,3139992
	N	774
	r²	0,953
Ambos	a intervalo	0,002076007 0,0017768 0,0024256
	b intervalo	3,266495952 3,2307241 3,3022678
	N	1177
	r²	0,965



Tabla 13.
Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, machos. Crucero de evaluación 2015.
(Abundancia Total= 13.781.425 ejemplares; Machos= 4.158.669; Hembras= 9.622.756).

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24+
20 - 21																									
22 - 23																									
24 - 25																									
26 - 27																									
28 - 29																									
30 - 31																									
32 - 33	4.874	975	1.950	1.950																					
34 - 35	7.311		1.462	4.874																					
36 - 37			2.437	3.899	975																				
38 - 39	2.437			1.219	1.219																				
40 - 41	1.219																								
42 - 43	1.219																								
44 - 45																									
46 - 47	1.219																								
48 - 49	1.219																								
50 - 51					609	609																			
52 - 53	12.602					3.150	9.451																		
54 - 55																									
56 - 57	5.655						5.655																		
58 - 59	25																								
60 - 61	33.071																								
62 - 63	42.055																								
64 - 65	79.138																								
66 - 67	42.128																								
68 - 69	84.762																								
70 - 71	217.508																								
72 - 73	308.837																								
74 - 75	460.567																								
76 - 77	743.910																								
78 - 79	688.041																								
80 - 81	504.940																								
82 - 83	514.972																								
84 - 85	124.682																								
86 - 87	148.578																								
88 - 89	29.262																								
90 - 91	36.522																								
92 - 93																									
94 - 95	9.658																								
96 - 97	3.380																								
98 - 99																									
100 - 101																									
102 - 103	41.568																								
104 - 105																									
106 - 107																									
108 - 109																									
110 - 111																									
112 - 113																									
114 - 115																									
116 - 117																									
118 - 119																									
120 - 121																									
122 - 123																									
TOTAL	4.158.669	975	5.849	11.942	6.215	4.978	15.119	34.071	129.569	350.779	616.577	1.109.467	801.356	308.664	292.586	201.208	98.616	57.887	30.105	41.140	41.568				
PORCENTAJE	0,02	0,14	0,29	0,15	0,12	0,36	0,82	3,12	8,43	14,83	26,68	19,27	7,42	7,04	4,84	2,37	1,39	0,72	0,99	1,00					
TALLA PROM. (cm)	32,5	34,7	35,2	39,7	50,5	54,0	63,7	65,8	72,8	74,7	76,5	77,7	80,7	82,1	84,1	83,7	86,8	89,0	89,8	102,5					
VARIANZA	0,00	2,97	3,05	15,39	6,94	3,76	6,92	15,15	24,07	13,59	10,20	8,77	3,77	3,70	3,87	9,64	0,49	36,98	3,59	0,00					
PESO PROM (g)	180,8	224,9	237,0	358,7	764,9	943,3	1.610,6	1.802,9	2.520,7	2.713,1	2.925,5	3.078,0	3.459,7	3.661,7	3.960,0	3.905,6	4.378,5	4.831,9	4.902,3	7.510,7					

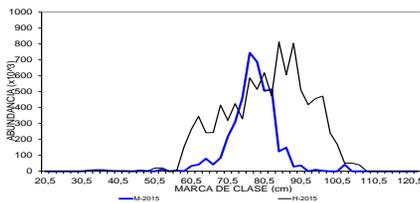
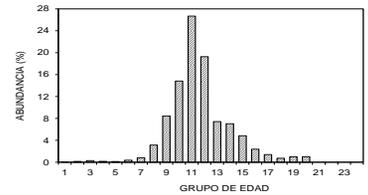




Tabla 14.
Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, hembras. Crucero de evaluación 2015.
(Abundancia Total= 13.781.425 ejemplares; Machos= 4.158.669; Hembras= 9.622.756).

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24+		
20 - 21																											
22 - 23																											
24 - 25																											
26 - 27																											
28 - 29																											
30 - 31																											
32 - 33	2.340	390	1.950																								
34 - 35	4.679		2.808	1.872																							
36 - 37	1.560	446	668		446																						
38 - 39																											
40 - 41	780			390	390																						
42 - 43																											
44 - 45																											
46 - 47	7.331				7.331																						
48 - 49	780				780																						
50 - 51	19.496			19.496																							
52 - 53	21.330				10.665	10.665																					
54 - 55																											
56 - 57	2.027				507	1.013	507																				
58 - 59	152.857				32.755	87.347	32.755																				
60 - 61	263.169				30.961	77.403	123.844	15.481		15.481																	
62 - 63	344.660					28.722	172.330	114.887	28.722																		
64 - 65	242.343					7.344	110.156	95.468	29.375																		
66 - 67	243.277					9.357	9.357	74.854	130.995	18.714																	
68 - 69	415.805						10.142	40.566	192.690	141.962	30.425																
70 - 71	319.807					12.792		25.585	38.377	166.299	38.377	38.377															
72 - 73	424.510								43.915	161.021	117.106	87.830	14.638														
74 - 75	329.159								21.236	53.090	169.888	84.944															
76 - 77	586.682								48.890	244.451	171.115	73.335	24.445	24.445													
78 - 79	515.179								45.457	136.371	121.219	136.371	30.305	15.152	30.305												
80 - 81	618.652								13.449	13.449	26.898	80.694	215.183	121.041	80.694	53.796	13.449										
82 - 83	472.813										32.987	175.930	109.956	65.974	43.983	10.996											
84 - 85	811.647										16.909	33.819	236.730	253.640	169.093	50.728	33.819										
86 - 87	606.779										16.909	33.819	236.730	253.640	169.093	50.728	33.819										
88 - 89	804.712										13.191	52.763	92.336	224.245	105.527	65.954	26.382	13.191	13.191								
90 - 91	510.762										13.412	93.883	134.119	254.825	134.119	120.707	53.647										
92 - 93	418.497										8.238	16.476	32.952	131.810	123.572	82.381	82.381	24.714							8.238		
94 - 95	456.518										9.964	9.964	89.678	79.714	69.750	89.678	49.821	9.964									
96 - 97	472.404										10.617	10.617	74.317	127.400	84.934	53.083	63.700	21.233	10.617								
98 - 99	241.163											18.169	54.508	145.355	18.169	109.016	54.508	18.169	36.339								
100 - 101	167.759												18.551	55.653	55.653	46.600	55.920	46.600	55.920								
102 - 103	50.409													9.320	9.320	16.803	16.803	16.803									
104 - 105	51.123															13.346	13.346	13.346									
106 - 107	40.039																1.708	1.708									
108 - 109	1.708																										
110 - 111																											
112 - 113																											
114 - 115																											
116 - 117																											
118 - 119																											
120 - 121																											
122 - 123																											
TOTAL	9.622.756	836	5.426	2.262	21.112	18.503	86.878	231.485	580.090	666.498	723.908	811.983	655.504	736.033	735.137	845.526	1.050.837	816.259	605.140	466.148	341.321	118.415	109.188	43.731	50.537		
PORCENTAJE		0,01	0,06	0,02	0,22	0,19	0,90	2,41	6,03	6,93	7,52	8,44	6,81	7,65	7,64	8,79	10,92	8,48	5,25	4,84	3,55	1,23	1,13	0,45	0,53		
TALLA PROM. (cm)		34,6	34,0	35,5	49,9	50,2	61,8	60,3	63,5	67,1	71,6	75,3	77,1	81,2	84,0	85,7	88,0	91,8	91,9	93,7	96,5	98,9	97,8	101,2	101,4		
VARIANZA		3,99	1,71	5,14	5,83	9,56	18,56	9,73	8,89	14,22	18,93	13,42	15,06	13,37	10,85	11,07	23,28	19,94	20,65	14,11	19,17	17,91	10,37	15,54	10,25		
PESO PROM (g)		226,9	212,8	247,4	746,7	764,8	1.511,1	1.385,1	1.634,9	1.965,0	2.430,4	2.854,1	3.081,1	3.637,9	4.065,7	4.339,4	4.757,5	5.431,9	5.458,6	5.805,2	6.394,8	6.925,1	6.658,6	7.450,5	7.478,2		

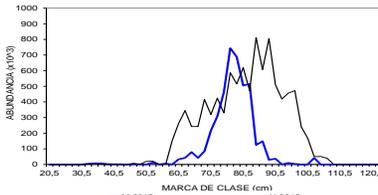
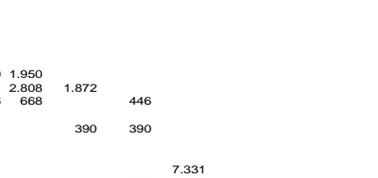




Tabla 15.

Abundancia por grupo de edad y desviación estándar por sexo y proporción por grupo de edad. Crucero agosto 2015.

GE	Machos		Hembras		Ambos	
	Número	s.d.	Número	s.d.	Número	%
I	975	975	836	594	1.810	0,0
II	5.849	2.179	5.426	1.172	11.275	0,1
III	11.942	2.759	2.262	993	14.203	0,1
IV	6.215	1.993	21.112	1.743	27.326	0,2
V	4.978	3.223	18.503	10.742	23.481	0,2
VI	15.119	3.355	86.878	32.296	101.997	0,7
VII	34.071	14.460	231.485	49.017	265.556	1,9
VIII	129.569	26.540	580.090	79.569	709.659	5,1
IX	350.779	67.815	666.498	87.101	1.017.277	7,4
X	616.577	96.831	723.908	100.875	1.340.486	9,7
XI	1.109.467	134.696	811.983	114.008	1.921.450	13,9
XII	801.356	111.569	655.504	105.435	1.456.860	10,6
XIII	308.664	59.151	736.033	106.826	1.044.698	7,6
XIV	292.586	52.582	735.137	108.889	1.027.723	7,5
XV	201.208	37.506	845.526	115.485	1.046.733	7,6
XVI	98.616	29.834	1.050.837	134.521	1.149.454	8,3
XVII	57.887	17.117	816.259	112.694	874.146	6,3
XVIII	30.105	10.477	505.140	84.249	535.245	3,9
XIX	41.140	5.605	466.148	78.788	507.287	3,7
XX	41.568	3.230	341.321	70.271	382.888	2,8
XXI	0	0	118.415	41.140	118.415	0,9
XXII	0	0	109.188	40.825	109.188	0,8
XXIII	0	0	43.731	31.450	43.731	0,3
XXIV+	0	0	50.537	26.402	50.537	0,4
Tot	4.158.669	323.117	9.622.756	747.662	13.781.425	100

Tabla 16.

Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza del sur *Merluccius australis*, desde el 04 al 15 de agosto de 2015. LT, longitud total; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.

Período	N lances	N			% EMS 3	% EMS 4+5	% EMS 6	IGS
		hembras maduras	LT hembras maduras (cm)					
Agosto								
04 al 07	6	119	88,0	12,2	30,6	17,9	8,6	
09 al 12	8	153	88,7	25,6	29,1	10,7	9,4	
13 al 15	11	190	88,6	29,4	22,0	7,4	9,1	



Tabla 17.

. Proporción de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza del sur
Merluccius australis en agosto de 2015.

LT	Proporción maduros	Límite Inferior	Límite Superior	LT	Proporción maduros	Límite Inferior	Límite Superior
29	0,00	0,00	0,00	70	0,00	0,00	0,09
30	0,00	0,00	0,00	71	0,00	0,00	0,13
31	0,00	0,00	0,00	72	0,00	0,00	0,19
32	0,00	0,00	0,00	73	0,21	0,16	0,25
33	0,00	0,00	0,00	74	0,29	0,24	0,33
34	0,00	0,00	0,00	75	0,38	0,34	0,43
35	0,00	0,00	0,00	76	0,49	0,44	0,53
36	0,00	0,00	0,00	77	0,60	0,55	0,64
37	0,00	0,00	0,00	78	0,70	0,65	0,74
38	0,00	0,00	0,00	79	0,78	0,73	0,83
39	0,00	0,00	0,00	80	0,84	0,80	0,89
40	0,00	0,00	0,00	81	0,89	0,86	0,93
41	0,00	0,00	0,00	82	0,93	0,90	0,96
42	0,00	0,00	0,00	83	0,95	0,93	0,98
43	0,00	0,00	0,00	84	0,97	0,95	0,99
44	0,00	0,00	0,00	85	0,98	0,97	0,99
45	0,00	0,00	0,00	86	0,99	0,98	1,00
46	0,00	0,00	0,00	87	0,99	0,98	1,00
47	0,00	0,00	0,00	88	0,99	0,99	1,00
48	0,00	0,00	0,00	89	1,00	0,99	1,00
49	0,00	0,00	0,00	90	1,00	1,00	1,00
50	0,00	0,00	0,00	91	1,00	1,00	1,00
51	0,00	0,00	0,00	92	1,00	1,00	1,00
52	0,00	0,00	0,00	93	1,00	1,00	1,00
53	0,00	0,00	0,00	94	1,00	1,00	1,00
54	0,00	0,00	0,00	95	1,00	1,00	1,00
55	0,00	0,00	0,00	96	1,00	1,00	1,00
56	0,00	0,00	0,00	97	1,00	1,00	1,00
57	0,00	0,00	0,00	98	1,00	1,00	1,00
58	0,00	0,00	0,00	99	1,00	1,00	1,00
59	0,00	0,00	0,00	100	1,00	1,00	1,00
60	0,00	0,00	0,00	101	1,00	1,00	1,00
61	0,00	0,00	0,00	102	1,00	1,00	1,00
62	0,00	0,00	0,00	103	1,00	1,00	1,00
63	0,00	0,00	0,01	104	1,00	1,00	1,00
64	0,00	0,00	0,01	105	1,00	1,00	1,00
65	0,00	0,00	0,01	106	1,00	1,00	1,00
66	0,00	0,00	0,02	107	1,00	1,00	1,00
67	0,00	0,00	0,03	108	1,00	1,00	1,00
68	0,00	0,00	0,05	109	1,00	1,00	1,00
69	0,00	0,00	0,07	110	1,00	1,00	1,00

**Tabla 18.**

Parámetros del ajuste a un modelo no lineal mediante un proceso iterativo para estimar la talla media de madurez sexual de merluza del sur, en agosto de 2015.

F3rmula: $p_{mad} \sim (1/(1 + \exp(b_0 + b_1 * LT)))$

Modelo logístico no-lineal: estimaci3n de parámetros usando el algoritmo de maximizaci3n de Marquardt:

Iteraci3n	B0	B1	Suma de cuadrados
0	33,028142	-0,434011	0,183443
1	33,028143	-0,434011	0,183443

Nota: criterio de convergencia alcanzado.

Error estandar residual: 0,183442 con 59 grados de libertad.

Parámetro	Estimado	Error estandar asint3tico	Asintota 95 % Intervalo de confianza	
			Inferior	Superior
B0	33,028142	2,618305	27,788921	38,267360
B1	-0,434011	0,034385	-0,502817	-0,365204

Matriz de correlaci3n asint3tica:

Corr	B0	B1
B0	1	-0,999409
B1	-0,999409	1

Talla 50% : 76,10
Límite de confianza inferior : 75,92
Límite de confianza superior : 76,28

**Tabla 19.**Talla media de madurez sexual (cm) estimada en merluza del sur *Merluccius australis*, años 2001 a 2015.

Año	Talla media	Fuente
Agosto 2001	74,1	Lillo <i>et al.</i> (2002)
Julio-ago 2002	73,3	Lillo <i>et al.</i> (2003)
Agosto 2003	Sin ajuste	Lillo <i>et al.</i> (2004)
Ago-sept. 2004	75,3	Lillo <i>et al.</i> (2005)
Agosto 2005	76,7	Córdova <i>et al.</i> (2006)
Ago-sept 2007	71,4	Lillo <i>et al.</i> (2008)
Agosto 2008	74,8	Lillo <i>et al.</i> (2009)
Agosto 2009	71,1	Lillo <i>et al.</i> (2010)
Agosto 2010	71,9	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	71,4	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	73,3	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	71,8	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	73,3	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	76,1	Presente estudio



Tabla 20.

Proporción de individuos maduros a la edad en la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2015, mediante el análisis microscópico de las gónadas. n= 721.

Edad	Inmaduros	Maduros	Prop. maduros
1	2	0	0,00
2	6	0	0,00
3	3	0	0,00
4	4	0	0,00
5	2	1	0,33
6	7	1	0,13
7	14	3	0,18
8	35	9	0,20
9	50	12	0,19
10	36	17	0,32
11	26	21	0,45
12	12	24	0,67
13	12	41	0,77
14	4	45	0,92
15	3	58	0,95
16	4	78	0,95
17	2	63	0,97
18	2	40	0,95
19	6	30	0,83
20	3	22	0,88
21	2	7	0,78
22	1	7	0,88
23	0	2	1,00
24	0	2	1,00
25	0	1	1,00
26	0	1	1,00
27	2	0	0,00

**Tabla 21.**

Fecundidad modal promedio y fecundidad media del total de la muestra, calculada en estudios realizados en merluza del sur *Merluccius australis*, años 1991 a 2015.

Año	Fecundidad modal	Fecundidad de muestra total	Fuente
Agosto 1991	1.616.930	Sin datos	Balbontín y Bravo (1993)
Agosto-sept. 1994	709.840	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (1995)
Agosto-sept. 1996	1.320.675	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (1997)
Agosto 2000	2.373.530	Sin datos	Aguayo <i>et al.</i> (2001)
Agosto 2001	1.488.547	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2002)
Julio-agosto 2002	2.007.465	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2003)
Agosto 2003	1.257.123	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2004)
Agosto- sept. 2004	1.499.355	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2005)
Agosto 2005	2.123.087	1.872.397	Córdova <i>et al.</i> (2006)
Agosto-sept. 2007	2.475.969	2.363.500	Lillo <i>et al.</i> (2008)
Agosto 2008	2.090.497	2.185.513	Lillo <i>et al.</i> (2009)
Agosto 2009	1.632.482	2.098.111	Lillo <i>et al.</i> (2010)
Agosto 2010	1.726.131	1.708.447	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	2.102.105	2.118.824	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	2.217.147	2.096.196	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	2.415.476	2.215.594	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	2.528.297	2.182.975	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	2.495.631	2.463.270	Presente estudio



Tabla 22.

Listado de las especies capturadas durante la evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2015. 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>	109,351	85.9		
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	15,156	11.9		
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	1,122	0.9	1,122	39.3
Cojinoba	<i>Serirolella sp.</i>	711	0.6	711	24.9
Reineta	<i>Brama australis</i>	537	0.4	537	18.8
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>	387	0.3	387	13.5
Tiburón sardinero	<i>Lamna nasus</i>	81	0.1	81	2.8
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	14	<0,1	14	0.5
Mictófido	Myctophidae	4	<0,1	4	0.1
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	1.3	<0,1	1	<0,1
Brótula	<i>Salilota australis</i>	1.2	<0,1	1.2	<0,1

Tabla 23.

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

Fauna acompañante Merluza del sur			
Nombre común	Nombre científico	CT_{est}	IRFA(%)
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	109,351	97.5
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	1,122	1.0
Cojinoba	<i>Serirolella sp.</i>	711	0.6
Reineta	<i>Brama australis</i>	537	0.5
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>	387	0.3
Tiburón sardinero	<i>Lamna nasus</i>	81	0.1
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	14	<0,1
Mictófido	Myctophidae	4	<0,1
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	1	<0,1
Brótula	<i>Salilota australis</i>	1.2	<0,1



Tabla 24

Listado total de las especies capturadas durante los cruceros de evaluaci3n directa de merluza del sur y merluza de cola, aguas exteriores, realizados entre 2000 y 2015, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.

Nombre com3n	Nombre cientifico	S3mbolo*	CRUCEROS DE EVALUACI3N														
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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
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
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	83,4	79,1	82,4	41,2	56,9	85,9
Br3tula	<i>Salilota australis</i>	sau	<0,1						0,1		0,1	<0,1	<0,1	0,3	<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
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>									<0,1							
Pejegallo	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>									<0,1							
Granadero chileno	<i>Coelorhynchus chilensis</i>		<0,1														
Tollo negro raspa	<i>Centrosyllium granulatum</i>											0,1	<0,1				
Tollo	<i>Mustelus mento</i>								0,1								
Tollo de cachos	<i>Squalus acanthias</i>	sac	<0,1				<0,1						<0,1	<0,1	<0,1		
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	tmu					0,1			0,1	0,4		<0,1				
Reineta	<i>Brama australis</i>	bau				0,1	0,5	0,1	0,2	0,4	1,9	0,3	1,3	0,2	0,4	1,1	0,4
Cojinoba moteada	<i>Seriolella punctata</i>	spu	<0,1	0,1	0,1		0,4		0,1		0,4	<0,1		<0,1	<0,1	1,6	0,6
Calamar	Cephalopoda													<0,1	0,1		
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>	dgi				9,4	2,7		<0,1	1,3	5,7	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	0,3
Cojinoba azul	<i>Seriolella violacea</i>												1,4				
Sierra	<i>Thyrsites atun</i>												<0,1	<0,1			
Mict3fido	Myctophidae							<0,1							0,4	<0,1	<0,1
Tibur3n sardinero	<i>Lamna nasus</i>																0,1
Cojinoba del sur	<i>Seriolella caerulea</i>	sca	0,4	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	1,1							<0,1	
Calamar illex	<i>Illex sp.</i>															<0,1	
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>																<0,1
Especies No Identificadas				<0,1	<0,1												0,1

* Especies consideradas para an3lisis de fauna.



Tabla 25.

Distribución de los grados de digestión (DG) encontrados en las especies analizadas.
MAU *Merluccius australis*, MCOL *Macruronus magellanicus* y M3A *Micromesistius australis*.

GD	MAU	MCOL	M3A
1	10	13	3
2	23	25	8
3	33	12	9
4	38	30	37
5	66	10	3
6	56	2	-
7	7	64	55
Indet.	6	2	3

Tabla 26.

Alimentación de merluza del sur para el área total comprendida entre Guafo y Taitao en agosto 2015.

Item	N	F	P	%N	%F	%P	IG	%IG
Crustáceos								
<i>Pasiphaea dofleini</i>	3,0	3,0	5,4	1,2	1,6	0,0	1,6	0,9
<i>Sergestes arcticus</i>	5,0	4,0	16,1	1,9	2,1	0,0	2,3	1,3
Cefalópodos								
<i>Brachioteuthis picta</i>	1,0	1,0	40,0	0,4	0,5	0,1	0,6	0,3
<i>Todarodes filippovae</i>	1,0	1,0	165,0	0,4	0,5	0,3	0,7	0,4
Onychoteuthidae indet.	2,0	2,0	51,5	0,8	1,0	0,1	1,1	0,6
Teuthida indet.	1,0	1,0	4,0	0,4	0,5	0,0	0,5	0,3
Peces								
<i>Halargyreus johnsoni</i>	1,0	1,0	190,0	0,4	0,5	0,3	0,7	0,4
<i>Lampanyctus</i> sp.	3,0	2,0	12,9	1,2	1,0	0,0	1,3	0,7
<i>Macruronus magellanicus</i>	202,0	148,0	58.467,5	78,3	76,7	94,9	144,2	83,3
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	4,0	3,0	4,3	1,6	1,6	0,0	1,8	1,0
<i>Merluccius australis</i>	3,0	3,0	255,0	1,2	1,6	0,4	1,8	1,0
<i>Micromesistius australis</i>	10,0	10,0	2.221,0	3,9	5,2	3,6	7,3	4,2
Myctophidae indet.	13,0	7,0	95,0	5,0	3,6	0,2	5,1	2,9
<i>Myctophum</i> sp.	1,0	1,0	5,0	0,4	0,5	0,0	0,5	0,3
<i>Notophycis marginata</i>	1,0	1,0	30,0	0,4	0,5	0,0	0,6	0,3
<i>Sailita australis</i>	1,0	1,0	30,0	0,4	0,5	0,0	0,6	0,3
<i>Symbolophorus boops</i>	3,0	2,0	22,4	1,2	1,0	0,0	1,3	0,7
<i>Symbolophorus</i> sp.	1,0	1,0	20,0	0,4	0,5	0,0	0,5	0,3
<i>Talismania aphos</i>	2,0	1,0	1,8	0,8	0,5	0,0	0,7	0,4
Total	258,0	193,0	61.636,9	100,0	100,0	100,0	173,2	100,0



Tabla 27.

Importancia por grupos mayores en la dieta de *Merluccius australis* para el a1o 2015 total, por sexo y grupo de tallas.

Presas	% IG					
	Total	Machos	Hembras	G1(<40 cm)	G2 (40 – 60 cm)	G3 (> 60 cm)
CAM	2,3	7,1	1,1	5,7	1,4	2,1
CEF	1,7	5,1	0,9	2,3	2,5	0,7
MA	1	1,9	0,9	8	0,7	0
MESOP	2,1	2,3	2,1	4,6	2,4	1,4
MG	83,3	77,9	84,6	52,2	85,2	88,6
MIA	4,2	1,7	4,7	8,7	5,1	3
MYC	5,4	3,9	5,8	18,6	2,8	4,1

Tabla 28.

Valores promedio, m1ximo, m1nimo, n1mero de observaciones (N), desviaci3n est1ndar (D.S.) y coeficiente de variaci3n (C.V.) de los descriptores morfol3gicos, batim1tricos y de energ1a de las agregaciones detectadas.

Variable	N	M1nimo	M1ximo	Media	Mediana	Desv.est1ndar	CV
Largo (m)	216	16,4	8.587	1.398	974	1.309	0,94
Alto (m)	216	1,1	78,5	16,8	13,5	13,2	0,79
Elongaci3n	216	2,5	870,4	111,8	73,4	127,4	1,14
Per1metro (m)	216	134,3	227.259	25.667	15.469	32.156	1,25
1rea (m ²)	216	15,6	382.219	29.977	11.369	51.562	1,72
Dim. Fractal	216	1,1	2,6	1,7	1,8	0,2	0,09
Prof. Agregaci3n (m)	216	78,0	541,0	318,2	316,7	71,3	0,22
Prof. Fondo (m)	216	147,3	1.406,4	448,1	406,1	193,3	0,43
1ndice altura (%)	216	0,0	87,1	22,2	16,8	19,7	0,89
NASC (m ² /mn ²)	216	100	143.309	3.096	432	12.904	4,17
Densidad (NASC*100/m ²)	216	0,4	1.039	18,8	4,5	86,8	4,62

**Tabla 29.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro y fuera de cañones.

Dentro cañones	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	108	16,4	8.587,1	1.318,4	890,7	1.269,9	0,96
Alto (m)	108	1,1	74,2	16,1	12,2	13,9	0,86
Elongación	108	7,0	870,4	111,8	68,5	127,9	1,14
Perímetro (m)	108	134,3	207.365,0	22.807,0	13.121,8	29.422,1	1,29
Área (m ²)	108	15,6	234.685,9	28.091,8	10.906,9	49.418,7	1,76
Dim. Fractal	108	1,3	2,6	1,7	1,8	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	108	178,9	541,0	331,0	319,1	74,5	0,22
Prof. Fondo (m)	108	208,6	1.406,4	432,8	400,0	162,3	0,38
Índice altura (%)	108	0,0	74,6	18,9	15,7	17,7	0,94
NASC (m ² /mn ²)	108	100,5	143.309,0	4.426,0	350,2	17.842,1	4,03
Densidad (NASC*100/m ²)	108	0,8	1.039,2	27,1	4,0	121,4	4,47

Fuera cañones	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	108	41,4	6.366,2	1.478,1	1.170,1	1.348,5	0,91
Alto (m)	108	3,1	78,5	17,5	14,7	12,5	0,72
Elongación	108	2,5	816,0	111,9	75,8	127,5	1,14
Perímetro (m)	108	470,7	227.259,3	28.527,9	18.151,7	34.577,3	1,21
Área (m ²)	108	415,2	382.218,8	31.863,0	11.778,7	53.783,6	1,69
Dim. Fractal	108	1,1	2,0	1,7	1,8	0,2	0,10
Prof. Agregación (m)	108	78,0	435,8	305,3	309,4	65,9	0,22
Prof. Fondo (m)	108	147,3	1.326,2	463,5	416,4	219,7	0,47
Índice altura (%)	108	0,0	87,1	25,6	19,6	21,0	0,82
NASC (m ² /mn ²)	108	105,2	20.652,3	1.764,9	567,0	3.555,1	2,01
Densidad (NASC*100/m ²)	108	0,4	98,0	10,5	5,1	16,4	1,56



Tabla 30.

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.

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo	Inter-grupos	1,378E+06	1	1,378E+06	0,803	0,371
	Intra-grupos	3,671E+08	214	1,716E+06		
	Total	3,685E+08	215			
Alto	Inter-grupos	1,096E+02	1	1,096E+02	0,628	0,429
	Intra-grupos	3,737E+04	214	1,746E+02		
	Total	3,748E+04	215			
Elongación	Inter-grupos	8,941E-02	1	8,941E-02	0,00001	0,998
	Intra-grupos	3,490E+06	214	1,631E+04		
	Total	3,490E+06	215			
Perímetro	Inter-grupos	1,767E+09	1	1,767E+09	1,715	0,192
	Intra-grupos	2,206E+11	214	1,031E+09		
	Total	2,223E+11	215			
Área	Inter-grupos	7,680E+08	1	7,680E+08	0,288	0,592
	Intra-grupos	5,708E+11	214	2,667E+09		
	Total	5,716E+11	215			
Dim. Fractal	Inter-grupos	1,613E-03	1	1,613E-03	0,062	0,804
	Intra-grupos	5,583E+00	214	2,609E-02		
	Total	5,585E+00	215			
Prof. Agreg.	Inter-grupos	3,570E+04	1	3,570E+04	7,220	0,008
	Intra-grupos	1,058E+06	214	4,945E+03		
	Total	1,094E+06	215			
Fondo	Inter-grupos	5,074E+04	1	5,074E+04	1,360	0,245
	Intra-grupos	7,982E+06	214	3,730E+04		
	Total	8,033E+06	215			
Ind. Altura	Inter-grupos	2,423E+03	1	2,423E+03	6,428	0,012
	Intra-grupos	8,067E+04	214	3,770E+02		
	Total	8,309E+04	215			
NASC	Inter-grupos	3,824E+08	1	3,824E+08	2,311	0,130
	Intra-grupos	3,541E+10	214	1,655E+08		
	Total	3,580E+10	215			
Densidad	Inter-grupos	1,500E+04	1	1,500E+04	2,000	0,159
	Intra-grupos	1,606E+06	214	7,504E+03		
	Total	1,621E+06	215			



Tabla 31.

Número de observaciones (N), valores, mínimo, máximo, promedio, mediana, 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.

Cañon 1	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	40	81	5.388,70	1.062,60	835,1	990	0,93
Alto (m)	40	2,2	59,2	15,6	12,9	13,3	0,85
Elongación	40	12,4	273,7	87	78,7	66,5	0,76
Perímetro (m)	40	361,7	131.903,30	21.367,20	9.504,20	29.251,90	1,37
Área (m ²)	40	171,2	234.685,90	24.575,00	8.389,50	47.787,30	1,94
Dim. Fractal	40	1,3	2	1,7	1,8	0,2	0,1
Prof. Agregación (m)	40	178,9	429,4	295,9	302,4	64,7	0,22
Prof. Fondo (m)	40	224,3	805,3	396,2	369,9	126,2	0,32
Índice altura (%)	40	0,3	60,2	21,9	19,8	16,4	0,75
NASC (m ² /mn ²)	40	103,9	40.919,50	2.930,40	388,2	8.809,40	3,01
Densidad (NASC*100/m ²)	40	0,8	334,9	18	4,7	53,1	2,96
Cañon 2	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	52	16,4	8.587,10	1.664,50	1.275,40	1.490,50	0,9
Alto (m)	52	1,1	74,2	16,7	10,6	15,7	0,94
Elongación	52	9,3	870,4	148,3	75,9	166,1	1,12
Perímetro (m)	52	134,3	207.365,00	25.690,50	16.798,80	32.654,20	1,27
Área (m ²)	52	15,6	231.737,90	34.465,40	14.749,60	55.666,50	1,62
Dim. Fractal	52	1,4	2,6	1,7	1,7	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	52	236,1	541	362,5	345,4	75,8	0,21
Prof. Fondo (m)	52	241,7	736,8	420,3	395,5	117,1	0,28
Índice altura (%)	52	0	50,6	11,2	5,7	13,6	1,22
NASC (m ² /mn ²)	52	100,5	143.309,00	6.685,60	251	24.434,60	3,65
Densidad (NASC*100/m ²)	52	0,8	1.039,20	40	2,8	168,5	4,22
Cañon 3	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	16	98,6	3.001,20	832,9	675,2	748,7	0,9
Alto (m)	16	7,3	34,6	15,3	13,2	8,1	0,53
Elongación	16	7	155,9	55,3	45,8	40,6	0,73
Perímetro (m)	16	1.146,70	52.518,50	17.034,80	11.775,90	15.968,80	0,94
Área (m ²)	16	785,4	103.066,40	16.169,20	7.467,90	24.948,50	1,54
Dim. Fractal	16	1,6	1,9	1,8	1,8	0,1	0,05
Prof. Agregación (m)	16	198,9	375	316,4	323,9	46,6	0,15
Prof. Fondo (m)	16	208,6	1.406,40	565,1	486,4	277,7	0,49
Índice altura (%)	16	4,7	74,6	36,2	31,1	19	0,52
NASC (m ² /mn ²)	16	102,2	5.125,90	821,5	435,8	1.250,00	1,52
Densidad (NASC*100/m ²)	16	1,6	30,4	8,4	5,7	7,7	0,92



Tabla 32.

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

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo	Inter-grupos	1,262E+07	2	6,308E+06	4,141	0,019
	Intra-grupos	1,599E+08	105	1,523E+06		
	Total	1,725E+08	107			
Alto	Inter-grupos	3,928E+01	2	1,964E+01	0,101	0,904
	Intra-grupos	2,050E+04	105	1,952E+02		
	Total	2,054E+04	107			
Elongación	Inter-grupos	1,449E+05	2	7,243E+04	4,740	0,011
	Intra-grupos	1,604E+06	105	1,528E+04		
	Total	1,749E+06	107			
Perímetro	Inter-grupos	1,048E+09	2	5,242E+08	0,601	0,550
	Intra-grupos	9,158E+10	105	8,722E+08		
	Total	9,263E+10	107			
Área	Inter-grupos	4,881E+09	2	2,441E+09	0,999	0,372
	Intra-grupos	2,564E+11	105	2,442E+09		
	Total	2,613E+11	107			
Dim. Fractal	Inter-grupos	5,160E-03	2	2,580E-03	0,105	0,900
	Intra-grupos	2,569E+00	105	2,446E-02		
	Total	2,574E+00	107			
Prof. Agreg.	Inter-grupos	1,043E+05	2	5,213E+04	11,192	0,00004
	Intra-grupos	4,891E+05	105	4,658E+03		
	Total	5,933E+05	107			
Fondo	Inter-grupos	3,416E+05	2	1,708E+05	7,237	0,001
	Intra-grupos	2,478E+06	105	2,360E+04		
	Total	2,819E+06	107			
Ind. Altura	Inter-grupos	8,161E+03	2	4,081E+03	16,957	0,0000004
	Intra-grupos	2,527E+04	105	2,407E+02		
	Total	3,343E+04	107			
NASC	Inter-grupos	5,628E+08	2	2,814E+08	0,882	0,417
	Intra-grupos	3,350E+10	105	3,190E+08		
	Total	3,406E+10	107			
Densidad	Inter-grupos	1,758E+04	2	8,791E+03	0,592	0,555
	Intra-grupos	1,559E+06	105	1,485E+04		
	Total	1,577E+06	107			



Tabla 33.

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona.

Zona 1	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	60	81,0	5.388,7	1.235,7	939,4	994,2	0,80
Alto (m)	60	2,2	59,2	14,8	12,6	12,7	0,86
Elongación	60	12,4	728,2	113,2	82,1	109,1	0,96
Perímetro (m)	60	361,7	131.903,3	22.761,4	12.272,2	26.203,0	1,15
Área (m ²)	60	171,2	234.685,9	25.527,4	9.868,6	44.711,2	1,75
Dim. Fractal	60	1,3	2,0	1,8	1,8	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	60	134,8	429,4	282,0	273,0	64,6	0,23
Prof. Fondo (m)	60	147,3	805,3	357,5	326,3	122,9	0,34
Índice altura (%)	60	0,3	60,2	17,4	13,9	15,4	0,88
NASC (m ² /mn ²)	60	103,9	40.919,5	2.591,6	428,9	7.495,2	2,89
Densidad (NASC*100/m ²)	60	0,8	334,9	16,0	4,5	44,2	2,76

Zona 2	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	79	16,4	8.587,1	1.806,6	1.475,0	1.510,9	0,84
Alto (m)	79	1,1	78,5	17,8	12,8	15,5	0,87
Elongación	79	5,6	870,4	141,2	90,8	148,4	1,05
Perímetro (m)	79	134,3	207.365,0	31.418,6	25.167,7	34.738,3	1,11
Área (m ²)	79	15,6	382.218,8	40.655,2	17.359,8	66.186,9	1,63
Dim. Fractal	79	1,1	2,6	1,7	1,8	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	79	78,0	541,0	348,6	341,3	78,1	0,22
Prof. Fondo (m)	79	241,7	736,8	426,5	408,9	108,5	0,25
Índice altura (%)	79	-1,7	87,1	15,5	8,9	17,0	1,10
NASC (m ² /mn ²)	79	100,5	143.309,0	5.267,6	330,0	20.052,9	3,81
Densidad (NASC*100/m ²)	79	0,7	1.039,2	28,4	2,8	137,3	4,84

Zona 3	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	77	41,4	6.366,2	1.105,9	663,8	1.207,4	1,09
Alto (m)	77	3,3	53,2	17,3	15,4	10,8	0,62
Elongación	77	2,5	816,0	80,6	58,8	110,4	1,37
Perímetro (m)	77	680,2	227.259,3	22.031,3	11.627,2	33.155,8	1,50
Área (m ²)	77	560,1	227.448,2	22.489,7	7.746,4	35.807,8	1,59
Dim. Fractal	77	1,2	2,0	1,7	1,8	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	77	193,3	435,8	315,1	319,0	53,7	0,17
Prof. Fondo (m)	77	198,0	1.406,4	541,0	462,6	257,3	0,48
Índice altura (%)	77	0,0	74,6	32,9	30,8	20,8	0,63
NASC (m ² /mn ²)	77	102,2	15.237,1	1.259,5	523,3	2.487,4	1,97
Densidad (NASC*100/m ²)	77	0,4	98,0	11,2	5,7	17,0	1,52



Tabla 34.

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

Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma	
Largo	Inter-grupos	2,134E+07	2	1,067E+07	6,546	0,002
	Intra-grupos	3,472E+08	213	1,630E+06		
	Total	3,685E+08	215			
Alto	Inter-grupos	3,579E+02	2	1,789E+02	1,027	0,360
	Intra-grupos	3,712E+04	213	1,743E+02		
	Total	3,748E+04	215			
Elongación	Inter-grupos	1,435E+05	2	7,174E+04	4,567	0,011
	Intra-grupos	3,346E+06	213	1,571E+04		
	Total	3,490E+06	215			
Perímetro	Inter-grupos	4,138E+09	2	2,069E+09	2,020	0,135
	Intra-grupos	2,182E+11	213	1,024E+09		
	Total	2,223E+11	215			
Área	Inter-grupos	1,451E+10	2	7,256E+09	2,774	0,065
	Intra-grupos	5,571E+11	213	2,615E+09		
	Total	5,716E+11	215			
Dim. Fractal	Inter-grupos	3,593E-02	2	1,796E-02	0,690	0,503
	Intra-grupos	5,549E+00	213	2,605E-02		
	Total	5,585E+00	215			
Prof. Agreg.	Inter-grupos	1,525E+05	2	7,627E+04	17,258	0,0000001
	Intra-grupos	9,413E+05	213	4,419E+03		
	Total	1,094E+06	215			
Fondo	Inter-grupos	1,193E+06	2	5,964E+05	18,571	0,00000004
	Intra-grupos	6,840E+06	213	3,211E+04		
	Total	8,033E+06	215			
Ind. Altura	Inter-grupos	1,362E+04	2	6,812E+03	20,888	0,00000001
	Intra-grupos	6,947E+04	213	3,261E+02		
	Total	8,309E+04	215			
NASC	Inter-grupos	6,475E+08	2	3,238E+08	1,962	0,143
	Intra-grupos	3,515E+10	213	1,650E+08		
	Total	3,580E+10	215			
Densidad	Inter-grupos	1,224E+04	2	6,120E+03	0,810	0,446
	Intra-grupos	1,609E+06	213	7,552E+03		
	Total	1,621E+06	215			

**Tabla 35.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo.

100 - 199 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	4	743,6	3.069,7	2.107,6	2.308,5	1.094,7	0,52
Alto (m)	4	4,6	22,6	13,6	13,5	9,7	0,72
Elongación	4	135,7	300,3	183,3	148,7	78,8	0,43
Perímetro (m)	4	6.953,3	28.322,1	17.625,9	17.614,1	10.020,5	0,57
Área (m ²)	4	3.370,1	68.762,7	35.686,0	35.305,5	33.948,6	0,95
Dim. Fractal	4	1,6	1,8	1,7	1,7	0,1	0,07
Prof. Agregación (m)	4	134,8	193,3	167,4	170,7	29,8	0,18
Índice altura (%)	4	2,3	8,5	5,7	6,0	3,0	0,53
NASC (m ² /mn ²)	4	925,2	2.634,8	1.611,1	1.442,2	724,7	0,45
Densidad (NASC*100/m ²)	4	2,4	42,7	14,6	6,7	19,0	1,30

200 - 299 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	34	116,6	4.817,9	1.294,4	912,6	1.252,4	0,97
Alto (m)	34	2,3	42,6	14,0	11,2	10,8	0,77
Elongación	34	5,1	478,3	123,6	85,3	119,7	0,97
Perímetro (m)	34	730,8	48.883,8	13.572,9	9.722,0	13.580,4	1,00
Área (m ²)	34	413,0	199.182,4	22.692,4	9.862,3	41.588,8	1,83
Dim. Fractal	34	1,2	1,9	1,7	1,7	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	34	178,9	288,8	242,7	236,2	30,1	0,12
Índice altura (%)	34	-0,3	34,1	7,3	4,8	7,9	1,08
NASC (m ² /mn ²)	34	115,6	14.523,6	1.722,1	553,0	3.398,3	1,97
Densidad (NASC*100/m ²)	34	0,9	334,9	22,8	5,7	58,7	2,57

300 - 399 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	64	41,4	4.922,7	1.520,3	1.185,8	1.178,6	0,78
Alto (m)	64	3,1	53,7	16,7	14,4	12,1	0,72
Elongación	64	2,5	870,4	139,4	81,1	176,4	1,27
Perímetro (m)	64	715,8	115.147,2	24.284,0	17.811,2	23.447,4	0,97
Área (m ²)	64	667,7	227.448,2	29.136,1	14.073,8	40.833,1	1,40
Dim. Fractal	64	1,3	2,0	1,7	1,8	0,2	0,09
Prof. Agregación (m)	64	200,6	388,0	300,8	303,8	41,5	0,14
Índice altura (%)	64	-1,7	41,5	13,1	12,2	10,9	0,83
NASC (m ² /mn ²)	64	100,5	143.309,0	5.585,9	583,6	22.068,9	3,95
Densidad (NASC*100/m ²)	64	0,8	657,2	18,2	4,0	82,9	4,56



Cont. Tabla 35 (Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo.

400 - 499 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	51	49,1	3.988,4	1.193,6	799,6	1.066,0	0,89
Alto (m)	51	2,2	61,2	17,7	14,4	13,0	0,74
Elongación	51	3,0	514,2	91,3	48,1	103,4	1,13
Perímetro (m)	51	361,7	114.326,8	23.594,6	16.391,1	23.546,4	1,00
Área (m ²)	51	171,2	231.737,9	26.836,2	11.233,8	46.029,5	1,72
Dim. Fractal	51	1,4	2,0	1,7	1,7	0,1	0,08
Prof. Agregación (m)	51	215,8	469,8	357,9	355,8	53,6	0,15
Índice altura (%)	51	0,0	48,1	17,7	16,9	12,1	0,69
NASC (m ² /mn ²)	51	107,1	40.919,5	2.623,0	397,0	7.032,8	2,68
Densidad (NASC*100/m ²)	51	0,7	82,1	13,4	5,5	18,4	1,37

500 - 599 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	31	16,4	5.576,8	1.273,9	767,6	1.283,1	1,01
Alto (m)	31	1,1	78,5	18,1	12,2	17,9	0,99
Elongación	31	4,7	266,0	79,4	58,9	65,4	0,82
Perímetro (m)	31	134,3	142.595,3	27.851,2	11.627,2	34.151,7	1,23
Área (m ²)	31	15,6	382.218,8	35.230,1	8.680,3	75.420,6	2,14
Dim. Fractal	31	1,4	2,6	1,8	1,8	0,2	0,11
Prof. Agregación (m)	31	218,8	541,0	363,9	359,2	70,5	0,19
Índice altura (%)	31	1,3	60,2	32,7	32,7	13,7	0,42
NASC (m ² /mn ²)	31	102,2	30.609,8	2.034,1	235,3	6.442,8	3,17
Densidad (NASC*100/m ²)	31	0,8	1.039,2	39,3	4,3	185,7	4,72

>= 600 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.estandar	CV
Largo (m)	32	162,3	8.587,1	1.622,3	1.001,6	1.899,6	1,17
Alto (m)	32	2,8	67,9	17,8	14,2	13,5	0,76
Elongación	32	5,6	429,8	99,4	69,4	88,1	0,89
Perímetro (m)	32	470,7	227.259,3	43.478,0	20.359,1	57.561,6	1,32
Área (m ²)	32	1.026,7	234.685,9	38.604,6	11.102,8	63.173,7	1,64
Dim. Fractal	32	1,1	2,0	1,8	1,8	0,1	0,08
Prof. Agregación (m)	32	78,0	514,1	344,3	335,0	78,1	0,23
Índice altura (%)	32	15,9	87,1	55,7	56,8	14,3	0,26
NASC (m ² /mn ²)	32	128,0	20.537,4	1.540,4	384,9	3.678,4	2,39
Densidad (NASC*100/m ²)	32	0,4	16,7	5,1	4,9	3,5	0,69



Tabla 36.

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.

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	7,55E+06	5	1,51E+06	0,879	0,496
	Intra-grupos	3,61E+08	210	1,72E+06		
	Total	3,68E+08	215			
Alto	Inter-grupos	4,37E+02	5	8,73E+01	0,495	0,780
	Intra-grupos	3,70E+04	210	1,76E+02		
	Total	3,75E+04	215			
Elongación	Inter-grupos	1,33E+05	5	2,66E+04	1,662	0,145
	Intra-grupos	3,36E+06	210	1,60E+04		
	Total	3,49E+06	215			
Perímetro	Inter-grupos	1,59E+10	5	3,17E+09	3,229	0,008
	Intra-grupos	2,06E+11	210	9,83E+08		
	Total	2,22E+11	215			
Área	Inter-grupos	5,72E+09	5	1,14E+09	0,425	0,831
	Intra-grupos	5,66E+11	210	2,69E+09		
	Total	5,72E+11	215			
Dim fractal	Inter-grupos	3,34E-01	5	6,68E-02	2,669	0,023
	Intra-grupos	5,25E+00	210	2,50E-02		
	Total	5,58E+00	215			
Prof. Agreg.	Inter-grupos	4,71E+05	5	9,42E+04	31,753	0,000
	Intra-grupos	6,23E+05	210	2,97E+03		
	Total	1,09E+06	215			
Ind Altura	Inter-grupos	5,43E+04	5	1,09E+04	79,063	0,000
	Intra-grupos	2,88E+04	210	1,37E+02		
	Total	8,31E+04	215			
NASC	Inter-grupos	5,94E+08	5	1,19E+08	0,708	0,618
	Intra-grupos	3,52E+10	210	1,68E+08		
	Total	3,58E+10	215			
Densidad	Inter-grupos	2,12E+04	5	4,24E+03	0,557	0,733
	Intra-grupos	1,60E+06	210	7,62E+03		
	Total	1,62E+06	215			



Tabla 37.
Matriz de correlaciones entre las variables originales

	Largo	Alto	Elon.	Perím.	Área	Dim.Frac.	Prof.Card	Fondo	Ind.Alt.	NASC	Dens.
Largo	1	0,420	0,556	0,779	0,760	-0,010	-0,043	-0,013	0,029	0,278	-0,082
Alto	0,420	1	-0,288	0,434	0,808	-0,497	0,030	0,002	0,099	0,281	-0,111
Elongación	0,556	-0,288	1	0,298	0,031	0,336	-0,079	-0,086	-0,114	0,038	-0,042
Perímetro	0,779	0,434	0,298	1	0,647	0,182	0,081	0,166	0,218	0,151	-0,105
Área	0,760	0,808	0,031	0,647	1	-0,253	0,008	0,019	0,083	0,337	-0,057
Dim. Fractal	-0,010	-0,497	0,336	0,182	-0,253	1	0,297	0,252	0,073	-0,174	0,232
Prof. Agregación	-0,043	0,030	-0,079	0,081	0,008	0,297	1	0,420	-0,070	0,043	0,162
Fondo	-0,013	0,002	-0,086	0,166	0,019	0,252	0,420	1	0,801	-0,045	-0,030
Ind. Altura	0,029	0,099	-0,114	0,218	0,083	0,073	-0,070	0,801	1	-0,074	-0,141
NASC	0,278	0,281	0,038	0,151	0,337	-0,174	0,043	-0,045	-0,074	1	0,420
Densidad	-0,082	-0,111	-0,042	-0,105	-0,057	0,232	0,162	-0,030	-0,141	0,420	1

Tabla 38.
Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes

Componente	Valor propio	% Variabilidad	% Acumulado
1	3,168	35,203	35,203
2	1,986	22,067	57,269
3	1,808	20,087	77,357
4	0,846	9,397	86,754
5	0,593	6,594	93,347
6	0,252	2,795	96,142
7	0,160	1,781	97,923
8	0,145	1,617	99,540
9	0,041	0,460	100,000



Tabla 39.
Correlaciones de las variables originales con los componentes principales

Variable	Componente		
	1	2	3
Largo	0,876	0,148	0,375
Alto	0,760	-0,363	-0,409
Elongaci3n	0,212	0,372	0,776
Perimetro	0,809	0,340	0,162
Área	0,931	-0,141	-0,095
Dim. Fractal	-0,205	0,693	0,404
Fondo	0,084	0,753	-0,555
Ind. Altura	0,163	0,670	-0,626
NASC	0,425	-0,251	0,016

A N E X O

Tesis de grado para optar al título de Biólogo Marino
de la Universidad de Valparaíso (*Srta. Francisca Osorio*):
"Variabilidad espacio-temporal del ictioplancton frente a la Patagonia
chilena (43°S-51°S) y condiciones oceanográficas asociadas"



RESUMEN

Tesis de grado para optar al título de Biólogo Marino
de la Universidad de Valparaíso.

Srta. Francisca Osorio.

“Variabilidad espacio-temporal del ictioplancton frente a la Patagonia chilena (43°S-51°S) y condiciones oceanográficas asociadas”

Objetivos

Debido a la falta de estudios de huevos y larvas de peces en las aguas oceánicas australes de Chile, se planteó conocer y comparar la distribución espacial y abundancia del ictioplancton presente en estas aguas y determinar su relación con las condiciones oceanográficas, además de cuantificar los índices ecológicos y los centros de gravedad de las especies de huevos y larvas predominantes.

Materiales y Métodos

Se obtuvieron muestras de plancton a partir de redes Bongo y Multinet; de 300 μm de diámetro de malla y datos de CTD con una roseta oceanográfica con CTD Seabird SB 19 plus V2, a bordo del buque Cabo de Hornos, durante agosto del 2013 y 2014, en el marco de los proyectos “Evaluación directa de merluza de cola, merluza austral y merluza de tres aletas, año 2013” y “Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en aguas exteriores de la X y XII regiones, año 2014”. El área de muestreo abarcó las aguas exteriores desde los 43°S hasta los 51°S.

Resultados

Se identificaron huevos y larvas pertenecientes a 10 taxa el 2013 y a 18 taxa el 2014, mediante la red Bongo, predominando en ambos años los huevos de *Maurolicus parvipinnis* (frecuencias de ocurrencias mayores al 80%) y las larvas de *Lampanyctodes hectoris* (frecuencias de ocurrencias mayores al 60%) (Tablas 1 y 2). Los huevos de merluza austral, merluza de cola y merluza de tres aletas también presentaron una ocurrencia importante, superiores al 50 %, 30 % y 10 %, respectivamente, mientras que sus abundancias promedio por estación para las dos primeras especies fueron mayores en el 2013 (merluza austral, $35\pm 47,3$ huevos en 1000 m^3 en 2013 vs $21\pm 37,5$ huevos en 1000 m^3 en 2014; merluza de cola, $43\pm 94,2$ huevos en 1000 m^3 en el 2013, vs $15\pm 27,3$ huevos en 1000 m^3 en 2014). En contraste, los huevos de merluza de tres aletas aumentaron considerablemente su abundancia promedio por estación, de un año a otro ($16\pm 18,7$ huevos en 1000 m^3 en 2013 y $73\pm 191,5$ huevos en 1000 m^3 en 2014) (Tabla 1). A partir de la red



Multinet se identificó un total de 6 taxa en el 2013 y 11 taxa en el 2014. Se encontraron diferencias interanuales significativas en la composición del ictioplancton ($p=0.0003$).

Discusión

La distribución espacial de las especies cuya frecuencia de ocurrencia fue superior al 15% indicó diferentes tendencias en sus mayores abundancias, distribuyéndose los huevos de *M. parvipinnis*, de *Merluccius australis* (Figura 1), *Macruronus magellanicus* (Figura 2) y las larvas de *L. hectoris* a lo largo del área de estudio (desde los 43.5°S a los 51°S), mientras que los huevos de *Micromesistius australis* (Figura 3) se encontraron exclusivamente hacia el sur de dichas aguas (desde los 47°S hasta los 51°S), coincidiendo con lo hallado por otros estudios (Bustos *et al.* 2007, 2011, Lillo *et al.* 2013, Saavedra *et al.* 2013). Las abundancias de la mayoría de las especies de ictioplancton predominantes en las muestras no registraron diferencias interanuales significativas, con excepción de las larvas del mictófido *L. hectoris*, cuyas abundancias fueron significativamente mayores en el 2014 ($p=0.0016$; $U=58$), según el test de Mann-Whitney. La distribución latitudinal del ictioplancton predominante fue coincidente con la zonación ictiogeográfica descrita para la zona patagónica chilena, registrándose huevos y larvas de las especies características del sector norte (42°S a los 47°S) e intermedio (47°S a los 51°S) (Sielfeld & Vargas 1999).

Los índices ecológicos indicaron una mayor diversidad, riqueza de especies y uniformidad de Pielou, en el área comprendida entre 47°S y los 51°S, en comparación al área entre los 43°S y 46.5°S (Tabla 3). Por otra parte, los centros de gravedad encontrados para los huevos de las tres especies de merluza, coincidieron con las principales áreas de desove descritas para los adultos (Bustos *et al.* 2007, Lillo *et al.* 2013, Payá & Ehrhardt 2005, Saavedra *et al.* 2013) (Figura 4).

Los valores promedios de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Väisälä (N) fueron bastante similares entre un año y otro, evidenciando que las mismas forzantes ambientales afectarían la distribución del ictioplancton en ambos años (Tabla 4). La totalidad de las estaciones analizadas presentaron una estratificación vertical de las aguas, no obstante, considerablemente menor a las aguas interiores de la zona. Se encontró una relación positiva entre las larvas de varias especies de mictófididos y la profundidad del máximo N (profundidad de la picnoclina) y entre los huevos de *Micromesistius australis* y larvas de Macrouridae con altos valores de N (mayores a 10 ciclos/h y menores a 30 ciclos/h), a partir del Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) (Figura 5).

La variabilidad del ictioplancton en la zona de estudio sería más bien espacial, ya que este depende de las condiciones ambientales presentes en las diferentes latitudes de área total analizada, independiente del año en que se realizó el muestreo. Es fundamental continuar con los estudios en estas aguas, debido a que corresponden a un área importante de desove de especies de la pesquería demersal austral.



Literatura citada

- Bustos CA, F Balbontín, & MF Landaeta. 2007. Spawning of the southern hake *Merluccius australis* (Pisces: Merlucciidae) in Chilean fjords. *Fisheries Research* 83: 23-32.
- Bustos CA, MF Landaeta & F Balbontín. 2011. Ichthyoplankton spatial distribution and its relation with water column stratification in fjords of southern Chile (46°48'–50°09' S) in austral spring 1996 and 2008. *Continental Shelf Research* 31(3): 293-303.
- 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 hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, año 2012. Informe Final Proyecto FIP 2012-07, 315 pp. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.
- Payá I & NM Ehrhardt. 2005. Comparative sustainability mechanisms of two hake (*Merluccius gayi gayi* and *Merluccius australis*) populations subjected to exploitation in Chile. *Bulletin of Marine Science* 76(2): 261-286.
- Saavedra A, C Lang, R Céspedes, V Ojeda, L Adasme, E Díaz, R Vargas & R Meléndez. 2013. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2012. Informe Final Proyecto FIP 2012-08, 517 pp. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.
- Sielfeld W & M Vargas. 1999. Review of marine fish zoogeography of Chilean Patagonia (42°-57°S). *Scientia Marina* 63(1): 451-463.



Tabla 1. Abundancia promedio, frecuencia de ocurrencia (%) y desviación estándar (D.E.) de los huevos encontrados en la zona oceánica frente a la Patagonia chilena, durante agosto del 2013 y 2014.

Taxa	Agosto 2013			Agosto 2014		
	FO (%)	Promedio (n° de huevos en 1000 m ³)	D. E.	FO (%)	Promedio (n° de huevos en 1000 m ³)	D.E.
Merlucciidae						
<i>Merluccius australis</i>	52.6	34.6	47.3	65.6	21.1	37.5
<i>Macruronus magellanicus</i>	31.6	43.2	94.2	31.3	15.3	27.3
Gadidae						
<i>Micromesistius australis</i>	10.5	16.3	18.7	25.0	72.6	191.5
Sternoptychidae						
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	84.2	202.2	479.5	90.6	109.9	145.6
Macrouridae	31.6	4.6	3.0	43.8	4.9	3.7
Centrolophidae						
<i>Seriolella</i> sp	31.6	77.6	108.1	18.8	34.2	64.6
Nothoteniidae	-	-	-	3.1	1.6	0.0
SI	52.6	5.2	5.8	65.6	8.6	5.6
tipo B	10.5	2.0	0.05	-	-	-
tipo C	15.8	4.3	3.6	28.1	7.3	2.9
tipo D	31.6	26.3	29.9	43.8	28.4	57.3



Tabla 2. Abundancia promedio, frecuencia de ocurrencia (%) y desviación estándar (D.E.) de las larvas encontradas en la zona oceánica frente a la Patagonia chilena, durante agosto del 2013 y 2014

Taxa	Agosto 2013			Agosto 2014		
	FO (%)	Promedio (n° de larvas en 1000 m ³)	D.E.	FO (%)	Promedio (n° de larvas en 1000 m ³)	D.E.
Merlucciidae						
<i>Merluccius australis</i>	15.8	7.8	11.1	3.1	4.5	0.0
<i>Macruronus magellanicus</i>	5.3	2.0	0.0	-	-	-
Sternoptychidae						
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	26.3	5.3	2.5	3.1	3.1	0.0
Myctophidae						
<i>Lampanyctodes hectoris</i>	57.9	30.1	29.5	93.8	242.9	388.7
<i>Protomyctophum crockeri</i>	10.5	1.3	0.4	65.6	7.3	5.1
<i>Protomyctophum chilensis</i>	-	-	-	6.3	3.7	3.7
<i>Protomyctophum</i> sp	-	-	-	9.4	2.2	1.2
<i>Symbolophorus</i> sp	-	-	-	9.4	1.9	1.1
<i>Hygophum proximum</i>	10.5	2.2	1.6	15.6	3.0	1.3
<i>Lampadena</i> sp	-	-	-	9.4	1.6	0.3
Bovichthyidae						
<i>Bovichthus chilensis</i>	-	-	-	6.3	8.4	6.0
Macrouridae	5.3	1.0	0.0	9.4	2.5	1.8
Bathylagidae	-	-	-	6.3	2.2	1.3
Scorpaenidae						
<i>Sebastes oculatus</i>	15.8	13.4	6.2	43.8	14.0	11.8
Centrolophidae						
<i>Seriolella punctata</i>	-	-	-	3.1	6.3	0.0
SI	63.2	11.0	17.9	90.6	14.4	11.4
tipo E	-	-	-	28.1	6.9	5.1



Tabla 3. Resumen de los índices de diversidad, riqueza específica y uniformidad aplicados a los distintos taxa encontrados en ambos años analizados, además de la riqueza media por estación, diferenciado el área norte (desde los 43°S a los 46.5°S), de la sur (47°S a los 51°S) de la zona estudiada.

Índice	Agosto 2013		Agosto 2014	
	Norte	Sur	Norte	Sur
Simpson	0.53	0.77	0.47	0.78
Shannon	1.23	1.89	1.09	1.90
Margalef	1.31	2.41	2.19	2.47
Pielou	0.50	0.67	0.36	0.61
Riqueza Prom.	5.4	5.8	6.9	9.2

Tabla 4. Resumen de las variables oceanográficas analizadas en cada año de estudio, con sus valores promedio, desviación estandar (D.E.) y mínimos y máximos correspondientes, de la zona austral de Chile.

	Agosto 2013				Agosto 2014			
	Media	D. E.	Mínimo	Máximo	Media	D. E.	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	7.64	1.35	5.16	10.44	7.67	1.31	5.16	10.58
Salinidad	33.91	0.48	30.81	34.37	33.89	0.48	30.91	34.35
Densidad (sigma-t)	26.46	0.52	24.11	27.01	26.44	0.55	23.78	27.05
N (ciclos/hora)	17.65	6.10	-58.98	40.43	17.66	7.54	-20.11	38.95
Prof. máx. N (m)	39.20	28.94	3.00	96.00	45.91	41.96	4.00	132.0
Delta temp. (°C)	-0.70	2.59	-3.55	3.93	-0.77	2.86	-4.56	3.97
Delta salinidad	-0.02	0.57	-1.03	1.37	-0.12	0.49	-1.07	1.01
Delta densidad (sigma-t)	-0.09	0.68	-1.26	1.10	-0.21	0.75	-1.48	1.31

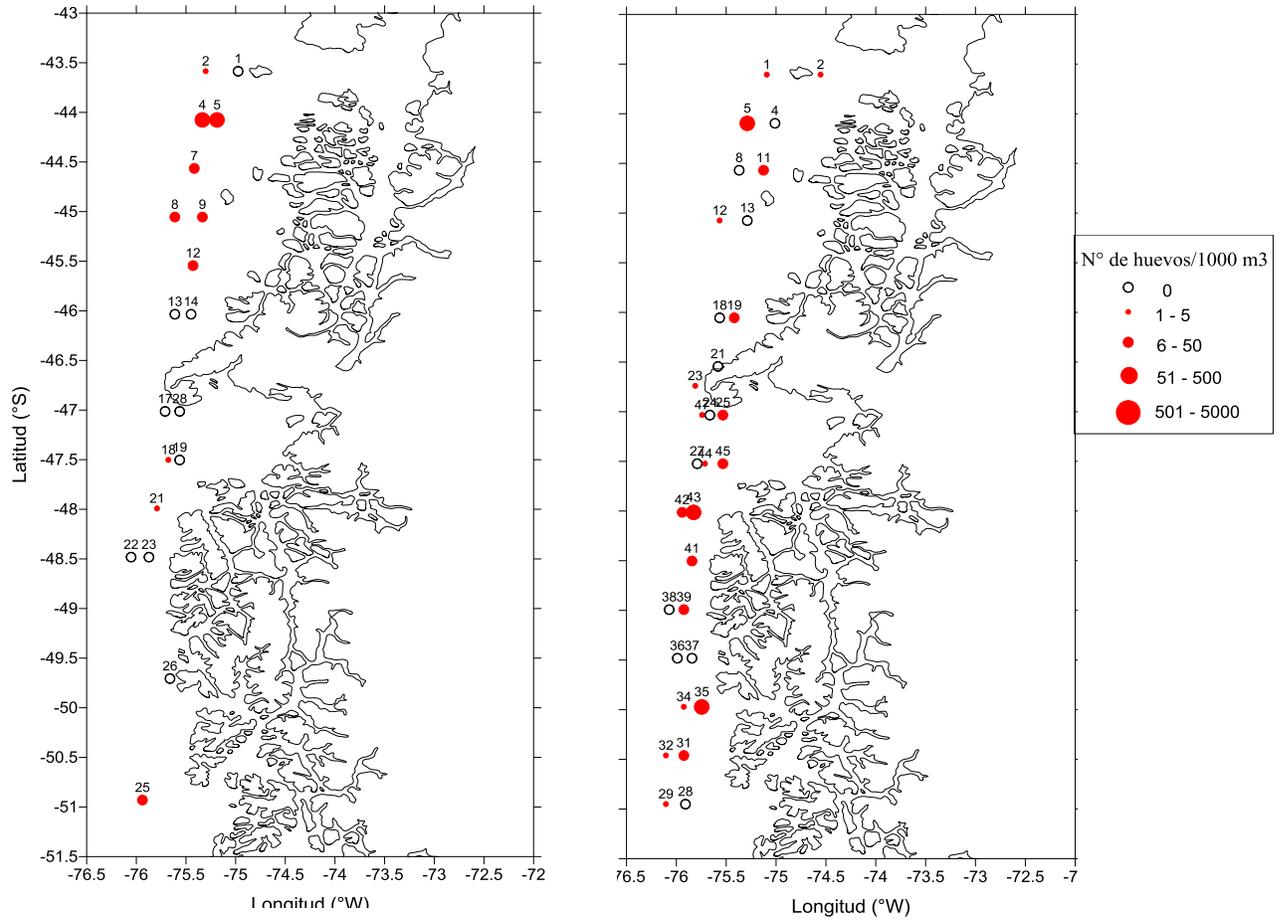


Figura 1. Distribuci3n espacial de los huevos de *M. australis* en las aguas oce3nicas de la zona austral de Chile, correspondiente a los a1os 2013 (A) y 2014 (B)

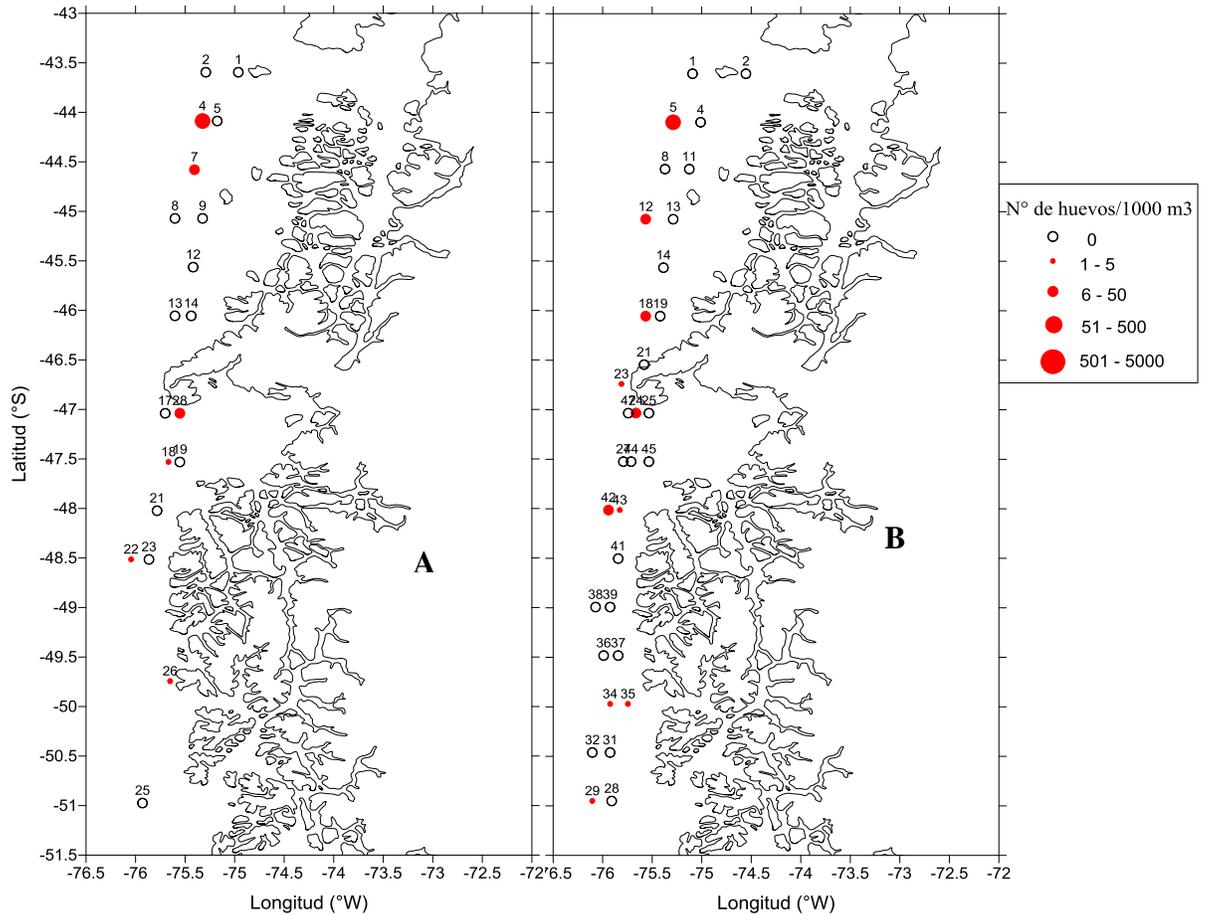


Figura 2. Distribuci3n espacial de los huevos de *M. magellanicus* en las aguas oce3nicas de la zona austral de Chile, correspondiente a los a1os 2013 (A) y 2014 (B)

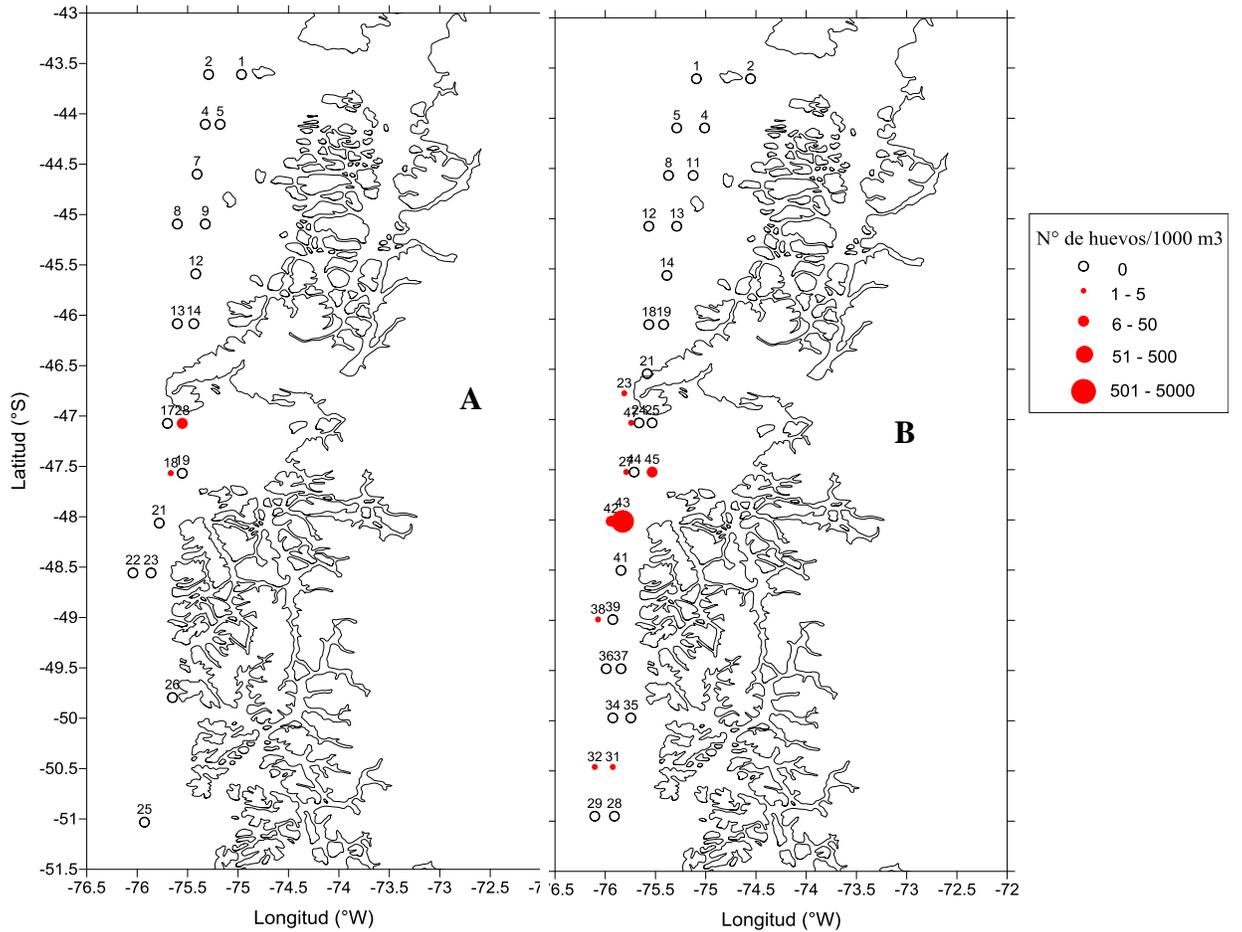


Figura 3. Distribuci3n espacial de los huevos de *Micromesistius australis* en las aguas oceánicas de la zona austral de Chile, correspondiente a los a1os 2013 (A) y 2014 (B)

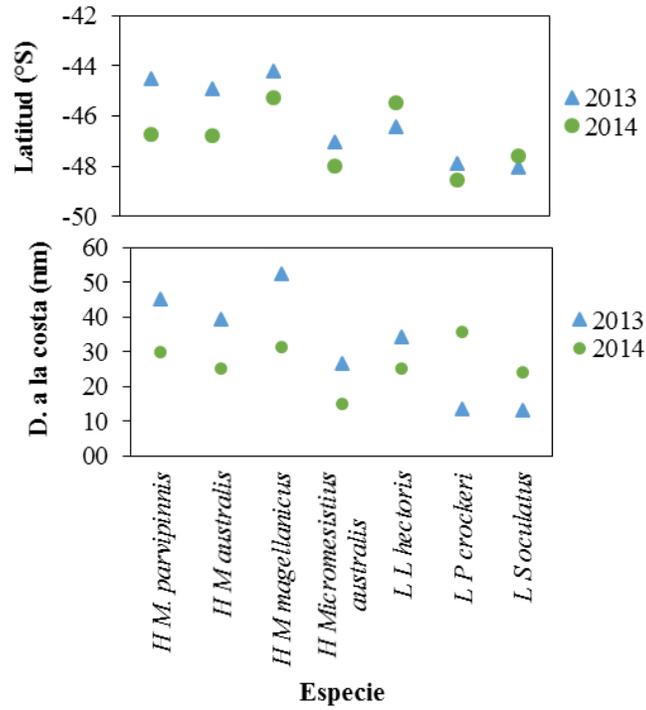


Figura 4. Centros de gravedad por latitud (arriba) y distancia a la costa (abajo) para las siete especies predominantes en las muestras de la zona de aguas oceánicas de la zona austral, correspondientes al 2013 y 2014

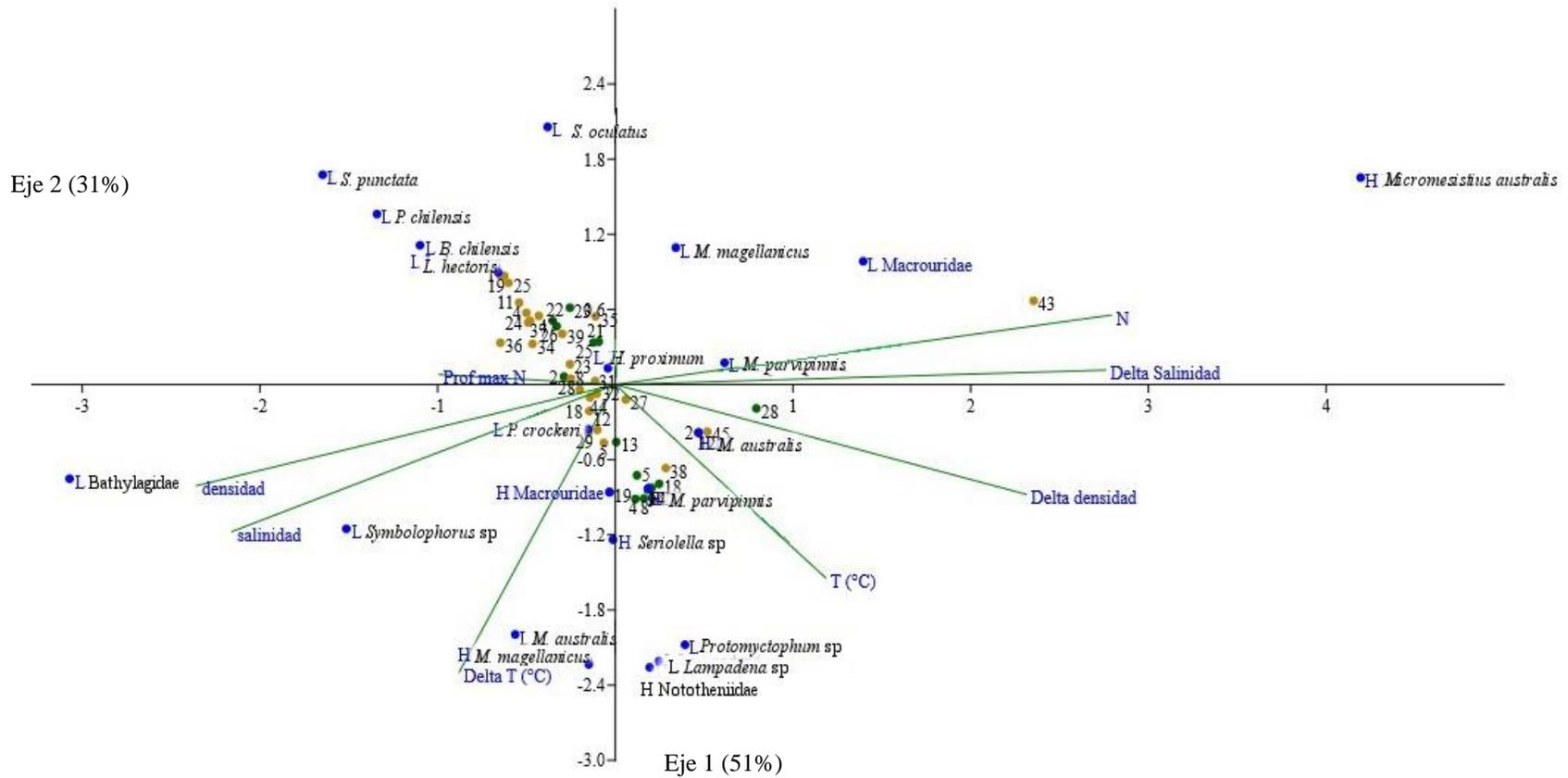
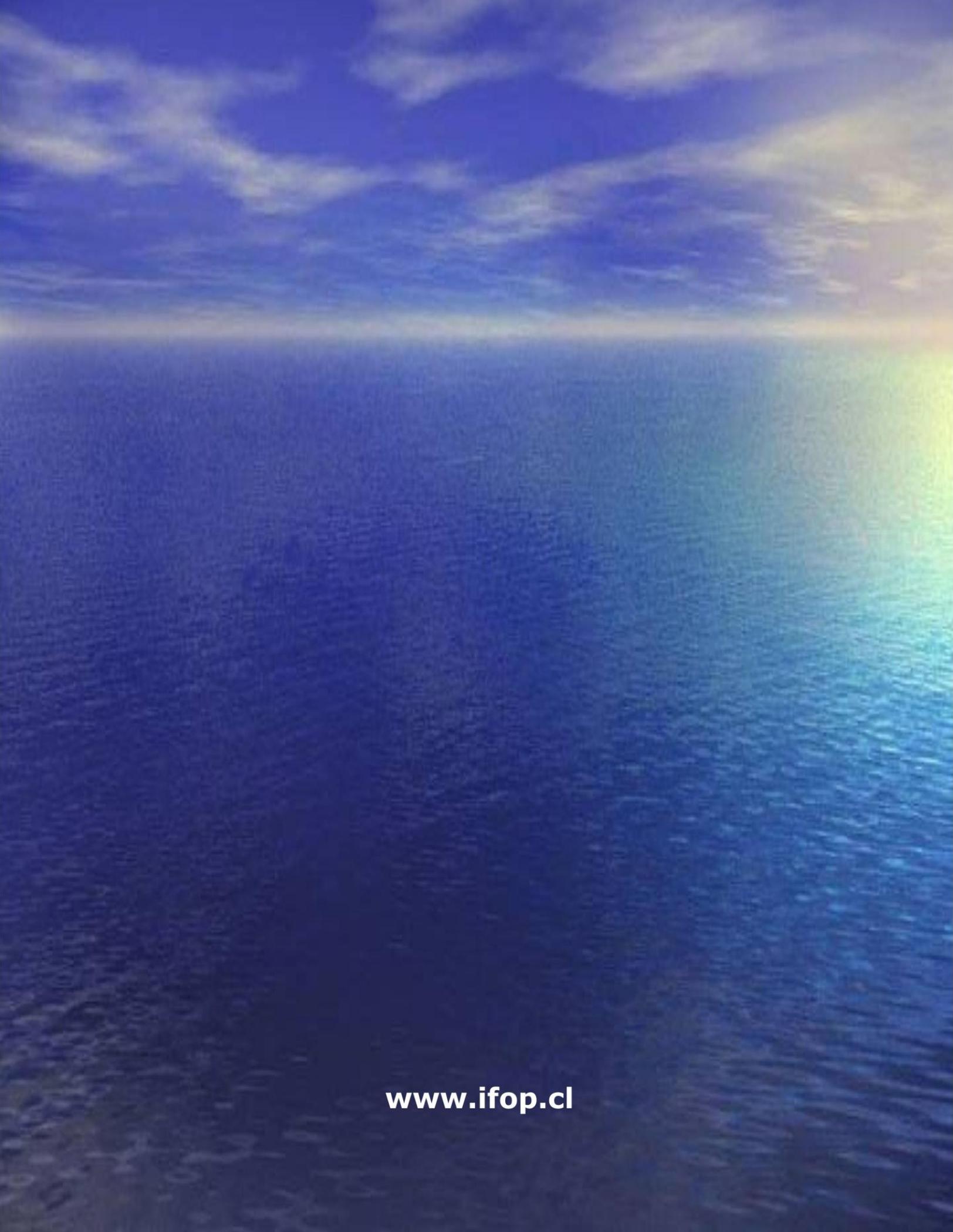


Figura 5. Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para las variables ambientales y la distribución del ictioplancton identificado en la zona de aguas oceánicas frente a la Patagonia chilena. Los círculos en verde corresponden a las estaciones del 2013, mientras que los amarillos a las del 2014. Junto a la etiqueta de cada eje se indica el porcentaje de varianza explicado por este. H, huevos; L, larvas.



www.ifop.cl