



**INFORME FINAL**

Convenio de Desempeño 2016

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 / Mayo 2017





## **INFORME FINAL**

Convenio de Desempeño 2016

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

### **Sección I. Merluza del sur**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2017**

#### **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  
**Mauricio Gálvez Larach**

#### **JEFE DE PROYECTO**

Álvaro Saavedra Godoy





SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2017

### **AUTORES POR OBJETIVO**

*Evaluación hidroacústica de la biomasa de merluza del sur, agosto 2016*

Sergio Lillo Vega  
Javier Legua Delgado

*Determinación de talla y edad de merluza del sur, agosto 2016*

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, agosto 2016*

Fernando Balbontín Cavada  
Ricardo Bravo Méndez  
Gustavo Herrera Urzúa

*Importancia relativa fauna acompañante de merluza del sur, agosto 2016*

Esteban Molina Guerrero

*Ítems alimentarios de merluza del sur, agosto 2016*

Sebastián López Klarian

*Análisis de las agregaciones de merluza del sur, agosto 2016*

Bernardo Leiva Pérez

### **COLABORADORES**

*Muestreo acústico a bordo*

Alvaro Saavedra Godoy  
René Vargas Silva  
Bernardo Leiva Perez

*Muestreo biológico a bordo*

José Pérez Soto  
Adrián Ibieta Figueroa  
Roberto Galaz Ubilla  
Daniel Beroiza Castillo  
Braulio Acuña Guajardo  
José Pérez Sepúlveda





## 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 31 de agosto de 2016 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°35' y 51°00'S), realizándose una recalada intermedia en el puerto de Chacabuco el 16 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 28 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 22.016.685 individuos de los cuales 5.089.738 correspondieron a machos y 16.926.947 a hembras, ambos estimados mediante el estimador geoestadístico. La biomasa total de merluza del sur se estimó en 67.264 toneladas con un intervalo de confianza ( $\alpha=5\%$ ) entre 62.904 y 71.623 t mediante el estimador geoestadístico. La biomasa del stock estuvo compuesta por 8.600 t de machos y 58.664 t de hembras.

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 53.305 toneladas lo que representó el 79% del stock evaluado, mientras que la abundancia desovante alcanzó a 11.578.315 individuos equivalentes al 52% de la abundancia presente en el área de estudio, lo anterior considerando las estimaciones por el método geoestadístico.

Los indicadores del tamaño del stock, total como desovante, presentan valores que les permite ubicarse en el rango medio alto de las estimaciones efectuadas en el período 2005-2016.

La estructura de tallas registró una moda principal de ejemplares de 70 a 99 cm y otra secundaria de individuos juveniles entre 30-39 cm. La fracción adulta (> 70 cm) aportó el 69% de la estructura y un 31% la componente juvenil. El nivel de participación de la fracción juvenil se puede considerar como alto debido a que el crucero se hizo en un área y período en que la merluza del sur se encuentra en su proceso reproductivo, ha sido observado en ocasiones anteriores, pero sin alcanzar la magnitud observada en esta oportunidad como tampoco el rango de tallas juveniles presentes, las que se pueden calificar como características del mar interior.



Sin embargo, considerando el período 2001 – 2016 lo usual, salvo excepciones como los años 2008, 2013 y 2016, ha sido una relativa homogeneidad de la estructura de talla en el área de estudio y escasa presencia de juveniles. También a partir del año 2010 se ha venido observando un aumento en la participación de las hembras respecto de los machos, cuyas causales no aclaradas.

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 I a XVIII en machos. Sin desagregar por sexo, el stock estuvo sostenido mayoritariamente (62%) por diez clases que comprenden los GE X a XIX y una moda secundaria de 14% de jóvenes de los GE III y IV. La abundancia separada por sexos deja en evidencia una estructura etaria de machos dominada por juveniles, con las edades I a VIII aportando el 52% de la estructura, a diferencia de las hembras donde los GE X+ representan sobre el 70%. 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, aunque en los últimos tres 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 virginales e inmaduras como aquellas participantes en el proceso reproductivo representaron el 50% cada una. La fracción participante en el desove es en términos relativos inferior a lo estimado durante las evaluaciones del 2008 al 2015, cuando esta fracción 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 11,4, confirmando el desarrollo avanzado que alcanzan 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 moderado entre 4,7 y 6,5 indicando que el proceso de desove continuaría con posterioridad al período de muestreo.

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, mediante el ajuste a un modelo lineal, con un valor de 75,5 cm LT, igual al estimado el 2015 y superior a los 71,3 cm LT del 2013 (Saavedra *et al.*, 2014) 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 2014 fue de 10,4 y del 2015 11 años (Saavedra *et al.*, 2015, 2016), valores similares a los 11,7 años de la presente estimación.

Se capturaron e identificaron un total de 13 especies. El área mantiene como característica la alta incidencia de merluza del sur y merluza de cola, las que aportan alrededor de 97% de la captura total realizada en el crucero. Otras especies presentan bajos aportes individuales que en conjunto aportan alrededor del 3% restante de la captura total. La distribución latitudinal localiza a la mayoría de las especies en toda la zona de estudio, mientras que la distribución batimétrica las localiza principalmente entre los veriles de 200 m y 400 m de profundidad. Los resultados de los análisis clasificación y ordenación, evidencian altos niveles de similitud entre los conglomerados identificados, condición que históricamente se ha mantenido casi sin alteración, ya 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 tope dentro de este sistema, que se alimenta bento demersalmente y es un depredador altamente especialista. 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 contains the results of distribution, biomass, abundance and demographic structure estimations, characteristics in relation to diet and reproduction of southern hake, under the framework of the study entitled "Spawning stock assessment of southern hake, hoki and southern blue whiting in offshore waters of Regions X and XII".

The project envisaged an ecosystem type survey on board Research Vessel AGS 61 Cabo de Hornos, sailing and arriving to Valparaíso, on August 1 and 31, 2016, respectively. The survey was divided in two stages, the first stage focused on Southern Hake and Hoki (between parallels 43°30' - 47°00'S), and the second stage (survey 2) focused on southern blue whiting (between parallels 46°35' - 51°00'S), with an intermediate arrival at the port of Chacabuco on August 16, and covered the offshore area at 100 and 600 meters depth, between latitudes 43°30'S and 47°00'S.

During the first survey, 43 acoustic prospection transects were placed and 28 fishing hauls to identify eco traces and obtain biological and length samples, collect otoliths, and southern hake and hoki stomachs and gonads.

The abundance of southern hake was estimated in 22,016,685 individuals, of which 5,089,738 accounted for males and 16,926,947 females, both estimated with the use of a geostatistical estimator. The total biomass of southern hake was estimated in 67,264 tons, with a confidence interval ( $\alpha=5\%$ ) from 62,904 – 71,623 t using a geostatistical estimator. The biomass of the stock was comprised by 8,600 t of males and 58,664 t of females.

The spawning fraction of the stock was estimated based on the maturity ogive at length estimated with microscopic observations for females. The spawning biomass was estimated in 53,305 tons, accounting for 79% of the assessed stock, while the spawning abundance reached 11,578,315 individuals, accounting for 52% of the abundance present in the study area, considering the estimations made with the geostatistical method.

Total stock size indicators display values distributed across the high mean range of estimations made in period 2005-2016.

Length structure recorded a main mode of individuals at 70-99 cm and a secondary mode for juvenile individuals at 30-39 cm. The adult fraction ( $> 70$  cm) contributed 69% of the structure and 31% of the juvenile component. The level of participation of the juvenile fraction can be considered high since the survey was performed in an area and during a period in which southern hake was undergoing its reproductive process. Although this level of participation was observed previously, without reaching the magnitude observed in this opportunity, nor the length ranges of juveniles present, it may be considered as a characteristic of inland ocean waters.



Nevertheless, considering period 2001 – 2016, a relative consistency in the length structure across the study area and scarce presence of juveniles has been commonly observed, with the exception of periods 2008, 2013 and 2016. Also, since the year 2010, an increased participation of females with respect to males has been observed, without any clear explanation.

The relevance of the adult structure was ratified in the age structure, observing a vast range distributed across AG I - XXIV+ in females, and I – XVIII in males. Without disaggregating by sex, the stock was mostly sustained (62%) by ten classes distributed across AG X - XIX and a secondary mode of 14% of young individuals belonging to AG III and IV. Abundance separated by sex evidences a male age structure dominated by juveniles, belonging to ages I – VIII, contributing with 52% of the structure, as opposed to females, belonging to AG X+ , accounting for 70%. The age composition of the stock is in line with the observations made in the last fifteen years, with a steady presence of AG IX - XVI and the occasional presence of lower AG, although in the last three years, the distance between the structures of both sexes has increased, evidenced in the mean ages of the stock.

As to the reproductive aspects, virgin and immature females such as those participating in the reproductive process, account for 50% each. The fraction participating in spawning is relatively lower than the fraction estimated in the assessments in period 2008 - 2015, when this fraction reached between 74% - 79%. This situation could reflect a higher presence of immature individuals in the sampling area and not a delay in the onset of the spawning process, since the consistency of spawning in southern hake was been historically proven. As to the GSI of mature southern hake females, average values have fluctuated from 10.3 in 2013 to 10.4 and 12.8 in period 2010 - 2014. This year, the GSI of mature females was 11.4, confirming the advanced development that gonads reach in this stage and indicating that these females are ready to spawn.

The indexes used to quantify the reproductive activity indicate that spawning is consistent during August, coinciding with the starting date of the prospection survey. The percentage of maturing females increased across time, together with a GIS value of females with reproductive activity (EMS 3, 4 and 5) that remained moderate from 4.7 – 6.5, indicating that the spawning process will continue following the sampling period.

The length of immature females was distributed across lengths ranging from 60-69 cm TL, while immature individuals and others in various gonadal maturation stages were distributed across lengths ranging from 70-79 cm TL, indicating that the length of mean sexual maturity is found across these length ranges. This result is in line with the estimation of mean length of sexual maturity, using a linear model adjustment, with a value of 75.5 cm TL, as estimated in 2015 and above 71.3 cm TL in 2013 (Saavedra *et al.*, 2014). In this regard, a decreasing or temporary increasing trend is not observed in this parameter. As to the mean age of maturity (age group), the estimates in 2014 were 10.4 and 11 years in 2015 (Saavedra *et al.*, 2015, 2016), similar to the value of 11.7 years in the present study.



A total of 13 species were harvested and identified. A characteristic of the area is the high incidence of southern hake and hoki, contributing with close to 97% of the total catch made during the survey. Other species show low individual contributions, which together reach the other 3% of the total catch. Latitudinal distribution situates the majority of the species across the study area, while the bathymetric distribution places them at a depth of 200 m - 400 m. The results of the classification and arrangement analysis evidence high levels of similarity among the identified clusters, which have historically remained consistent, since the same species are always present in this ecosystem.

As to the trophic dynamics, the main diet of southern hake, across the length range, is hoki. From the analyzed tissue to determine the isotopic stability, the distribution of predators and prey in the austral ecosystem ratifies southern hake as the top predator in this system, with a benthic-demersal diet and as a highly specialized predator. The diet of southern hake mainly consists of hoki, followed by mesopelagic fish, confirming the stomach analysis records and revealing the importance of hoki in the southern austral ecosystem.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
EXECUTIVE SUMMARY .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	x
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 Embarcación y equipos .....	4
4.2.1 Embarcación .....	4
4.2.2 Equipos .....	4
4.3 <b>Objetivo específico 1</b> <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 <b>Objetivo Específico 2</b> <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 <b>Objetivo específico 3</b> <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
<b>4.6.</b>	<b>Objetivo específico 4</b>	
	<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.....	24
4.6.3	Identificación de agrupaciones específicas .....	24
<b>4.7.</b>	<b>Objetivo específico 5</b>	
	<i>Determinar la composición e importancia de los principales ítems alimentarios de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.....</i>	25
4.7.1	Contenido Estomacal .....	25
4.7.2	Análisis de datos .....	26
<b>4.8</b>	<b>Objetivo específico 6</b>	
	<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
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivo específico 1</b>	
	<i>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 .....</i>	31
5.1.1	Biomasa y abundancia .....	31
5.1.2	Distribución espacial.....	32
<b>5.2</b>	<b>Objetivo específico 2</b>	
	<i>Estimar la composición de tallas, de edad y la 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... ..</i>	32
5.2.1	Composición de tallas.....	32
5.2.2	Composición de la estructura de edades.....	34
<b>5.3</b>	<b>Objetivo específico 3</b>	
	<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>	35
<b>5.4</b>	<b>Objetivo específico 4</b>	
	<i>Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los lances de identificación en el área y período de estudio .....</i>	38



5.4.1	Distribución batimétrica y espacial .....	38
5.4.2	Parámetros comunitarios.....	39
<b>5.5</b>	<b>Objetivo específico 5</b> <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
<b>5.6</b>	<b>Objetivo específico 6</b> <i>Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.....</i>	41
5.6.1	Resultados generales descriptivos .....	41
5.6.2	Resultados de los descriptores según zonas y cañones .....	42
5.6.3	Análisis de componentes principales (ACP).....	43
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>

**FIGURAS**  
**TABLAS**  
**ANEXO**



## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

### FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.
- Figura 2.** Buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Figura 3.** Plano de la red modelo Barracuda 608 utilizada en el estudio.
- Figura 4.** Localización de: a) transectas de muestreo acústico y b) lances de pesca de identificación.
- Figura 5.** 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.** Semivariograma para merluza del sur. dirección omnidireccional. Zona total de estudio.
- Figura 8.** Distribución espacial de la biomasa de merluza del sur Agosto 2016. La escala de colores corresponde a toneladas por milla náutica cuadrada.
- Figura 9.** Distribución latitudinal y batimétrica de la talla media de merluza del sur. Agosto 2016.
- Figura 10.** Distribución de talla de merluza del sur por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).
- Figura 11.** Distribución de talla de merluza del sur por área. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto, 2016).
- Figura 12.** Distribución de talla de merluza del sur por cañón y fuera de los cañones. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).
- Figura 13.** Distribución de talla de merluza del sur por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).



- Figura 14.** Distribución relativa de la talla de merluza del sur: **a)** por sexo y **b)** ambos sexos, para los cruceros hidroacústicos 2001-2016.
- Figura 15.** Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza del sur para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2016.
- Figura 16.** Comparación de la funciones peso- longitud estimadas para merluza del sur por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación en el período 2000 – 2016 (B).
- Figura 17.** 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 - 2016.
- Figura 18.** Edad mediana de merluza del sur en cruceros de prospección. 2000-2016.
- Figura 19.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2016.
- Figura 20.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la *merluza del sur Macruronus magellanicus*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2016.
- Figura 21.** Ovarios de merluza del sur en estadios iniciales de desarrollo. a) Ms N° 1899. Estadio virginal, aumento 5x. Lamela (flecha); lumen (L). b) Ms N° 286; estadio Inmaduro, aumento 10x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); lamela (l); lumen (L).
- Figura 22.** Ovarios de merluza del sur en estadios intermedios de desarrollo. a) Ms N° 239. Estadio alveolo cortical, aumento 10x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); Ovocito alveolo cortical (Ac). Lumen (L). b) Ms N° 1876; Estadio vitelado, aumento 5x. Ovocitos vitelados
- Figura 23.** Ovario de merluza del sur en estadio final desarrollo. Ms N° 494, aumento 5x. Estadio hidratado. Ovocito hidratado (H); ovocito vitelado (V).
- Figura 24.** 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 25.** Valor promedio del índice gonadosomático (IGS)  $\pm$  la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y rango de tallas de la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2016.



- Figura 26.** Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2016, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo lineal generalizado., en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2016. en agosto de 2016.
- Figura 27** Fracción de merluza del sur (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2016
- Figura 28** 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 2016.
- Figura 29.** 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 *Merluccius australis*, en agosto de 2016.
- Figura 30.** Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estándar crucero. Evaluación directa de merluza del sur y *merluza del sur*, año 2016
- Figura 31.** Participación de la fauna acompañante asociada a *merluza del sur*. Evaluación directa de merluza del sur y *merluza del sur*, año 2016.
- Figura 32.** Participación (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: **a)** merluza del de cola, merluza del sur, merluza de tres aletas y otras especies; **b)** fauna acompañante de merluza del sur. Evaluación directa de merluza del sur y *merluza del sur*, año 2016 (Sección 2 *merluza del sur*).
- Figura 33.** Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur y su fauna acompañante. Evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016 (Sección 2 merluza de cola).
- Figura 34.** Distribución latitudinal histórica de las especies con mayor recurrencia en las capturadas de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola (Sección 2 merluza de cola).
- Figura 35.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola. Evaluaciones 2000 a 2016.
- Figura 36.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, entre los años 2000 y 2016. (SZ 1=Guafo (43°30'-44°29'); SZ 2=Guablín (44°30'-45°29'); SZ 3= Taitao (45°30'-47°00')).



- Figura 37.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola entre los años 2000 a 2016.
- Figura 38.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones directas de merluza del sur y merluza de cola entre los años 2000 a 2016. (V1 = < 200 m; V2 = 200 m – 300 m; V3 = 300 m – 400 m; V4 = > 400 m)
- Figura 39.** 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 entre los años 2000 a 2016.
- Figura 40.** 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 entre los años 2000 a 2016.
- Figura 41.** Proporción de estómagos llenos y vacíos
- Figura 42.** Biplot de nitrógeno y carbono para *Merluccius australis* en la zona estudiada, EUF: Eufausidos, CAM: Camarones, M3A: Merluza de tres aletas, MESOP: Peces mesopelagicos, MCOL: Merluza de cola.
- Figura 43.** 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/(100m<sup>2</sup>)). Dentro del cañón (si) y fuera del cañón (no).
- Figura 44.** 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 45.** 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 46.** 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 47.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes.

## **TABLAS**

- Tabla 1.** Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza del sur. 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 eointegración 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). Se indica la numeración utilizada en la escala del IFOP y entre paréntesis el número original de la escala.
- Tabla 7.** Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos. FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.
- Tabla 8.** Resumen de la modelación geoestadística de merluza del sur para la zona total de estudio.
- Tabla 9.** Estimados de 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, cruceros de merluza del sur 2000 – 2016.
- Tabla 12.** Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur, crucero de evaluación agosto del 2016.



- Tabla 13.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, machos. Crucero de evaluación 2016. (Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).
- Tabla 14.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, hembras. Crucero de evaluación 2016. (Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).
- Tabla 15.** Abundancia por grupo de edad y desviación estándar por sexo y proporción por grupo de edad. Crucero agosto 2016.
- 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 2016. LT, longitud promedio; 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 2016.
- Tabla 18.** Talla media de madurez sexual estimada por un ajuste de máxima verosimilitud mediante el ajuste a una función logística y posteriormente por un procedimiento no lineal y talla de madurez estimada mediante el cálculo del incremento relativo del IGS (IR.IGS) en la merluza del sur *Merluccius australis*, años 1996 a 2016.
- Tabla 19.** Proporción de individuos maduros a la edad en la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2016, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.
- Tabla 20.** Fecundidad promedio y fecundidad del total de las hembras maduras de la muestra calculada en estudios realizados en merluza del sur *Merluccius australis*, años 1996 a 2016.
- Tabla 21.** Listado de las especies capturadas durante la evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2016.  $CT_{est}$  ( $kg \cdot 0,5h^{-1}$ ): Captura total estandarizada. IRCT(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada.  $CT_{estFA}$  ( $kg \cdot 0,5h^{-1}$ ): Captura total estandarizada fauna acompañante. IRFA(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.
- Tabla 22.** 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.



- Tabla 23.** Listado total de las especies capturadas durante los cruceros de evaluación directa de merluza del sur y merluza del sur, aguas exteriores, realizados entre 2000 y 2016, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.
- Tabla 24.** Ítems alimentarios encontrados en los estómagos de *Merluccius australis* para el año 2016.
- Tabla 25.** Ítems alimentarios por grupos-presa para la dieta de *Merluccius australis*, para el año 2016.
- Tabla 26.** Ítems alimentarios encontrados en los machos de *Merluccius australis* para el año 2016.
- Tabla 27.** Ítems alimentarios encontrados en las hembras de *Merluccius australis* para el año 2016.
- Tabla 28.** Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G1 de *Merluccius australis* para el año 2016.
- Tabla 29.** Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G2 de *Merluccius australis* estudiados para el año 2016.
- Tabla 30.** Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G3 de *Merluccius australis* estudiados para el año 2016.
- Tabla 31.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas,
- Tabla 32.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D,S,) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro de cañones y fuera de cañones,
- Tabla 33.** 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 34.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D,S,) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía, Cañones 1, 2 y 3.
- Tabla 35.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones,



- Tabla 36.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D,S,) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona,
- Tabla 37.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona.
- Tabla 38.** Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D,S,) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo.
- Tabla 39.** 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 40.** Matriz de correlaciones entre las variables originales
- Tabla 41.** Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes
- Tabla 42.** Correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

## ANEXO

### TALLERES



## **1. OBJETIVO GENERAL**

---

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

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

---

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



### 3. ANTECEDENTES

---

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. A partir de 2014 este proyecto se realiza como parte del Convenio de Desempeño entre la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño y el IFOP.

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 2016, 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.



## 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

### 4.1 Área y período de estudio

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

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

### 4.2 Embarcación y equipos

#### 4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” (**Fig. 2, Tabla 2**), nave que posee un sistema de propulsión diesel eléctrico y su diseño cumple con la necesidad de reducir el nivel de ruido de los buques de investigación según lo recomendado para los buques de investigación (Mitson 1995).

El AGS 61 “Cabo de Hornos” es administrado por la Armada de Chile y fue utilizado bajo la modalidad de arriendo.

#### 4.2.2 Equipos

##### a) Sistema de ecointegración

Se utilizó un 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) Sistema 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 (**Fig. 3**). La red posee un cubrecopo de tamaño de malla de 50 mm, el que tiene como objeto aumentar el rango de selección de la red 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° 2.363 del 29 de julio del 2016, la cual autorizó para este crucero la extracción de un máximo de 20 toneladas de merluza del sur, 60 toneladas de merluza de cola y 40 toneladas de merluza de tres aletas. Además, autorizó la extracción de otras especies recurrentes en los lances de identificación tales como cojinoba, reineta, congrio dorado, tollo y brótula con cuotas de 500, 700, 300, 100 y 500 kg

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

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

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

#### **4.3.2 Identificación de los ecotrazos**

Los datos acústicos fueron analizados mediante los métodos estándares utilizados en ecointegración (Simmonds y MacLennan, 2005), en primer lugar, se examinaron los ecogramas para detectar errores asociados a la posición geográfica, integración del fondo e interferencia de otros equipos acústicos, procediéndose en el caso de detectarse algunos de los tipos de errores antes 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 27 de los lances realizados la captura estuvo conformada en proporciones variables por dos o más especies (**Tabla 5**), la asignación de las unidades de ecointegración, se realizó mediante el método propuesto por Bodholt (1991), que plantea que la contribución a la integración ( $s_{A(i)}$ ) de una especie "i" a la integración total ( $s_{A(t)}$ ) de la unidad básica de muestreo es proporcional a su participación en la captura en número ( $w_i$ ) de las "j" especies participantes en el lance y su coeficiente de dispersión acústico ( $\sigma_i$ ).



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

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:

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

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 ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$ ) 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  $\theta$  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.
- $\alpha_x$  = 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:



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

Donde  $\theta$  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  $(n(n-1)/2) \times 1$  de valores del semivariograma experimental, esto es el semivariograma de nubes;  $G(\theta)$  es el vector de los valores del semivariograma teórico para la misma distancia que el semivariograma de nubes. Estos valores dependen de  $\theta$ , vector de parámetros del semivariograma;  $\Sigma$  es la matriz  $(n(n-1)/2) \times (n(n-1)/2)$  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:

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

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

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

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

$\lambda_i$  = Pesos o ponderaciones de los valores originales.

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

$\mu$  = media del proceso kriging ordinario.

$m$  = Número de nodos de la grilla de interpolación.

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

### Estimación de abundancia y biomasa

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

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

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

$$\hat{V}\left(\frac{1}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sigma^4} \cdot \hat{V}(\sigma) = (4 \cdot \pi)^2 \cdot \hat{V}(10^{0,175})$$



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

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

$\hat{A}_g$  = abundancia (en número)

$a_g$  = área de distribución efectivas del recurso (mn<sup>2</sup>).

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

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

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

$\bar{\sigma}$  =  $4 \cdot \pi \cdot 10^{0.1 \cdot \bar{TS}}$ ; coeficiente de retrodispersión.

$\bar{TS}$  = 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 (Wuillez *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 1.946 ejemplares, mientras que en el muestreo biológico - específico se midió la longitud y peso de 1.304 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 proporción sexual ( $\hat{P}_s$ ) y su varianza $\hat{V}[\hat{P}_s]$

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

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



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

#### **4.4.3 Composición de edades del stock de merluza del sur**

##### **4.4.3.1 Análisis de los otolitos**

Se empleó en ambos otolitos de cada par colectado, un tratamiento diferente, aplicando en el otolito izquierdo del par el proceso de hidratación 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 asignación de la edad. El análisis de edad consideró el recuento de bandas de características anuales las que presentan una mayor facilidad en su discriminación si el preparado de la pieza ha sido adecuado.

En la observación de los otolitos se empleó microscopio estereoscópico con aumento 10X y luz reflejada, permitiendo ver una secuencia de anillos opacos blanquecinos y translúcidos en los otolitos enteros y una alternancia de bandas marrón claro (crecimiento rápido) y marrón oscuro (crecimiento lento) en el caso de analizar las secciones transversales preparadas con horneado. Esta técnica ha sido utilizada desde el inicio del análisis de edad de la serie histórica 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  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ ,  $L \sim N(\mu, \sigma^2)$ , 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.  
 $\mu$  = promedio de la longitud al grupo de edad.  
 $\sigma$  = varianza de la longitud al grupo de edad.  
a1; a2 = 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 (Bradu 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:

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

Donde  $W_i$  y  $L_i$  representan el peso total y la longitud total del individuo  $i$ -ésimo,  $\varepsilon_i$  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:

$$\begin{aligned} \ln(W_i) &= \ln(a) + b \ln(L_i) + \ln(\varepsilon_i), \\ Y_i &= \alpha + b x_i + \varepsilon'_i; \quad i = 1, \dots, n, \end{aligned}$$

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  $\sigma$ .

#### 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 961, superando el número estadísticamente establecido.

La determinación del tamaño de muestra para estimar el índice gonadosomático, se basó en el análisis de datos de cruceros previos<sup>7</sup>. 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 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 961.

#### 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:

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

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

Con la información respecto del EMS según la talla de las hembras y el IGS promedio, se obtuvieron resultados que permitieron determinar 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. Los peces maduros fueron aquellos en EMS 3, 4, 5 y 6 en la merluza del sur, y 3,4 5 en la merluza de cola, además de los peces de ambas especies en EMS 2 en que en los ovarios ya se había iniciado el proceso de vitelogénesis.

Para la estimación de la talla y edad media de madurez en que el 50% de las hembras está sexualmente madura y la ojiva de madurez, se consideraron dos enfoques de estimación: la utilización de un modelo lineal generalizado GLM (McCullagh y Nelder, 1989) asumiendo una respuesta binomial, con función de enlace logística y un modelo no lineal para la función logística con errores normales.



La estimaci3n de par3metros en ambos m3todos fue realizada mediante el m3todo de m3xima verosimilitud (Welch & Foucher, 1988). Se utiliz3 el programa R versi3n 3.3.1 (2016) The R Foundation for Statistical Computing Platform.

Para el GLM se consider3 que la respuesta ( $Y_i$ ) n3mero de individuos maduros (hembras), sigue una distribuci3n binomial cuyo predictor lineal esta expresado como,

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

con  $(b_0, b_1)^{LT}$  los coeficientes del modelo y  $LT$  la longitud (o edad) del ejemplar. Se consider3 la funci3n de enlace log3stica dada por,

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

la cual relaciona el predictor lineal con la media de la variable respuesta (la proporci3n de individuos maduros a una longitud o edad), de la siguiente forma,  $E(Y_i) = g^{-1}(\eta_i)$ , quedando expresado como,

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

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

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

Para el enfoque no lineal, se ajust3 la funci3n log3stica considerando errores normales, cuyo modelo queda expresado como:

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

Dada la definici3n de modelo lineal generalizado (McCullagh *et al.*, 1989), este no considera un error en el modelo m3s bien, y esa es una de las generalizaciones desde un modelo lineal, que asume una distribuci3n para la respuesta, que en este caso corresponde a una distribuci3n binomial. Para la incorporaci3n de la incertidumbre se consider3 el uso de la estimaci3n anal3tica descrita en Roa *et al.* (1999).



### e) Fecundidad modal

Para la determinación de fecundidad se introdujeron pequeñas variaciones al método de Hunter *et al.* (1985) para adecuarlo a especies que presentan una fecundidad modal o de camada. Primero, se seleccionaron ovarios de peces en maduración avanzada o maduros, en la escala histológica corresponden a ovocitos con núcleo migrante, o bien sólo en etapa de inicio del proceso de la hidratación (hialinos) para evitar la utilización de gónadas en que ya se hubiese iniciado el proceso de desove. Esta opción involucró la medición del diámetro de ovocitos presentes en una de las tres submuestras, lo que se realizó bajo un microscopio estereoscópico. Como la separación de las modas de ovocitos no siempre es tan marcada, la moda de tamaño más avanzada de ovocitos vitelados se separó del resto mediante el método de Battacharya (Gayanilo *et al.*, 1988), que se aplica a curvas polimodales. La relación porcentual entre el número de ovocitos de la moda más avanzada de tamaño y los ovocitos de menor diámetro se consideró que era la misma para las otras dos submuestras en que sólo se contaron los ovocitos. En la **Figura 6** se muestra la distribución de los diámetros de los ovocitos de un ovario de merluza del sur utilizado anteriormente en estimaciones de fecundidad. 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 estereoscópico los ovocitos de la moda más avanzada de tamaño de cada submuestra, se obtuvo el promedio de ovocitos de acuerdo a la siguiente relación:

$$E_i = n_0 \cdot W_i$$

Donde:

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

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

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



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

Dónde:

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

#### 4.6 Objetivo específico 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 periodo de estudio. **Sección merluza del sur.***

El diseño empleado para determinar la importancia relativa de la fauna acompañante, considera como unidad de muestra el lance de pesca. La información básica que caracterizó el lance fue el peso de las especies capturadas (kg) y datos operacionales, como: número del lance, posición geográfica, hora de inicio y término, fecha y profundidad de operación de la red (relinga superior).

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

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

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

Donde:

- $C_{tr}$  = Captura total en el lance  $r$ .  
 $W_{trk}$  = Peso de la especie  $t$ , en la caja  $k$  del lance  $r$   
 $M$  = Número total de lances en el crucero.  
 $\hat{p}_{tr}$  = Estimador de la proporción de la especie  $t$  en el lance  $r$ .



Lo anterior permitió determinar la importancia relativa global de la fauna acompañante en el área de estudio. 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 analizaron un total de 527 estómagos de *Merluccius australis* obtenidos en las muestras capturadas en los lances de identificación realizados en el área de estudio (**Tabla 4**). De estos se separaron 38 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. Las muestras fueron obtenidas a bordo del buque científico Cabo de Hornos, allí fueron congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$  y etiquetadas.

##### 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  $\sim 10$  mg y lavado con abundante agua mili-Q. Luego todas las muestras fueron secadas por 12-18 horas a  $60^{\circ}\text{C}$ , para después extraer el exceso de lípidos en una agitación continua, 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):

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

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  $40^{\circ}\text{C}$  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  $\delta$  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  $\pm 0.5\%$  para  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\pm 0.2\%$  para  $\delta^{13}\text{C}$ .

#### 4.7.2 Análisis de datos

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.

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

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

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

Para la merluza austral se agruparon los tamaños de la siguiente forma: Grupo 1 ( $\leq 60$  cm), Grupo 2 ( $>60 - \leq 80$  cm) y Grupo 3 ( $> 80$  cm). No se logró establecer diferencias batimétricas y por zona de pesca.

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:

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

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

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; 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<sup>2</sup>), el largo (m) y el perímetro (m).

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

$$Se = d_j * e$$

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

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

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 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 1% 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 22.016.685 individuos de los cuales 5.089.738 correspondieron a machos y 16.926.947 a hembras estimados mediante el estimador geoestadístico (**Tabla 9**).

La biomasa total de merluza del sur se estimó en 67.264 toneladas con un intervalo de confianza ( $\alpha=5\%$ ) entre 62.904 y 71.623 t mediante el estimador geoestadístico y de 65.785 t e intervalo de confianza entre 61.304 y 70.266 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 (**Tabla 10**). La biomasa del stock estuvo compuesta por 8.600 t de machos y 58.664 t de hembras.

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 53.305 toneladas lo que representó el 79% del stock evaluado, mientras que la abundancia desovante alcanzó a 11.578.315 individuos equivalentes al 52% de la abundancia presente en el área de estudio, lo anterior considerando las estimaciones por el método geoestadístico.

Con respecto al crucero efectuado el 2015, la abundancia aumentó en 57% y la biomasa en 33%, ubicándose ambos indicadores en el rango superior de las estimaciones efectuadas en el período 2004 - 2016 (**Tabla 11**).



### 5.1.2 Distribución espacial

La distribución espacial (**Fig. 8**) muestra una presencia de merluza del sur que estuvo presente en el 70% (1.864) de las 2.663 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 35,3 t/mn<sup>2</sup> (método bootstrap) y 36,1 t/mn<sup>2</sup> (método geoestadístico). 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°56'S y una inercia de 0,74°, manteniéndose en el rango de los valores observados en estudios previos, donde se han estimado centros de gravedad entre los 44°55'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. El índice de Gini estimado en 0,72 indica una distribución concentrada, concordante con el proceso biológico de desove que experimenta el recurso durante el período de la prospección,

La distribución de la talla media, en el sentido latitudinal y batimétrico, muestra la presencia del recurso en todo el rango latitudinal, mientras que batimétricamente se localizó entre 200 y 350 m de profundidad. La talla media estimada, muestra la participación de individuos mayores a 70 cm de longitud total los que se distribuyeron a lo largo de toda la zona sin que se observe un gradiente de tallas determinado en el área (**Fig. 9**).

## 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 medidos para la estimación de las estructuras de tallas fue de 1.946 individuos, con 474 machos y 1.472 hembras. La estructura de talla de merluza del sur en el área y período de estudio registró una distribución bimodal con una moda principal de ejemplares adultos entre los 70 y 99 cm que aportó el 69% de la distribución y, una moda secundaria de ejemplares juveniles entre los 30 y 49 cm que representó el 31% (**Fig. 10**). 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 70-99 cm fue registrada en las tres áreas latitudinales (Guablín, Guafo y Taitao) con un alto predominio de las hembras (**Fig. 11**). Pero, la moda juvenil



entre los 30-49 cm fue sólo observada en dos áreas (Guambín y Taitao), con excepción del área Guafo que registró una distribución unimodal de ejemplares adultos entre 70-99 cm, además con una alta presencia de hembras con 85%, lo que indicaría un gradiente en el predominio de las hembras de mayor a menor en sentido de norte a sur.

La composición de la moda de talla adulta entre 70-99 cm y el predominio de las hembras de merluza del sur también fueron registradas en los cañones de Guafo y Taitao, como fuera de los cañones (**Fig. 12**). La mayor presencia de hembras fue registrada en el Cañón Guafo con 88% más una distribución unimodal de ejemplares principalmente adultos con 82%. La excepción fueron las muestras tomadas en el Cañón Guablín que presentó un alto predominio de la fracción juvenil (83%), sumada a una distribución fuertemente representada por la moda compuesta por ejemplares entre 30 y 49 cm, como también el menor aporte de hembras con 69%.

En sentido batimétrico, (**Fig. 13**), las composiciones de tallas fueron registradas principalmente entre los 300-399 m de profundidad con una distribución bimodal, una moda principal adulta entre 70-99 cm y otra juvenil entre los 30-49 cm. Sin embargo, a menor profundidad entre los 200-299 m se registró una distribución unimodal con ejemplares adultos entre los 70-99 cm y alto predominio de las hembras (85%).

#### **Distribución de talla del crucero 2016 respecto de los cruceros anteriores en la zona de estudio**

Entre los años 2001 y 2016 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 99 cm (**Fig. 14a y 14b**). 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% (**Fig. 15**).

La presencia de juveniles durante el año 2016 (31%), ha sido observada en otros cruceros de investigación anteriores, como el año 2007, 2008 y 2013 con 27%, 37% y 28%, respectivamente (**Fig. 14a, 14b y 15**). La presencia de la moda juvenil en el año 2016 entre 30-49 cm se registró mayormente en machos con 55% de ejemplares juveniles. En la serie de los años de estudio, el año 2008 registró el mayor valor de ejemplares juveniles (37%) y la moda juvenil se presentó levemente desplazada a la derecha entre los 45-65 con respecto del año 2016 cm



## 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 16 se muestra la gráfica de las funciones estimadas para hembras y machos en el período 2000 – 2016, 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 de merluza del sur estuvo compuesta por individuos de los GE I a XVIII en machos y I a XXIV+ en hembras (**Tablas 13 a 15, Fig. 17**). Los grupos de mayor importancia relativa con aporte sobre el 5% de la estructura correspondieron en los machos a los grupos de edad GEII hasta VI, conformando la moda principal los GEIII y GEIV, situación no registrada en la serie de cruceros realizadas en esta zona, pero si en el mar interior. Este grupo de edades de peces jóvenes, tiene gran relevancia en la estructura y representa el 49% de la abundancia de machos. De forma importante se presenta también (con aporte  $\geq 5\%$  en la estructura) están los grupos de edad X a XIV contribuyendo en 34% de la abundancia de este sexo, con moda secundaria en el GEXI. (**Tabla 13**). En el caso de hembras también se observa una moda en peces jóvenes, pero es de menor intensidad que en machos y se hace presente en el GEIII (7%). Los grupos de edad más adultos y de mayor aporte ( $\geq 5\%$ ) lo comprenden diez grupos en el tramo desde el GEX al GEXIX, dentro de los cuales se destaca el GEXI-XII; GEXVI y GEXIX, con participación mayor a 8% cada uno (**Tabla 14**).

La estructura etaria estimada para el periodo 2000-2016 (**Fig. 17**) 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, 2013 y particularmente en el 2016. Otra característica observada es un aumento en la diferencia entre las edades medianas de la abundancia de machos y hembras del stock (**Fig. 18**). Al respecto, en el período 2000 – 2012 la edad mediana de las hembras 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, y casi 8 años en el presente estudio. Esta abrupta caída del parámetro edad mediana de la abundancia representado en la Figura 18 indica en primer término un ilustrativo ejemplo de las diferencias morfométricas del recurso y como le afectan de forma diferenciada por sexo el grado de explotación y/o condiciones ambientales ecosistémicas en que se desarrolla la población. Particularmente en el caso de los machos, muestra un detrimento notable de la estructura parental registrada en el momento del desove, captado por la visita a la zona en el crucero de prospección.



### 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 50% del total de hembras. Las hembras en proceso de desove activo (EMS 4 y 5) alcanzaron a un 23%. Por otra parte, las hembras en maduración (EMS 3), correspondieron a un 21% de las hembras, la mayoría de ellas en avanzado estado de vitelogénesis y muy próximas a alcanzar la completa madurez (**Fig. 19**). La alta representatividad de las hembras en maduración y el bajo porcentaje de hembras desovadas (12%) permiten concluir que el proceso de desove estaba en pleno desarrollo.

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, estaban presentes exclusivamente 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 (**Fig. 20**).

#### 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. Algunos casos representativos de los diferentes estadios de desarrollo gonadal de la merluza del sur se muestran en la **Figura 21, 22 y 23**, 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 (**Fig. 24**), 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 0,9 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  $3,4 \pm 3,9$  y con valores individuales extremos de 0,1 y 26,0. Por otra parte, 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 y a los peces con gónadas en regresión, junto a 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 1 y 2) el IGS promedio alcanzó a 0,7 (**Fig. 25**). En cambio, en los EMS más avanzados el IGS aumentó de 5,7 en el EMS 3 a 11,4 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, STATISTICA 7.0). Los resultados indicaron que existían diferencias significativas de los valores de los IGS para los distintos EMS, con  $F=354,6$ ;  $gl=855$ ;  $p=0,0000$ . El test post hoc de Tuckey HSD señaló que estas diferencias no eran significativas al comparar entre los EMS 1 y 2.

Para estimar la relación entre la talla de los peces y el valor del IGS, se analizaron los datos con las hembras de merluza del sur separadas en grupos arbitrarios de longitud total. El IGS alcanzó valores promedio menores a 0,7 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 1,5. En las tallas siguientes, el IGS presentó un aumento mayor, llegando en promedio a 7,2 en el grupo de 90-99 cm LT (**Fig. 25**). 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 ( $F=78,73$ ;  $gl=853$ ;  $p=0,0000$ ). 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. En las tallas mayores se encontraron diferencias significativas entre los grupos de 80-89 y 90-99 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, alcanzando los índices valores moderados en 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.

La proporción de individuos maduros y límites de confianza se incluyen en la **Tabla 17** y se muestran gráficamente en la Figura 26. La talla media de madurez en merluza del sur calculada mediante un modelo lineal generalizado fue de 75,5 cm LT, con límites de confianza del 95% iguales a 75,2 y 75,8



cm LT ( $b_0 = -30,0659$ ;  $b_1 = 0,3982$ ; suma de los cuadrados residuales = 0,1044; error estándar residual = 0,0389 con 69 g.l.). El ajuste logístico no lineal correspondió 75,8 cm LT, con límites de confianza de 75,6 y 75,9 cm LT ( $b_0 = -29,5877$ ;  $b_1 = 0,3905$ ). 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 18**.

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 por el ajuste a un modelo lineal generalizado fue 11,7 años ( $b_0 = -10,064$ ;  $b_1 = 0,862$ ; suma de los cuadrados residuales = 0,0302; error estándar residual = 0,03792, con 21 g.l.). La proporción de individuos maduros a la edad se incluye en la **Tabla 19**.

Una estimación paralela de la edad media de madurez histórica para el período 2000-2015, se efectuó utilizándolos estadios de madurez macroscópicos (**Fig. 27 y 28**). 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, como tampoco aquellos 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 (**Fig. 29a**). Para la relación entre la fecundidad modal y LT, el mejor ajuste correspondió a un modelo de potencia, con un  $R^2$  igual a 0,44 (**Fig. 29b**). La fecundidad modal promedio  $\pm$  la desviación estándar fue  $2.495.631 \pm 912.071$  ( $n=100$ ). En la **Tabla 20** 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  $504 \pm 128$  ovocitos. La fecundidad media del total de la muestra alcanzó a  $2.339.158 \pm 267.286$  ovocitos.



#### 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.***

Durante el crucero fueron capturadas e identificadas un total de 13 especies, correspondiendo todas a peces. En la zona de estudio la fauna está compuesta, principalmente, por dos especies: merluza del sur y merluza de cola. Ambas en conjunto representaron alrededor del 97% de la captura obtenida en la zona, seguida en importancia por cojinoba (Fam. Centrolophidae), reineta y merluza de tres aletas. Las restantes especies están presentes en baja proporción y representan en conjunto alrededor del 1% de la captura total obtenida durante el crucero (**Tabla 21 y Fig. 30**). La fauna acompañante de merluza del sur, durante el crucero, estuvo compuesta en casi un 97% por merluza de cola (**Fig. 31 y Tabla 22**), seguida en importancia por cojinoba (Fam. Centrolophidae), las restantes especies en conjunto tuvieron una participación cuya proporción de captura estuvo en torno a 2%.

Según la división del área de estudio, merluza del sur y merluza de cola constituyen el soporte de las comunidades que se asocian a cada una de las subzonas. Merluza de tres aletas estuvo presente en las subzonas, pero en bajas proporciones (**Fig. 32a**). Respecto de la fauna acompañante, la condición es similar a la descrita, con merluza de cola como principal componente, con aportes superiores a 95% en las zonas de Guafo y Guablín y alrededor de 65% en la zona de Taitao (**Fig. 32b**). Las demás especies tuvieron aportes en torno a 1% en Guafo y Guablín, mientras que en la zona de Taitao se observó un aumento en la participación de otras especies con aportes cercano a 11%, aporte que estuvo dado principalmente por miembros de la familia Centrolophidae (cojinobas), reineta y merluza de tres aletas.

##### 5.4.1 Distribución batimétrica y espacial

En la zona de estudio, la profundidad media de distribución estuvo en torno a 270 m. El rango de distribución varió entre una profundidad máxima de 318 m a una profundidad mínima de 200 m. Merluza del sur se localizó a una profundidad media de 267 m, mientras que su fauna acompañante tuvo como profundidad media de distribución los 260 m (**Fig. 33**). Históricamente, la distribución latitudinal de merluza del sur está asociada a toda la zona de estudio, pero con mayor presencia a partir de los 44° de latitud sur, lo que también se observa en merluza de cola (**Fig. 34**). Otras especies como congrio dorado, reineta, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y jibia también se distribuyen en toda la zona, mientras que reineta se concentra en el sector centro (44°S y 45°S) (**Fig. 33**), mientras que otras especies recurrentes como merluza de tres aletas y brótula, presentan un patrón de distribución latitudinal que las localiza al sur de los 45° de latitud sur.



## 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 23**). 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 niveles de similitud superiores a 60% (**Fig. 35**). El grupo 1 lo integran los cruceros realizados en el año 2004-2005, 2008 a 2011 y 2013 a 2016; el grupo 2 reúne los cruceros realizados en los años 2000 a 2002 y los efectuados en 2007 y 2012, mientras que el grupo 3 contiene solo el crucero realizado el año 2003 (**Fig. 34**). El análisis de ordenación, efectuado sobre la matriz de cruceros, muestra concordancia en la formación de estos grupos, al mismo tiempo, que se observa el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades crucero (**Fig. 36a**). La fauna que caracteriza los conglomerados, indica que los grupos principales, 1 y 2, están caracterizados por peces. Merluza del sur y merluza de cola tienen presencia significativa en el grupo 2, mientras que en el grupo 1 se hace significativa la presencia de otros peces como la reineta y jurel, además, de la presencia de jibia. En el grupo 3 estas mismas especies están presentes, sin embargo, éstas no tuvieron una presencia significativa (**Fig. 36b**)

### b) Cruceros-Subzonas

El resultado gráfico del análisis separa tres grupos con niveles de similitud superiores a 60%. Los grupos 2 y 3 presentan las mismas características de distribución espacial, ya que latitudinalmente se distribuyen en toda la zona de estudio abarcando desde 43°30'S hasta 47°00'S (**Fig. 37**). En el grupo 3 presenta una distribución espacial restringida y está acotado a la zona sur del área de estudio, específicamente, entre 45°30'S a 47°00'S, lo que se corresponde con la subzona de Taitao (**Fig. 37**). El análisis de ordenación muestra la equivalencia que existe en la formación de estos conglomerados y la continuidad espacial de éstos (**Fig. 38a**). La fauna que integra los conglomerados 1 y 3 se caracteriza por tener incidencia significativa de especies como reineta, congrio dorado, cojinobas y jibia, mientras que en el grupo 2 la presencia de merluza del sur y merluza de cola es significativa, respecto de las otras especies (**Fig. 38b**).

### c) Cruceros-Veril

El análisis de clasificación discrimina tres conglomerados con similitudes superiores al 50%. La distribución batimétrica de éstos muestra que los grupos 1 y 2 se localizan, preferentemente, entre los veriles de 200 m hasta 400 m de profundidad, mientras que el grupo 3 se localiza, principalmente, a



profundidades mayores de 400 m (**Fig. 39**). El análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados y las entidades que los componen (**Fig. 40a**). La componente de fauna que caracteriza a los conglomerados, indica que las especies se distribuyen en todo el rango de profundidad. Sin embargo, es posible diferenciar dos grupos de especies, uno que se localiza con mayor frecuencia a profundidades mayores de 200 m, como: merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado y brótula, y un segundo grupo que lo componen especies que se asocian más a profundidades que están en torno a los 200 m e inferiores, destacan: reineta y la jibia (**Fig. 40b**).

## 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 527 estómagos estudiados, 289 presentaron algún tipo de contenido. La merluza austral presentó una buena distribución estómagos con contenido (55%) (**Fig. 41**).

### b) Alimentación de *Merluccius australis*

La merluza austral exhibió una dieta basada en 11 especies presas (**Tabla 24**), basada casi exclusivamente *Macruronus magellanicus*, con un 72,2% de GI. Los otros ítems en orden de importancia son: peces mictófidios con un 6,5% de GI y *Mauroliticus parvipinnis* 4,3% GI. En términos de Número, Peso y Frecuencia, *M. magellanicus* es la presa de mayor importancia para la merluza austral, superando el >60%. Cuando se hace la comparación entre las categorías mayores, nuevamente *M. magellanicus* (MG) fue la presa de mayor importancia con un 72,2%, seguido por camarones (CAM) con un 21,5 y peces mesopelágicos (MESOP) con un 20,6% (**Tabla 25**). Cabe destacar que el canibalismo, representado por merluzas australes >30cm, correspondió a un 1,5%.

La alimentación por sexos de merluza austral estuvo dominada por *Macruronus magellanicus* (**Tabla 26**). Para los machos se encontró que *M. magellanicus* llegó a un 68,7% de contribución dietaria, seguida por el camarón *Sergestes arcticus* con un 14% y los mictófidios con un 6,1%. Por otro lado, las hembras mostraron una predación sobre *M. magellanicus* de 60,6%, seguido por *S. arcticus* con 8,1% y mictófidios con un 5,2% (**Tabla 27**). Sólo en hembras se observó canibalismo con un 0,8%. Los análisis estadísticos dan cuenta una alimentación similar, sin diferencias significativas entre los sexos (U=54,5; p=0,71637).

En cuanto a la alimentación por tamaños de merluza austral (**Tabla 28**), los resultados mostraron que G1 se alimentó en 33,4% de *M. magellanicus* y un 30,1% de *S. arcticus* como principales ítems. Por su parte G2, se alimentó en un 71,5% de *M. magellanicus*, seguido del camarón *S. arcticus* con un



11,5%, mientras que los mictófididos aportaron un 7,3% (**Tabla 29**). Para el grupo G3 se observó un aumento de la contribución de merluza de cola a un 86,7% y una disminución del consumo de camarones (**Tabla 30**) Se destaca la presencia de canibalismo en el grupo de talla G1 con un 8,6% de *Merluccius australis*. El test  $\chi^2$  de Kruskal-Wallis mostró que la dieta por en los distintos grupos de talla no presenta diferencias significativas evidenciando similitud de la alimentación con  $\chi^2= 2,85$ ;  $p=0,2362$ .

### 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  $\delta^{13}\text{C} -16.5 \pm 3.04$ . **La Figura 42** muestra la distribución de *Merluccius australis* y sus presas para el ecosistema de aguas exteriores, graficado para cada grupo de tamaño. En la Figura se observa que *M. australis*, depreda sobre todas las presas, aunque la distribución de los puntos se encuentra principalmente orientada a la merluza de cola (MCO), peces mesopelágicos (MESOP) y camarones (CAM). Esto refleja que la merluza del sur presentó un tipo de alimentación de comportamiento bento-demersal.

Según la estabilidad isotópica (IC 95%), la merluza austral se alimentó de un 72,3% de merluza de cola (MG), confirmando la importancia de *M. Magellanicus* en la dieta de merluza del sur. Seguido por los ítems presa MESOP y CAM con un 12,4% y 10,8% respectivamente. Mientras las presas M3A y EUF aportaron valores <5%.

## 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 195 agregaciones de merluza de cola y merluza del sur en su conjunto. Esta información proviene de las transectas de prospección acústica del crucero realizado en agosto del 2016. La **Tabla 31** entrega los estadísticos estimados de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones registradas durante el crucero.

#### 5.6.1.1 Descriptores morfológicos

Los resultados de los descriptores de forma de las agregaciones de merluza del sur y merluza de cola registradas en el área de estudio (**Tabla 31**) muestran una fuerte variabilidad que se expresan en coeficientes de variación superiores al 99% y que supera el 100% en los descriptores largo, perímetro y área con la única excepción de la dimensión fractal que presenta la menor variabilidad con un 5,3%, situación que se ha venido observando en los últimos años.



### 5.6.1.2 Descriptores batimétricos

La profundidad promedio en que se ubicaron las agregaciones fue de 304 m (CV = 33,1%), distribuyéndose en la columna de agua entre los 101 y 493 m de profundidad. La profundidad del fondo varió entre 108 y 988 m, con promedio en 450 m (CV= 48,2%). El descriptor Índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo registró en promedio un 24,5% (CV = 86,9%), variando la distancia de las agregaciones al fondo entre un 0,4% y 79% de la profundidad del fondo, siendo los valores más altos asociados a los mayores rangos batimétricos (**Tabla 31**).

### 5.6.1.3 Descriptores de energía

Estos indicadores presentan una alta variabilidad expresados en coeficientes de variación superiores a 100. Los valores de NASC de las agregaciones fluctuaron entre 100 y 112.273 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> con un valor medio de 1.773 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> (CV=476%), mientras que la densidad acústica obtenida como una medida de estandarización de la energía retrodispersada de las agregaciones respecto a su área, varió entre 2,4 y 252 con un promedio de 9,0 NASC\*100/m<sup>2</sup> (CV=235%) (**Tabla 31**).

## 5.6.2 Resultados de los descriptores según zonas y cañones.

### 5.6.2.1 Zona de cañones

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las 195 agregaciones detectadas y separadas por “zona dentro de cañones” y “zona fuera de cañones” se entrega en la **Tabla 32**. En la **Figura 42** se entregan el valor promedio y desviación estándar de los estimadores.

La **Tabla 33** entrega los resultados de la Andeva al desagregar las agregaciones según su ubicación en “zona dentro de cañones” y “zona fuera de cañones”. Dentro de los descriptores morfológicos solamente las variables alto y elongación presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones. En el caso de los batimétricos todos ellos (profundidad agregación, profundidad del fondo e índice de altura) rechazan la hipótesis de igualdad, mientras que ambos descriptores de energía aceptan  $H_0$ , lo que significa que no presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones. El valor promedio de energía retrodispersada fue mayor en la zona dentro de cañones (2.594 vs 977 NASC), no obstante el test indicó la aceptación de la  $H_0$  lo que se explica debido a la alta variabilidad en los valores registrados (**Fig. 43**).

Los resultados obtenidos al analizar las agregaciones registradas en los cañones 1, 2 y 3, respectivamente, se presentan en la **Tabla 34** y **Figura 43**. La resultante de comparar los valores por cañón se entrega en la **Tabla 35** de ésta se desprende que la variable dimensión fractal y las variables batimétricas presentan diferencias significativas entre cañones, ubicándose las agregaciones a mayor profundidad promedio en el cañón 2. La mayor profundidad del cañón 1 y el hecho que las



agregaciones tienden a mantenerse dentro de un rango batial, hace que el índice de altura alcance en este cañón su mayor valor (**Fig. 44**).

### 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 36** y **Figura 45**, destacando la alta variabilidad observada en la mayoría de ellos y de los cuales solo las variables dimensión fractal, profundidad del fondo e índice de altura presentaron diferencias significativas entre zonas (**Tabla 37**).

### 5.6.2.3 Sub-división según profundidad del fondo

La **Tabla 38** entrega los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas según rango de fondo. El resultado del análisis de varianza (**Tabla 39**) muestra que las variables elongación, dimensión fractal, profundidad de la agregación, profundidad del fondo e índice de altura presentaron diferencias significativas, aunque se debe indicar que aquellas estadísticamente similares presentan una alta variabilidad que las convierte en poco informativas (**Fig. 46**).

### 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 40** en donde se aprecia que las asociaciones más fuertes se presentan entre las variables perímetro-área ( $r=0,904$ ), alto-área ( $r=0,794$ ), fondo-índice altura ( $r=0,791$ ), largo-perímetro ( $r=0,789$ ) y largo-área ( $r=0,767$ ).

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



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

De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), se seleccionaron los tres primeros componentes que cumplen tal condición, los cuales explicaron en conjunto el 82,4% de la variabilidad total. La **Tabla 41** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de los nueve componentes. La **Tabla 42** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

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

En la **Figura 47** se muestra la representación gráfica de los dos componentes principales, apreciándose que existe un grupo de agregaciones asociadas al componente 1 que presentan como características ser de gran envergadura (valor alto de área) asociadas a valores mayores del largo, del perímetro, del alto y de la energía retrodispersada que se ubican en sectores poco profundos y cercanos a este. El segundo componente presenta como característica agrupaciones con contorno desigual o complejo ubicadas en zonas de mayor profundidad y alejadas del fondo, con niveles de área menores y bajo valores de NASC, además, se observa en este componente una relación inversa entre la elongación con los descriptores batimétricos profundidad de la agregación, profundidad del fondo e índice de altura, reflejando que agregaciones con alta relación de aspecto (largo/alto) se ubican en zonas de gran fondo y lejanas a este.



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el presente estudio muestran que el stock de merluza del sur presentó incrementos en comparación a los años previos, valores que las ubican en el rango superior de las estimaciones realizadas desde el 2004 a la fecha.

Como ha sido recurrente en los estudios de evaluación directa realizados en el período 2000-2016, la composición demográfica del stock presentó una participación de individuos adultos o desovantes que efectuaron el mayor aporte en abundancia y biomasa del stock. En términos relativos, la fracción desovante también se ubica en el nivel superior de los valores observados en la última década, manteniendo el aumento experimentado en el último trienio. La alta presencia de desovantes estaría en concordancia con el proceso biológico del stock, 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, ésta no ha registrado grandes cambios en el período 2001-2016, destacándose en general una relativa homogeneidad de la estructura de talla en el área de estudio con una fracción adulta presentando una moda habitual entre 70-99 cm y escasa presencia de juveniles, teniéndose presente la existencia de una reducción de la biomasa en el área (Quiroz *et al.*, 2014). Sin embargo, en 2016 se registró un importante aporte de ejemplares juveniles (31%) con moda entre 30-49 cm, presencia de juveniles ha sido observada en cruceros de investigación anteriores, como los años 2007, 2008 y 2013, es decir en un período de 10 años en 4 de ellos se ha registrado presencia de merluzas del sur juveniles, individuos cuya presencia es habitual en el mar interior y ocasionalmente se les registra en el el mar exterior. En particular la mayor presencia de juveniles en 2016 fue registrada en el cañón Guamblín (83% menores a 70 cm), condición que también fue observada los años 2007, 2008 y 2013 (Lillo *et al.*, 2008, 2009 y 2014). La reiteración de la presencia de juveniles en el cañón Guamblín podría estar indicando un cambio en la distribución espacial de la fracción adulta-desovante en el período reproductivo, pues previo al 2008 esta era un área habitual de presencia de adultos durante el desove (Lillo *et al.*, 2008).

La mayor presencia de individuos en los últimos años, parecería deberse a una condición del stock, pues de haberse debido a un impacto tecnológico, como un cambio en el rango de selección del sistema de pesca, este debió impactar sobre ambos sexos y no solamente sobre los machos.

También 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 cefalopodos, 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*) y merluza de tres aletas.

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).



## 7. CONCLUSIONES

---

- a. La abundancia de la merluza del sur se estimó en 22.016.685 individuos de los cuales 5.089.738 correspondieron a machos y 16.926.947 a hembras estimados mediante el estimador geoestadístico.
- b. La biomasa total de merluza del sur se estimó en 67.264 toneladas con un intervalo de confianza ( $\alpha=5\%$ ) entre 62.904 y 71.623 t mediante el estimador geoestadístico y de 65.785 t e intervalo de confianza entre 61.304 y 70.266 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 8.600 t de machos y 58.664 t de hembras,
- c. La biomasa desovante se estimó en 53.305 toneladas lo que representó el 79% del stock evaluado, mientras que la abundancia desovante alcanzó a 11.578.315 individuos equivalentes al 52% de la abundancia presente en el área de estudio.
- d. La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza del sur se localizó en la latitud  $44^{\circ}56'S$  e Inercia de 0,74, manteniéndose en el rango de los valores observados en estudios previos, donde se han estimado centros de gravedad entre los  $44^{\circ}55'S$  y  $45^{\circ}25'S$ .
- e. La estructura de talla de merluza del sur registró una moda principal de individuos entre 70 y 99 cm que estuvo presente en toda el área de estudio una secundaria de ejemplares juveniles entre 30 y 39 cm.
- f. La estructura de talla de merluza del sur entre el 2001 y 2016 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.
- g. La estructura etaria estuvo compuesta por ejemplares de los GE I a XXIV+ en hembras y I a XVIII en machos, siendo los mayores aportantes las clases que comprenden los GE X a XIX que aportaron el 62% de la abundancia y de manera secundaria los GE III y IV, individuos que no es común registrar en el área de estudio durante el período del mismo.
- h. El 50% 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.



- i. 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.
- j. La talla media de madurez en merluza del sur estimada mediante el método de máxima verosimilitud con un ajuste no lineal fue de 75,5 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 11,7 años.
- k. La captura obtenida en los lances de pesca de identificación estuvo compuesta por 13 especies de peces. La merluza de cola y la merluza del sur contribuyeron con el 97%. La fauna acompañante de los recursos merluza del sur y merluza de cola, representa en conjunto el 3% de la captura total del crucero con merluza de tres aletas como la principal especie.
- l. 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.
- m. 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.



## 8. 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
- Balbontín, 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.
- Balbontín, 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.
- Balbontín, F. 2006. Ictioplancton de los canales y fiordos australes, Chile. In Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas. Puerto Montt a Cabo de Hornos. N. Silva y S. Palma. eds. Comité Oceanográfico Nacional. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 115-120 pp.
- Bernal, R., Balbontín F. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, y factores ambientales asociados. Cienc. Tecnol. Mar, 22: 155-164. Bernal, M., Balbontín 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 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 y 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 y 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, y J. B. O'Gorman. 1995. Efficiency and bias of estimators and sampling designs for determining length-weight relationships of fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 84 - 92.
- Hunter, J.R., N.H. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (Ed) *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. NOAA Technical Report, NMFS 36: 67-77.
- Hussey, N. E., 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 y 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 bleam (F). 211 p.
- McCullagh, P. and J. A. Nelder. 1989. *Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall, 511 págs.
- 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 y M Aguayo. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes-Merlucciidae). 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](http://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, y R. Escobar. 2008. Caracterización de agregaciones de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona centro-sur de Chile. LAJAR, 36 (2), 259-269.
- R Core Team. 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.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fishery Bulletin 97: 570-580.
- Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G. y Franz, E. H. 1992. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs 62: 277-314.
- Robotham, H. y J. Castillo. 1990. The bootstrap method; an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by 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 monospecificues. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer. 235 p.
- Simmonds, J., y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustic. Chapman y 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.

# **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.

<b>Año</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Especie</b>	<b>Biomasa (t)</b>	<b>Abundancia (N°)</b>
1992	FIP 92-02	Merluza del sur	31.250	-
1994	FIP 93-04	Merluza del sur	23.123	7.650.000
1996	FIP 96-38	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	53.200	11.789.000
2005	FIP 2005-04	Merluza del sur	43.763	10.764.418
2007	FIP 2007-12	Merluza del sur	55.632	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
2015	ASIPA 2015	Merluza del sur	50.319	13.781.425



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

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

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

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



**Tabla 4**  
Datos operacionales de los lances de pesca de identificaci3n.

Lance	Fecha	Calado		Virado		Profundidad red (m)	Duraci3n (hora)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)				Captura (kg) total lance	Proporci3n (%) lance					
		Hora	Latitud	Longitud	Hora						Latitud	Longitud	Merluza del sur	Merluza de cola		Merluza tres aletas	Otras	Merluza del sur	Merluza de cola	Merluza tres aletas	Otras
1	04-08-2016	0509	43°40,2'	75°05,6'	0543	43°42,2'	75°07'	188	0,6	220	3,7	2,2	152	659		11	822	18,5	80,2		1,3
2	04-08-2016	1838	43°49,7'	75°06,7'	1908	43°50,6'	75°08,8'	292	0,5	228	3,3	1,8	229	2.771			3.000	7,6	92,4		
3	05-08-2016	0016	43°55,6'	75°14,4'	0101	43°57,9'	75°15,8'	305	0,8	181	3,4	2,5	61	336	1	28	426	14,4	78,9	0,1	6,6
4	05-08-2016	0458	44°05'	74°56,4'	0526	44°05'	74°54,1'	270	0,5	120	3,0	1,7	112	230	0	22	365	30,7	63,2	0,1	6,1
5	05-08-2016	1844	44°14,6'	75°08,6'	1918	44°13'	75°10,1'	296	0,6	320	3,4	1,9	851	1.595	0	6	2.453	34,7	65,0	0,0	0,3
6	06-08-2016	0504	44°12,1'	74°46,2'	0526	44°12,5'	74°47,9'	245	0,4	248	3,9	1,3	1.250	6.729		33	8.012	15,6	84,0		0,4
7	06-08-2016	1921	44°19,9'	75°21,5'	1951	44°21,5'	75°21'	264	0,5	180	3,8	1,7	493	376	2	26	896	55,0	42,0	0,2	2,9
8	07-08-2016	0418	44°32,4'	75°20,6'	0451	44°30,8'	75°20,1'	291	0,6	025	3,8	1,7	88	15		5	107	81,8	14,0		4,2
9	07-08-2016	1837	44°44,4'	75°30,2'	1910	44°43,1'	75°28,3'	303	0,6	025	3,5	1,9	220	25	5	5	256	86,0	10,0	2,0	2,1
10	08-08-2016	0131	44°55'	75°26,4'	0158	44°56,4'	75°25,2'	256	0,5	145	3,3	1,6	407	838			1.245	32,7	67,3		
11	08-08-2016	1853	45°07,5'	75°24'	1933	45°05,4'	75°24,9'	264	0,7	342	3,3	2,3	168	24			192	87,3	12,7		
12	08-08-2016	2325	45°05,4'	74°56,3'	2338	45°05,7'	74°57,5'	332	0,2	276	3,0	0,9	221	8.705		74	9.000	2,5	96,7		0,8
13	10-08-2016	0248	45°15'	74°58,7'	0310	45°15'	75°00,4'	249	0,4	269	3,5	1,2	686	832		15	1.533	44,8	54,3		0,9
14	10-08-2016	0601	45°20,6'	75°28,6'	0631	45°22,2'	75°28,5'	273	0,5	187	3,5	1,7	981	55	7	4	1.048	93,7	5,3	0,7	0,4
15	10-08-2016	1833	45°30,2'	75°28,2'	1850	45°30,7'	75°29,6'	251	0,3	282	3,6	1,1	239	27	4	35	304	78,5	8,9	1,3	11,4
16	11-08-2016	0100	45°40,4'	75°33,4'	0129	45°41,8'	75°34,6'	311	0,5	215	3,7	1,7	356	501	6	8	870	40,9	57,6	0,6	0,9
17	11-08-2016	0703	45°52,3'	75°35'	0739	45°54,1'	75°35,8'	280	0,6	195	3,6	1,9	211	22			234	90,4	9,6		
18	11-08-2016	1830	46°05,1'	75°28,8'	1909	46°03'	75°29,5'	262	0,6	359	3,8	2,2	406	60	7	13	486	83,6	12,3	1,5	2,7
19	12-08-2016	0428	46°13,8'	75°28,6'	0435	46°14,1'	75°29'	299	0,1	215	3,1	0,4	167	26			193	86,4	13,6		
20	12-08-2016	1748	46°22,6'	75°35,6'	1818	46°21,7'	75°33,3'	95	0,5	056	3,7	1,8				117	117				100,0
21	12-08-2016	2136	46°21,9'	75°27,5'	2212	46°19,9'	75°27,2'	260	0,6	003	3,4	2,0	121	239	7	5	373	32,5	64,0	2,0	1,4
22	13-08-2016	0202	46°24,6'	75°38,9'	0242	46°22,9'	75°37'	330	0,7	020	3,2	2,2	119	76	23	5	223	53,3	33,9	10,4	2,3
23	13-08-2016	0618	46°28,6'	75°38,2'	0700	46°30,8'	75°38,1'	288	0,7	195	3,5	2,3	171	64	57	2	293	58,2	21,9	19,3	0,6
24	13-08-2016	2145	46°34,5'	75°38,6'	2215	46°33'	75°38,7'	230	0,5	360	3,3	1,5	73	210	31	2	316	23,2	66,4	9,8	0,5
25	14-08-2016	0243	46°40,1'	75°42,1'	0310	46°41,5'	75°42,7'	226	0,5	186	3,2	1,5	35	105	28	179	347	10,1	30,3	8,0	51,6
26	14-08-2016	0708	46°50,3'	75°39,6'	0738	46°48,9'	75°40,7'	272	0,5	330	3,4	1,6	24	126	2	3	154	15,3	81,6	1,2	1,9
27	14-08-2016	2140	46°54,8'	75°39,8'	2212	46°56,7'	75°39,1'	250	0,5	205	3,5	2,0	85	247	15	21	368	23,1	67,1	4,0	5,8
28	15-08-2016	0106	46°59,9'	75°33,2'	0139	46°59,1'	75°35,7'	121	0,6	274	3,4	1,9	27	123	1	492	644	4,2	19,1	0,2	76,5
												<b>Captura (kg) total</b>	<b>7.955</b>	<b>25.018</b>	<b>195</b>	<b>1.109</b>	<b>34.278</b>				
												<b>Proporci3n (%)</b>	<b>23,2%</b>	<b>73,0%</b>	<b>0,6%</b>	<b>3,2%</b>					



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

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



**Tabla 6.**

Escala de madurez sexual para merluza del sur, *Merluccius australis*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada por Balbontín y Bravo (1993). Se indica la numeración utilizada en la escala del IFOP y entre paréntesis el número original de la escala.

<p>1(1) <b>Virginal:</b> 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.</p>
<p>2 (2) <b>Inmaduro:</b> 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.</p>
<p>3 (3) <b>En maduración:</b> 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.</p>
<p>4 (3A) <b>En maduración, desove parcial reciente:</b> 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.</p>
<p>5 (4) <b>Maduro:</b> 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.</p>
<p>6 (5) <b>En regresión:</b> 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.</p>



**Tabla 7**

Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos.  
FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.

<b>Estadio gonadal</b>	<b>Caracterización histológica del parénquima gonadal</b>
I Virginal	Parénquima representado por ovocitos premeióticos (ovocitos primarios en leptoteno) citoplasma basófilo, escaso, núcleo cromatínico. Lumen amplio y lamelas pequeñas de base ancha.
II Inmaduro	Lamelas largas, delgadas e interdigitadas invaden el lumen. Ovocitos de reserva no vitelados rodeados de una fina lámina células foliculares. VG central con numerosos nucléolos esféricos y periféricos. Citoplasma finamente granular altamente basófilo.
III Alveolo Cortical	Presencia de ovocitos con vesículas en el citoplasma cortical de diferente diámetro, cuyo contenido es producto de síntesis del ovocito. Citoplasma ligeramente basófilo. Externamente se visualiza una delgada zona radiata y células foliculares de plano a cúbicas. La presencia de vesículas corticales indica el debut de la actividad ovocitaria endógena.
IV Parcialmente Vitelado	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositación de vitelo, sin abarcar más de 3/4 partes del citoplasma. Destaca la presencia de vesículas periféricas. VG esférica central multinucleolar. Zona radiata delgada.
V Vitelado	Citoplasma eosinófilo, cargado de glóbulos de vitelo. VG central multinucleolar. Zona radiata desarrollada. Células foliculares cúbicas bajas con núcleo central esférico y citoplasma claro.
VI Migrante	Citoplasma vitelado. VG periférica o ausente por reinicio de la meiosis.
VII Hidratado (Hialino)	Aumento considerable del diámetro ovocitario por ingreso de líquido. Disolución 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 vitelación.
IX Post Desove	Lamelas con predominio de ovocitos no vitelados (de reserva) y escasos ovocitos vitelados residuales, atresias folicular alfa y beta. Eventualmente folículos postovulatorios de estadio 5 o más.



**Tabla 8**

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

Subzona	Dirección	Modelo ajustado	Parámetros ajustados			Bondad ajuste	Predicción espacial	
			Sill	Rango	Nugget	sse	Media Kriging	Varianza
Zona total	Omni dirección	Exponencial	2,30E+05	0,48	0	15,90	127,08	252,67
		Esférico	2,30E+05	0,48	0	15,37	127,55	236,37

**Tabla 9**

Estimados de abundancia de merluza del sur.

Sexo	Total (N°)	Desovante
Machos	5.089.738	1.229.517
Hembras	16.926.947	10.346.315
Total	22.016.685	11.578.315

**Tabla 10**

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

Método	Área (mn <sup>2</sup> )	Biomasa (t)	Desovante (t)
Bootstrap	1.864	65.785 [61.304 – 70.266]	52.133
Geoestadístico	1.864	67.264 [62.904 – 71.623]	53.305



**Tabla 11**  
Estimaciones del tamaño del stock, peso promedio y proporción sexual, cruceros de merluza del sur 2000-2016.

Merluza del sur																
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
B (x103)	133,8	100,4	50,4	84,3	53,2	42,5	55,6	59,7	65,3	51,5	60,4	51,3	42,8	49,3	50,3	67,3
A (x106)	36	27	14	21	12	10	16	21	19	14	16	14	14	13	14	22
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	3.842	3.651	3.055
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	23 : 77
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	13 : 87
B=biomasa (t)                      A=Abundancia (nº de ejemplares)                      wprom= (B/A)																

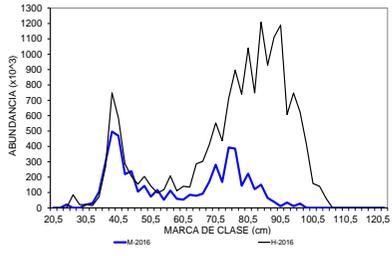
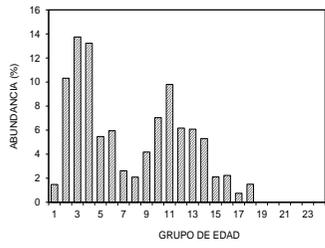
**Tabla 12**  
Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur, crucero de evaluación agosto del 2016.

Sexo	Parámetros	Merluza del sur
<b>Machos</b>	<b>a</b>	0,004822003
	intervalo	0,0040377                      0,0057586
	<b>b</b>	3,069239625
	intervalo	3,0251632                      3,1133161
	<b>N</b>	358
	<b>r<sup>2</sup></b>	0,981
<b>Hembras</b>	<b>a</b>	0,002537378
	intervalo	0,0022121                      0,0029104
	<b>b</b>	3,227481331
	intervalo	3,1957583                      3,2592044
	<b>N</b>	946
	<b>r<sup>2</sup></b>	0,977
<b>Ambos</b>	<b>a</b>	0,003158257
	intervalo	0,0028653                      0,0034811
	<b>b</b>	3,176215906
	intervalo	3,1532851                      3,1991467
	<b>N</b>	1304
	<b>r<sup>2</sup></b>	0,983



**Tabla 13.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, machos. Crucero de evaluación 2016.  
(Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).

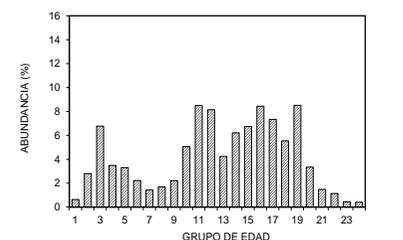
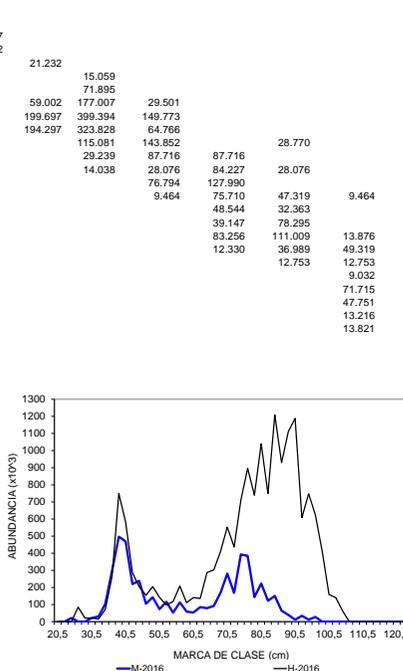
TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24+		
20 - 21																											
22 - 23																											
24 - 25	21.232	21.232																									
26 - 27																											
28 - 29																											
30 - 31	21.232	21.232																									
32 - 33	30.117	30.117																									
34 - 35	103.344	11.483	57.413	22.965	11.483																						
36 - 37	296.797	24.733	123.665	123.665	24.733																						
38 - 39	496.270	17.724	177.239	230.411	70.896																						
40 - 41	469.171	99.521	213.259	156.390																							
42 - 43	219.312		54.828	164.494																							
44 - 45	238.989		15.893	31.785	95.356	79.463	15.893																				
46 - 47	104.940		11.660	58.300	34.980																						
48 - 49	142.739		10.980	76.859	54.900																						
50 - 51	73.164				51.215	14.833	7.316																				
52 - 53	115.506			14.563	43.690	43.690	14.563																				
54 - 55	52.796				6.598	39.590	6.598																				
56 - 57	112.666					90.132	22.533																				
58 - 59	58.899				7.362	22.087	14.725	14.725																			
60 - 61	53.410					17.803	11.869	11.869	11.869																		
62 - 63	84.907					15.438	15.438	30.875	15.438																		
64 - 65	78.661					9.833	19.665	9.833	39.331	7.719																	
66 - 67	91.807					20.401	20.401		51.004																		
68 - 69	169.259					13.020		26.040	52.080	26.040																	
70 - 71	280.572							17.536	140.296	105.215	17.536																
72 - 73	166.059							72.025	96.034																		
74 - 75	392.942							13.098	52.392	183.373	78.588	13.098	39.294														
76 - 77	385.116								21.395	64.186	149.767	149.767															
78 - 79	143.822							11.985	11.985	23.970																	
80 - 81	222.783										18.965	74.261	74.261	37.131	11.985												
82 - 83	121.728										13.525	67.627	37.626	27.051	18.565												
84 - 85	150.506																										37.626
86 - 87	64.603																										
88 - 89	39.173																										
90 - 91	11.243																										11.243
92 - 93	34.396																										
94 - 95	11.668																										
96 - 97	27.518																										
98 - 99																											
100 - 101																											
102 - 103																											
104 - 105																											
106 - 107																											
108 - 109																											
110 - 111																											
112 - 113																											
114 - 115																											
116 - 117																											
118 - 119																											
120 - 121																											
122 - 123																											
TOTAL	5.088.738	75.171	525.081	699.555	673.064	278.208	302.520	133.109	106.440	212.339	357.883	498.817	313.938	309.360	269.492	107.059	113.532	37.783	76.388								
PORCENTAJE		1,48	10,32	13,74	13,22	5,47	5,94	2,62	2,09	4,17	7,03	9,80	6,17	6,08	5,29	2,10	2,23	0,74	1,50								
TALLA PROM. (cm)		33,28	37,48	39,50	42,79	48,51	56,88	59,62	64,85	67,50	71,65	73,41	76,39	78,30	81,63	83,72	85,54	90,35	89,71								
VARIANZA		31,84	8,16	6,98	13,17	11,82	30,09	25,01	24,02	17,30	8,08	6,11	5,96	6,46	12,54	6,14	26,44	7,68	30,07								
PESO PROM (g)		247,2	332,4	388,8	501,1	731,6	1.208,4	1.386,6	1.787,6	2.008,7	2.396,2	2.577,5	2.911,3	3.140,6	3.579,0	3.854,7	4.153,9	4.872,8	4.808,7								





**Tabla 14.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, hembras. Crucero de evaluación 2016.  
(Abundancia Total= 408.942.914 Ejemplares; Machos= 201.138.794; Hembras= 207.804.120).

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	84.927	84.927																							
28 - 29	21.232	21.232																							
30 - 31		21.232																							
32 - 33	15.059																								
34 - 35	71.895		15.059																						
36 - 37	265.511	59.002	177.007	29.501																					
38 - 39	748.864	199.697	399.394	149.773																					
40 - 41	582.891	194.297	323.828	64.766																					
42 - 43	287.703		115.081	143.852			28.770																		
44 - 45	204.670		29.239	87.716	87.716																				
46 - 47	154.415		14.038	28.076	84.227	28.076																			
48 - 49	204.784			76.794	127.990																				
50 - 51	141.957			9.464	75.710	47.319	9.464																		
52 - 53	97.089				48.544	32.363			16.181																
54 - 55	117.442				39.147	78.295																			
56 - 57	208.141				83.256	111.009	13.876																		
58 - 59	110.968				12.330	36.989	49.319	12.330																	
60 - 61	140.278					12.753	63.763	12.753	25.505	12.753															
62 - 63	135.481						9.032	90.321	27.096	9.032															
64 - 65	286.850						71.715	57.372	71.715	71.715	14.343														
66 - 67	302.426						47.751	47.751	127.337	63.669				15.917											
68 - 69	409.683						13.216	13.216	105.725	132.156	105.725	39.647													
70 - 71	552.838						13.821	13.821	207.314	248.777	69.105														
72 - 73	436.953								129.905	177.143	118.095	11.810													
74 - 75	711.178								77.302	293.747	293.747	30.921	15.460												
76 - 77	896.639								106.749	298.896	298.896	149.448	42.699												
78 - 79	739.486								180.763	213.629	49.299	82.165	82.165	16.433											
80 - 81	1.039.680								70.487	193.839	229.082	264.325	193.839	70.487	17.622										
82 - 83	748.178								100.716	143.880	201.432	158.268	57.552	43.164	14.388	28.776									
84 - 85	1.208.811								15.905	15.905	47.716	254.486	334.013	365.824	95.432	79.527									
86 - 87	928.784								18.955	18.955	37.910	132.683	75.819	227.457	284.322	18.955	94.774	18.955							
88 - 89	1.111.096											19.157	153.255	287.353	268.196	229.882	153.255								
90 - 91	1.188.913											17.231	103.384	241.229	189.537	206.767	344.612	34.461	34.461						
92 - 93	607.382											20.246	40.492	40.492	60.738	161.968	80.984	20.246							
94 - 95	747.831													54.719	72.959	182.398	237.117	91.199	54.719	36.480					
96 - 97	623.538														46.188	46.188	230.940	161.658	23.094	69.282	23.094				
98 - 99	409.740														25.609	51.218	153.653	51.218	25.609	51.218	51.218				
100 - 101	158.542															17.616	35.232	35.232	35.232	35.232	35.232				
102 - 103	140.667															28.133	28.133	28.133	28.133	28.133	28.133				
104 - 105	63.134																63.134	63.134	63.134	63.134	63.134				
106 - 107																									
108 - 109																									
110 - 111																									
112 - 113																									
114 - 115																									
116 - 117																									
118 - 119																									
120 - 121																									
122 - 123																									
TOTAL	16.926.947	106.158	474.228	1.145.541	589.940	558.920	375.573	240.946	284.752	374.628	856.212	1.437.494	1.378.452	718.305	1.049.886	1.141.235	1.427.278	1.241.676	935.810	1.440.327	564.974	249.628	192.211	74.312	68.458
PORCENTAJE	0,63	2,80	6,77	3,49	3,30	2,22	1,42	1,68	2,21	5,06	8,49	8,14	4,24	6,20	6,74	8,43	7,34	5,53	8,51	3,34	1,47	1,14	0,44	0,40	
TALLA PROM. (cm)	26,9	38,7	39,1	42,4	50,0	53,5	62,9	63,2	65,7	70,7	74,4	76,6	80,5	82,7	84,6	86,6	89,0	91,5	92,8	96,5	97,0	97,4	97,9	97,5	
VARIANZA	0,64	4,96	6,20	13,35	16,99	21,15	21,03	6,21	12,74	17,42	16,25	14,62	14,95	11,23	13,80	14,10	14,87	19,24	15,56	18,79	17,65	3,97	0,86	22,94	
PESO PROM (g)	104,8	342,2	353,7	464,4	792,2	985,9	1.653,7	1.656,8	1.887,0	2.395,0	2.811,8	3.090,4	3.618,4	3.948,3	4.246,9	4.581,5	5.004,6	5.472,7	5.721,7	6.500,0	6.607,1	6.650,9	6.752,0	6.713,7	





**Tabla 15**  
Abundancia por grupo de edad y desviación estándar por sexo y proporción por grupo de edad.  
Crucero agosto 2016.

GE	Machos		Hembras		Ambos	
	Número	s.d.	Número	s.d.	Número	%
I	75.171	27.483	106.158	6.197	181.329	0,8
II	525.081	75.368	474.228	120.487	999.309	4,5
III	699.555	93.772	1.145.541	156.606	1.845.096	8,4
IV	673.064	88.480	589.940	127.457	1.263.005	5,7
V	278.208	50.428	558.920	82.809	837.128	3,8
VI	302.520	49.399	375.573	63.623	678.093	3,1
VII	133.109	38.498	240.946	54.297	374.056	1,7
VIII	106.440	30.593	284.752	52.368	391.192	1,8
IX	212.339	43.919	374.628	66.423	586.967	2,7
X	357.883	63.663	856.212	111.068	1.214.095	5,5
XI	498.817	75.513	1.437.494	151.041	1.936.312	8,8
XII	313.938	66.595	1.378.452	153.023	1.692.390	7,7
XIII	309.360	65.399	718.305	111.834	1.027.665	4,7
XIV	269.492	65.048	1.049.886	135.159	1.319.379	6,0
XV	107.059	47.776	1.141.235	143.278	1.248.294	5,7
XVI	113.532	32.163	1.427.278	163.548	1.540.810	7,0
XVII	37.783	13.221	1.241.676	154.714	1.279.459	5,8
XVIII	76.388	37.826	935.810	135.317	1.012.198	4,6
XIX	0	0	1.440.327	167.549	1.440.327	6,5
XX	0	0	564.974	101.970	564.974	2,6
XXI	0	0	249.628	71.122	249.628	1,1
XXII	0	0	192.211	63.289	192.211	0,9
XXIII	0	0	74.312	42.075	74.312	0,3
XXIV+	0	0	68.458	40.400	68.458	0,3
Tot	5.089.738	297.103	16.926.947	988.077	22.016.685	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 2016. LT, longitud promedio; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.

Período	N lances	N hembras maduras	LT hembras maduras (cm)	% EMS 3	% EMS 4+5	% EMS 6	IGS
Agosto							
4 al 7	9	221	88,5	23,2	29,7	12,1	6,5
8 al 11	9	127	88,1	8,0	21,2	11,5	6,3
12 al 15	9	84	87,3	15,4	14,4	10,6	4,7



**Tabla 17**

Proporci3n de hembras maduras a la talla y l3mites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2016, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.

LT (cm)	Proporci3n maduras	L3mite Inferior	L3mite Superior	LT (cm)	Proporci3n maduras	L3mite Inferior	L3mite Superior
33	0	0	0	70	0,1	0,06	0,14
34	0	0	0	71	0,14	0,09	0,2
35	0	0	0	72	0,2	0,14	0,26
36	0	0	0	73	0,27	0,2	0,34
37	0	0	0	74	0,35	0,28	0,43
38	0	0	0	75	0,45	0,38	0,52
39	0	0	0	76	0,55	0,48	0,62
40	0	0	0	77	0,64	0,58	0,71
41	0	0	0	78	0,73	0,67	0,79
42	0	0	0	79	0,8	0,75	0,85
43	0	0	0	80	0,86	0,81	0,9
44	0	0	0	81	0,9	0,86	0,94
45	0	0	0	82	0,93	0,9	0,96
46	0	0	0	83	0,95	0,93	0,97
47	0	0	0	84	0,97	0,95	0,98
48	0	0	0	85	0,98	0,96	0,99
49	0	0	0	86	0,98	0,98	0,99
50	0	0	0	87	0,99	0,98	1
51	0	0	0	88	0,99	0,99	1
52	0	0	0	89	1	0,99	1
53	0	0	0	90	1	0,99	1
54	0	0	0	91	1	1	1
55	0	0	0	92	1	1	1
56	0	0	0	93	1	1	1
57	0	0	0	94	1	1	1
58	0	0	0	95	1	1	1
59	0	0	0	96	1	1	1
60	0	0	0	97	1	1	1
61	0	0	0,01	98	1	1	1
62	0	0	0,01	99	1	1	1
63	0,01	0	0,01	100	1	1	1
64	0,01	0	0,02	101	1	1	1
65	0,02	0	0,03	102	1	1	1
66	0,02	0,01	0,04	103	1	1	1
67	0,03	0,01	0,05	104	1	1	1
68	0,05	0,02	0,08	105	1	1	1
69	0,07	0,03	0,1	106	1	1	1

**Tabla 18**

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

Año	Modelo lineal	Modelo no lineal	Fuente	Año
Agosto 2001		74,1	Lillo <i>et al.</i> (2002)	Agosto 2001
Julio-ago 2002		73,3	Lillo <i>et al.</i> (2003)	Julio-ago 2002
Agosto 2003		Sin ajuste	Lillo <i>et al.</i> (2004)	Agosto 2003
Ago-sept. 2004		75,3	Lillo <i>et al.</i> (2005)	Ago-sept. 2004
Agosto 2005		76,7	Córdova <i>et al.</i> (2006)	Agosto 2005
Ago-sept 2007		71,4	Lillo <i>et al.</i> (2008)	Ago-sept 2007
Agosto 2008		74,8	Lillo <i>et al.</i> (2009)	Agosto 2008
Agosto 2009		71,1	Lillo <i>et al.</i> (2010)	Agosto 2009
Agosto 2010		71,9	Lillo <i>et al.</i> (2011)	Agosto 2010
Agosto 2011		71,4	Lillo <i>et al.</i> (2012)	Agosto 2011
Agosto 2012	73,5	73,3	Lillo <i>et al.</i> (2013)	Agosto 2012
Agosto 2013	71,3	71,8	Saavedra <i>et al.</i> (2014)	Agosto 2013
Agosto 2014	73,2	73,3	Saavedra <i>et al.</i> (2015)	Agosto 2014
Agosto 2015	75,5	76,1	Saavedra <i>et al.</i> (2016)	Agosto 2015
Agosto 2016	75,5	75,7	Presente estudio	Agosto 2016



**Tabla 19**  
Proporci3n de individuos maduros a la edad en la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2016, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.

Grupo de Edad	Proporci3n maduras	L3mite inferior	L3mite superior
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,01
5	0,01	0,00	0,01
6	0,02	0,01	0,03
7	0,04	0,02	0,06
8	0,09	0,05	0,13
9	0,19	0,14	0,24
10	0,36	0,30	0,42
11	0,57	0,51	0,63
12	0,76	0,71	0,81
13	0,88	0,84	0,92
14	0,95	0,92	0,97
15	0,98	0,96	0,99
16	0,99	0,98	1,00
17	1,00	0,99	1,00
18	1,00	1,00	1,00
19	1,00	1,00	1,00
20	1,00	1,00	1,00
21	1,00	1,00	1,00
22	1,00	1,00	1,00
23	1,00	1,00	1,00
24	0,00	0,00	0,00

**Tabla 20**

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

Año	Fecundidad modal	Fecundidad de muestra total	Fuente
Agosto 1991	1.616.930	Sin datos	Balbotín 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	Saavedra <i>et al.</i> (2016)
Agosto 2016	2.429.266	2.339.158	Presente estudio



**Tabla 21**

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

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

**Tabla 22**

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>	38.888	96,6
Cojinoba moteada	<i>Seriollella punctata</i>	614	1,5
Reineta	<i>Brama australis</i>	231	0,6
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	175	0,4
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	160	0,4
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	76	0,2
Sierra	<i>Thyrstites atun</i>	57	0,1
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	51	0,1
Anguila espinosa	<i>Notacanthus sexspinis</i>	8	>0,1
Brótula	<i>Salilota australis</i>	5	>0,1
Willy	<i>Melanostigma gelatinosum</i>	2	>0,1
Granadero chileno	<i>Coelorrinchus chilensis</i>	1	>0,1



**Tabla 23**

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

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



**Tabla 24**

Ítems alimentarios encontrados en los estómagos de *Merluccius australis* para el año 2016.

<b>Especie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>%N</b>	<b>%P</b>	<b>%F</b>	<b>GI</b>	<b>%GI</b>
<i>Euphausia</i> sp,	2	0,1	2	0,6	0,0	0,9	0,9	0,5
<i>Merluccius australis</i>	184	34994,7	149	57,7	94,4	64,5	125,0	72,2
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	21	94,8	14	6,6	0,3	6,1	7,4	4,3
<i>Merluccius australis</i>	2	378,0	2	0,6	1,0	0,9	1,5	0,8
<i>Micromesistius australis</i>	4	1298,0	4	1,3	3,5	1,7	3,7	2,2
Mictófidos	31	244,9	21	9,7	0,7	9,1	11,2	6,5
<i>Pasiphaea</i> sp,	5	12,6	4	1,6	0,0	1,7	1,9	1,1
<i>Pasiphaea dofleini</i>	1	1,6	1	0,3	0,0	0,4	0,4	0,3
<i>Saliliota australis</i>	4	10,0	3	1,3	0,0	1,3	1,5	0,9
<i>Sergestes arcticus</i>	64	36,4	30	20,1	0,1	13,0	19,1	11,0
<i>Sprattus fueguensis</i>	1	4,3	1	0,3	0,0	0,4	0,4	0,3
<b>Total</b>	<b>319</b>	<b>37075,3</b>	<b>231</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>173,2</b>	<b>100</b>

**Tabla 25**

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

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>%N</b>	<b>%P</b>	<b>%F</b>	<b>IIR</b>	<b>GI</b>
EUf	2	0.1	2	0	214	0.6	0.9	0.9
MG	184	34994.7	149	0.9	214	57.7	64.5	125
CAM	70	50.5	35	0.3	642	21.9	15.2	21.5
MESOP	57	354	39	0.3	856	17.9	16.9	20.6
MAU	2	378	2	0	214	0.6	0.9	1.5
MIA	4	1298	4	0	214	1.3	1.7	3.7



**Tabla 26**

Ítems alimentarios encontrados en los machos de *Merluccius australis* para el año 2016.

<b>Especie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>%N</b>	<b>%P</b>	<b>%F</b>	<b>GI</b>	<b>%GI</b>
<i>Euphausia sp,</i>	2	0,1	2	3,1	0,00	3,9	4,0	2,3
<i>Macruronus magellanicus</i>	33	4438,0	29	50,8	98,42	56,9	119,0	68,7
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	3	3,8	3	4,6	0,08	5,9	6,1	3,5
<i>Mictófidós</i>	5	37,5	5	7,7	0,83	9,8	10,6	6,1
<i>Pasiphaea sp,</i>	3	10,1	2	4,6	0,22	3,9	5,1	2,9
<i>Pasiphaea dofleini</i>	1	1,6	1	1,5	0,04	2,0	2,0	1,2
<i>Saliliota australis</i>	1	10,0	1	1,5	0,22	2,0	2,1	1,2
<i>Sergestes arcticus</i>	17	8,0	8	26,2	0,18	15,7	24,3	14,0
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>4509,1</b>	<b>51</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>173,2</b>	<b>100</b>

**Tabla 27**

Ítems alimentarios encontrados en las hembras de *Merluccius australis* para el año 2016.

<b>Especie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>%N</b>	<b>%P</b>	<b>%F</b>	<b>GI</b>	<b>%GI</b>
<i>Macruronus magellanicus</i>	151	30556,7	120	47,3	82,4	51,9	104,9	60,6
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	18	91,0	11	5,6	0,2	4,8	6,1	3,5
<i>Merluccius australis</i>	2	378,0	2	0,6	1,0	0,9	1,5	0,8
<i>Micromesistius australis</i>	4	1298,0	4	1,3	3,5	1,7	3,7	2,2
<i>Mictófidós</i>	26	207,3	16	8,2	0,6	6,9	9,0	5,2
<i>Pasiphaea sp,</i>	2	2,5	2	0,6	0,0	0,9	0,9	0,5
<i>Saliliota australis</i>	3	20,0	2	0,9	0,1	0,9	1,1	0,6
<i>Sergestes arcticus</i>	47	28,4	22	14,7	0,1	9,5	14,0	8,1
<i>Sprattus fueguensis</i>	1	4,3	1	0,3	0,0	0,4	0,4	0,3
<b>Total</b>	<b>319</b>	<b>37075,3</b>	<b>231</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>173,2</b>	<b>100</b>

**Tabla 28**Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G1 de *Merluccius australis* para el año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Euphausia</i> sp,	2	0,1	2	3,0	0,0	4,3	4,2	2,4
<i>Macruronus magellanicus</i>	9	1012,0	9	13,4	67,1	19,6	57,8	33,4
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	9	7,5	7	13,4	0,5	15,2	16,8	9,7
<i>Merluccius australis</i>	1	336,0	1	1,5	22,3	2,2	15,0	8,6
Mictófidos	6	114,5	6	9,0	7,6	13,0	17,1	9,9
<i>Pasiphaea</i> sp,	3	10,1	2	4,5	0,7	4,3	5,5	3,2
<i>Saliliota australis</i>	1	10,0	1	1,5	0,7	2,2	2,5	1,4
<i>Sergestes arcticus</i>	35	14,7	17	52,2	1,0	37,0	52,1	30,1
<i>Sprattus fueguensis</i>	1	4,3	1	1,5	0,3	2,2	2,3	1,3
Total	67	1509,2	46	100	100	100	173,2	100,0

**Tabla 29**Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G2 de *Merluccius australis* estudiados para el año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Macruronus magellanicus</i>	61	10453.0	53	55.5	90.2	68.8	123.9	71.5
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	3	24.0	2	2.7	0.2	2.6	3.2	1.8
<i>Micromesistius australis</i>	3	1051.0	3	2.7	9.1	3.9	9.1	5.2
Mictófidos	14	26.6	7	12.7	0.2	9.1	12.7	7.3
<i>Pasiphaea</i> sp.	1	1.0	1	0.9	0.0	1.3	1.3	0.7
<i>Saliliota australis</i>	3	10.0	2	2.7	0.1	2.6	3.1	1.8
<i>Sergestes arcticus</i>	25	17.5	9	22.7	0.2	11.7	20.0	11.5
Total	110	11583.2	77	100	100	100	173.2	100



**Tabla 30**

Ítems alimentarios en el grupo de tamaño G3 de *Merluccius australis* estudiados para el año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Macruronus magellanicus</i>	114	23.529,7	87	80,9	98,1	81,3	150,2	86,7
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	9	63,3	5	6,4	0,3	4,7	6,5	3,8
<i>Merluccius australis</i>	1	45,0	1	0,7	0,2	0,9	1,1	0,6
<i>Micromesistius australis</i>	1	247,0	1	0,7	1,0	0,9	1,5	0,9
Mictófidós	11	103,7	8	7,8	0,4	7,5	9,1	5,2
<i>Pasiphaea</i> sp,	1	1,5	1	0,7	0,0	0,9	1,0	0,5
<i>Sergestes arcticus</i>	4	4,1	4	2,8	0,0	3,7	3,8	2,2
Total	141	23.994,3	107	100	100	100	173,2	100

**Tabla 31**

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

Variable	N	Media	Desv.Est.	CV	Mínimo	Mediana	Máximo
Largo (m)	195	1477	1947	131.86	30	983	16007
Alto (m)	195	10.902	10.892	99.91	1.403	7.079	90.38
Elongación (m)	195	174.1	173.2	99.48	3.9	125.8	1412.8
Perímetro (m)	195	37420	77694	207.63	496	13481	766598
Área (m <sup>2</sup> )	195	25244	71433	282.97	108	5400	616733
Dimensión fractal	195	1.8672	0.0993	5.32	1.5251	1.8837	2.1309
Prof. Agregación (m)	195	303.97	100.56	33.08	101.48	322.14	492.56
Prof. fondo (m)	195	450.3	217.1	48.21	107.6	426.4	987.6
Índice altura (%)	195	24.45	21.24	86.91	0.38	18.32	79.05
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	195	1773	8444	476.29	100	283	112273
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	195	8.96	21.09	235.38	2.44	4.55	251.77



**Tabla 32**

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

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



**Tabla 33**

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

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



**Tabla 34**

Valores promedio, máximo, mínimo, número de observaciones (N), desviación estándar (D,S,) y coeficiente de variación (C,V,) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía, Cañones 1, 2 y 3.

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



**Tabla 35**

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

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



**Tabla 36**

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

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



**Tabla 37**

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

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



**Tabla 38**

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

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



**Tabla 38 (cont.)**

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

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

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



**Tabla 39**

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

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo	Inter-grupos	3.142E+07	5	6.284E+06	1.687	.140
	Intra-grupos	7.043E+08	189	3.726E+06		
	Total	7.357E+08	194			
Alto	Inter-grupos	1.190E+03	5	2.379E+02	2.060	.072
	Intra-grupos	2.183E+04	189	1.155E+02		
	Total	2.302E+04	194			
Elongación	Inter-grupos	6.874E+05	5	1.375E+05	5.061	.000
	Intra-grupos	5.134E+06	189	2.716E+04		
	Total	5.821E+06	194			
Perímetro	Inter-grupos	2.458E+10	5	4.916E+09	.810	.544
	Intra-grupos	1.146E+12	189	6.066E+09		
	Total	1.171E+12	194			
Área	Inter-grupos	1.191E+10	5	2.381E+09	.460	.806
	Intra-grupos	9.780E+11	189	5.175E+09		
	Total	9.899E+11	194			
Dimensión fractal	Inter-grupos	1.598E-01	5	3.197E-02	3.445	.005
	Intra-grupos	1.754E+00	189	9.279E-03		
	Total	1.914E+00	194			
Prof. Agregación	Inter-grupos	1.264E+06	5	2.528E+05	68.464	.000
	Intra-grupos	6.979E+05	189	3.693E+03		
	Total	1.962E+06	194			
Fondo	Inter-grupos	8.548E+06	5	1.710E+06	542.107	.000
	Intra-grupos	5.961E+05	189	3.154E+03		
	Total	9.144E+06	194			
Índice Altura	Inter-grupos	6.171E+04	5	1.234E+04	90.216	.000
	Intra-grupos	2.585E+04	189	1.368E+02		
	Total	8.756E+04	194			
NASC	Inter-grupos	3.310E+08	5	6.619E+07	.927	.465
	Intra-grupos	1.350E+10	189	7.143E+07		
	Total	1.383E+10	194			
Densidad	Inter-grupos	3.871E+03	5	7.742E+02	1.775	.120
	Intra-grupos	8.245E+04	189	4.362E+02		
	Total	8.632E+04	194			



**Tabla 40**  
Matriz de correlaciones entre las variables originales

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

**Tabla 41**  
Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes

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

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



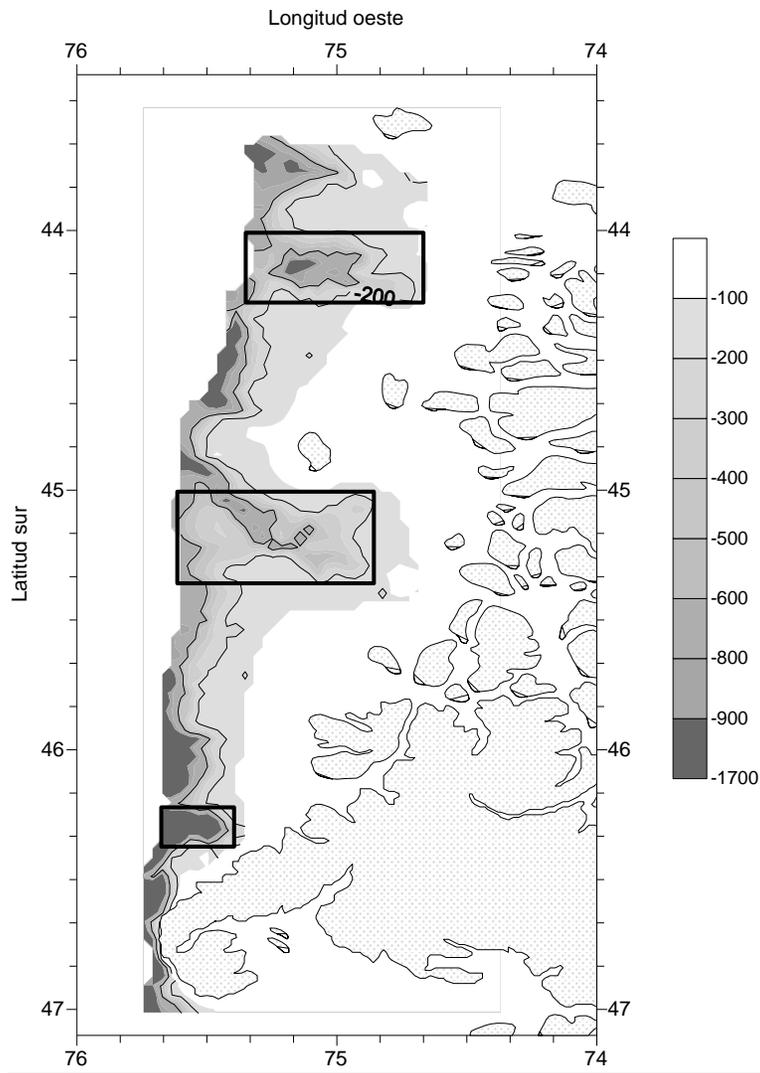
**Tabla 42**  
Correlaciones de las variables originales con los componentes principales

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



# FIGURAS

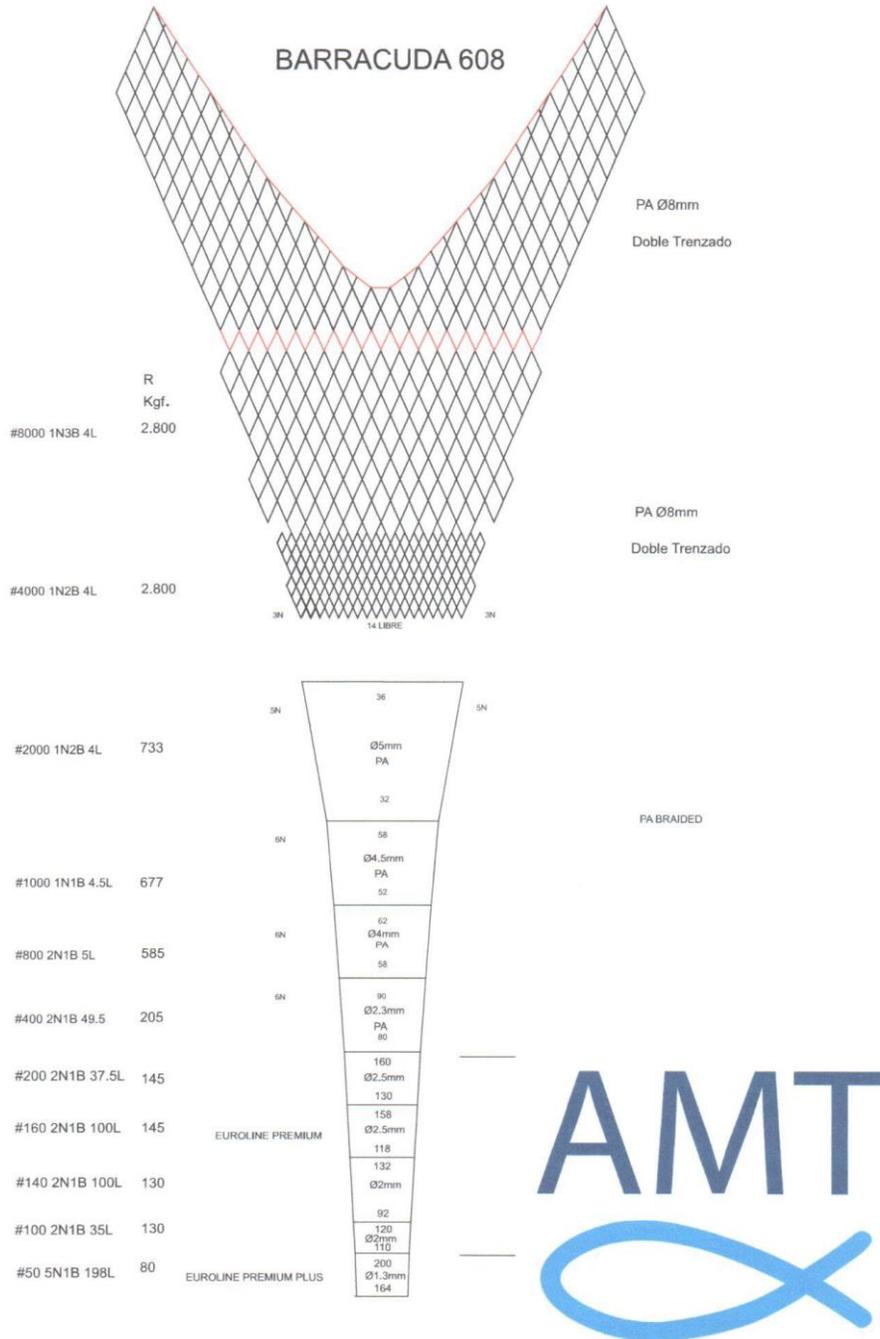
---



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



**Figura 2.** Buque cient3fico AGS 61 "Cabo de Hornos".



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

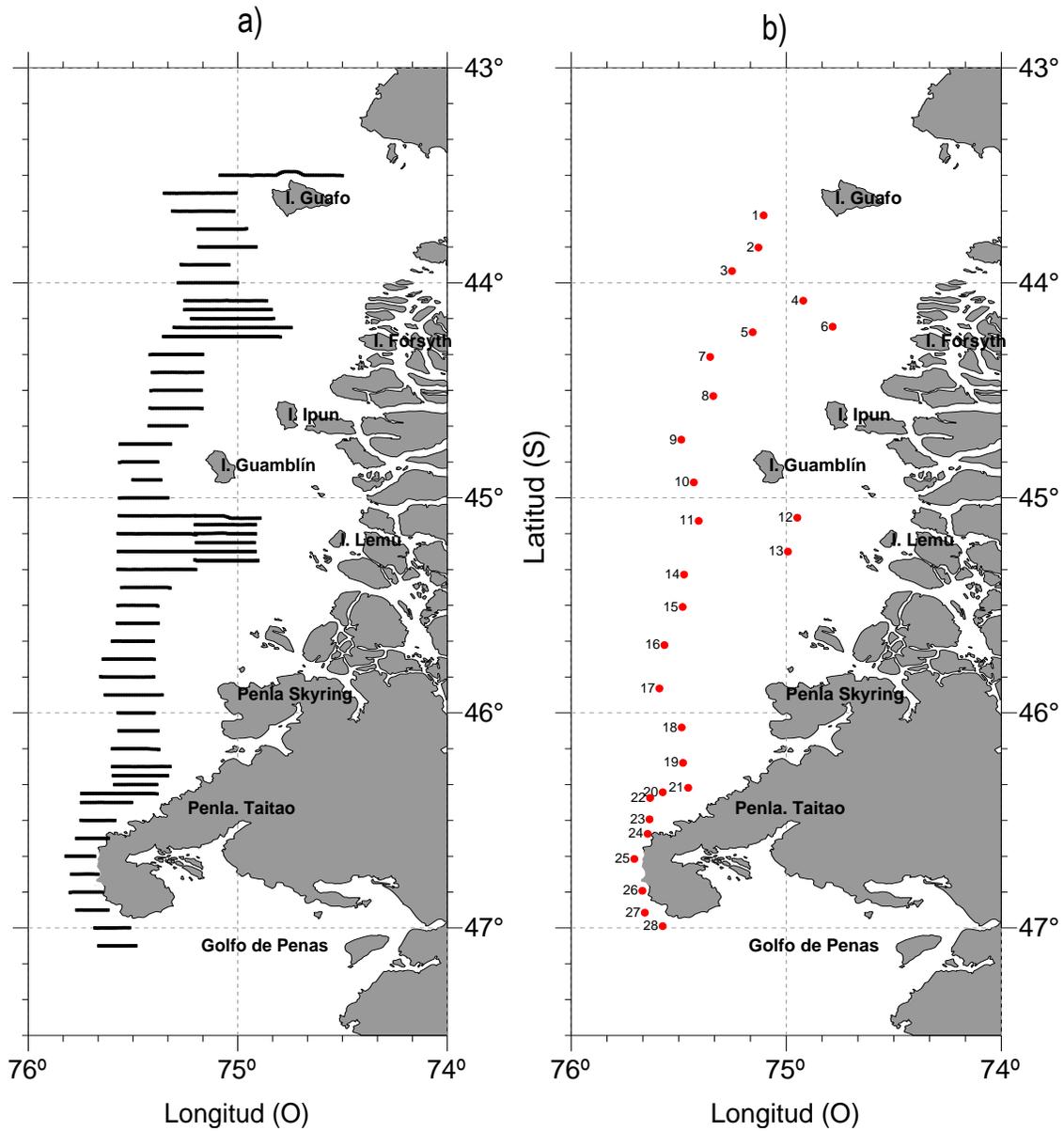
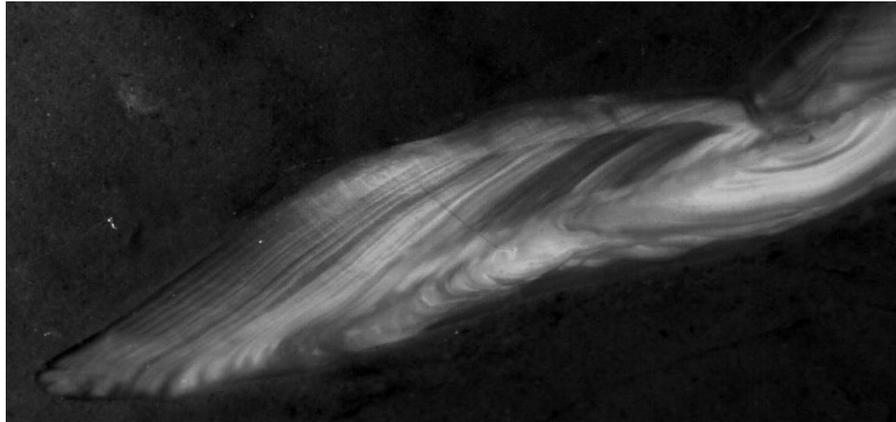
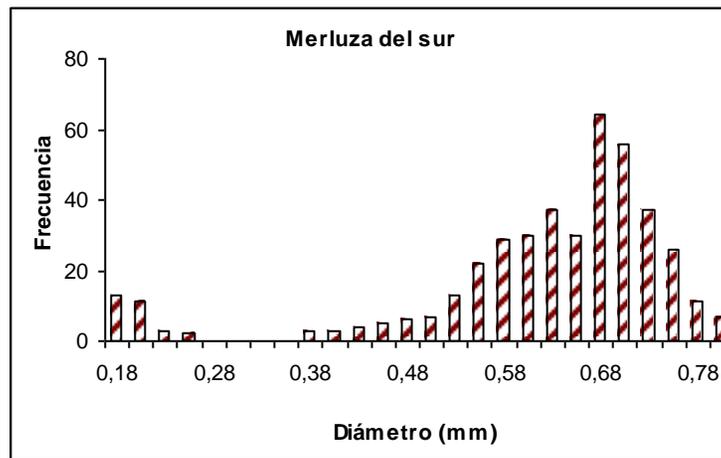


Figura 4. Localización de: a) transectas de muestreo acústico y b) lances de pesca de identificación.



**Figura 5.** Otolito de merluza del sur en secci3n 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.

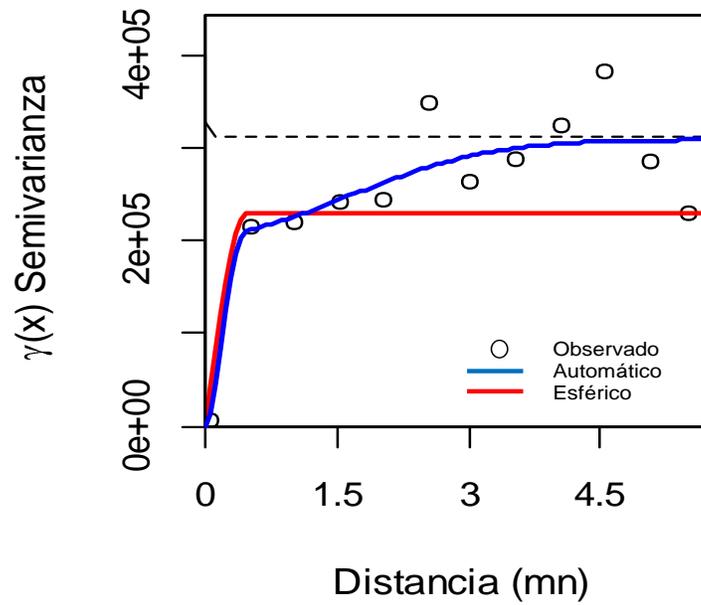
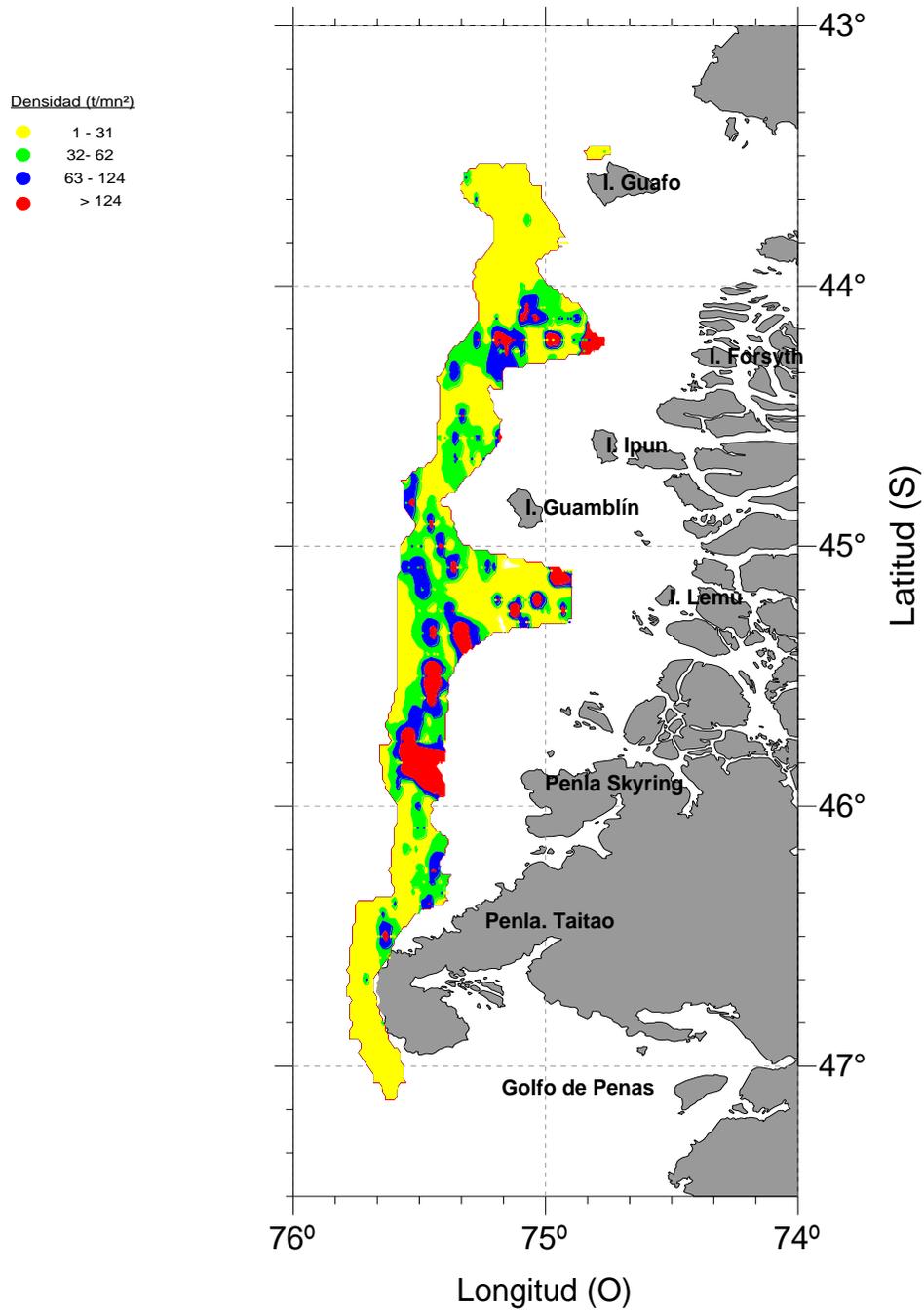


Figura 7. Semivariograma para merluza del sur. dirección omnidireccional. Zona total de estudio.



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

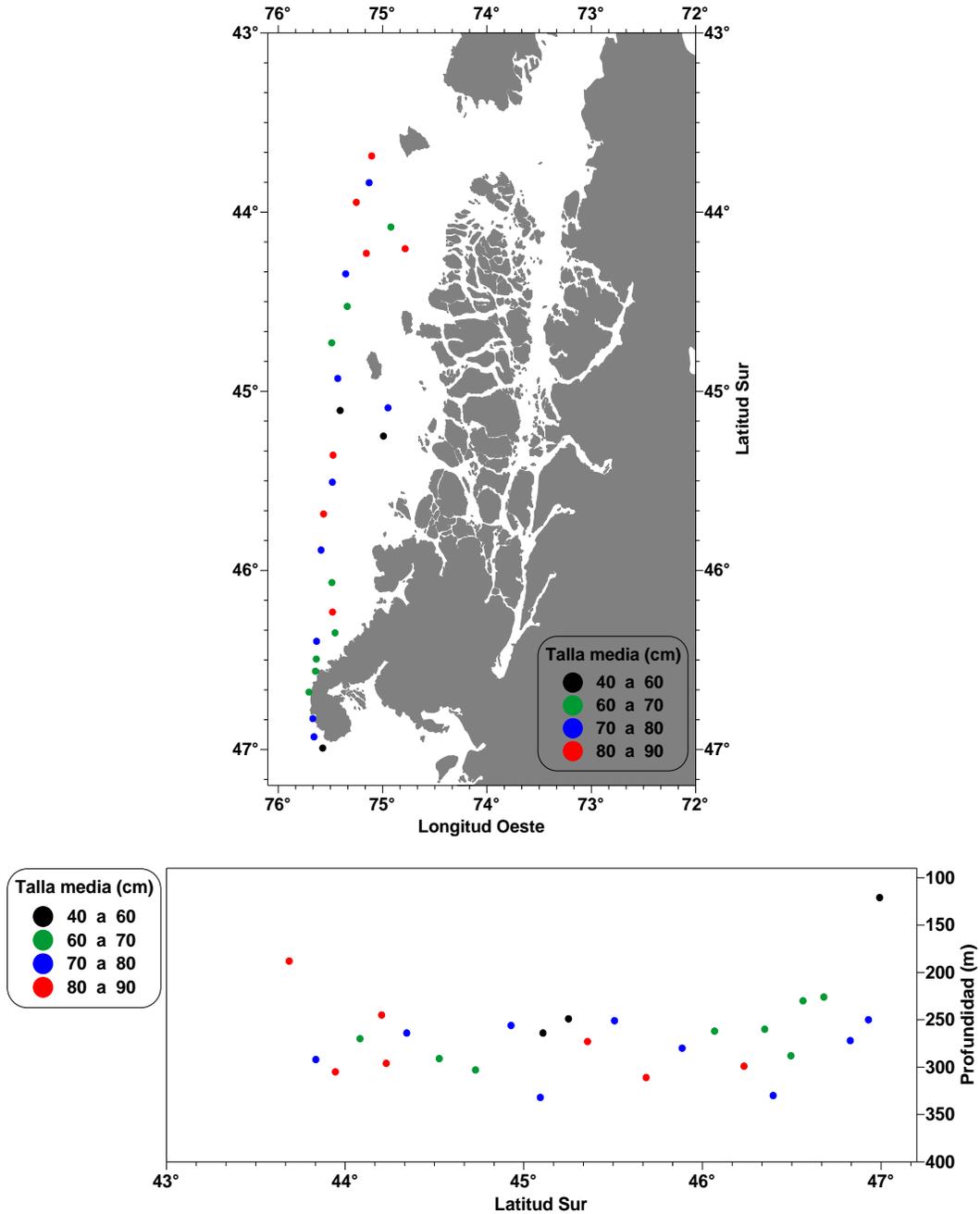
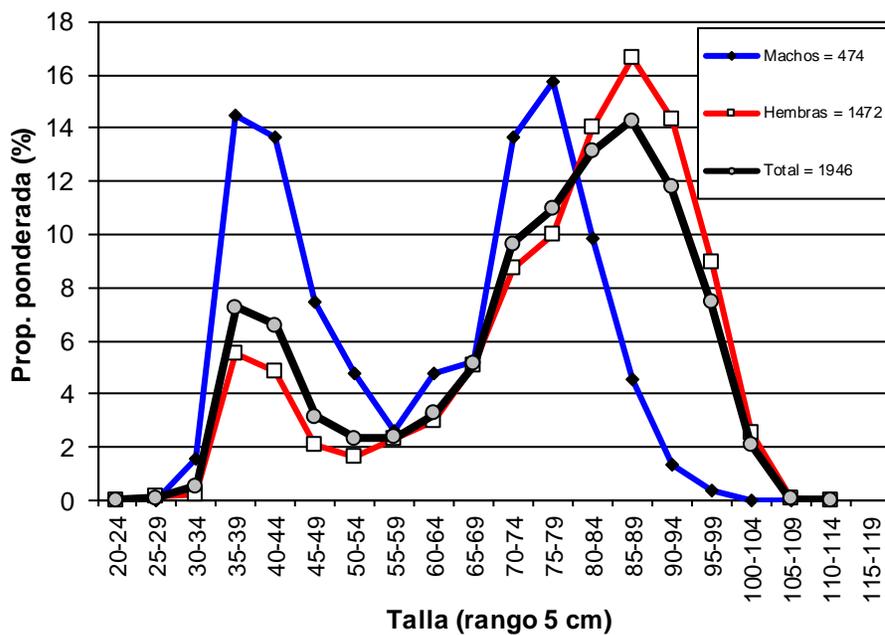
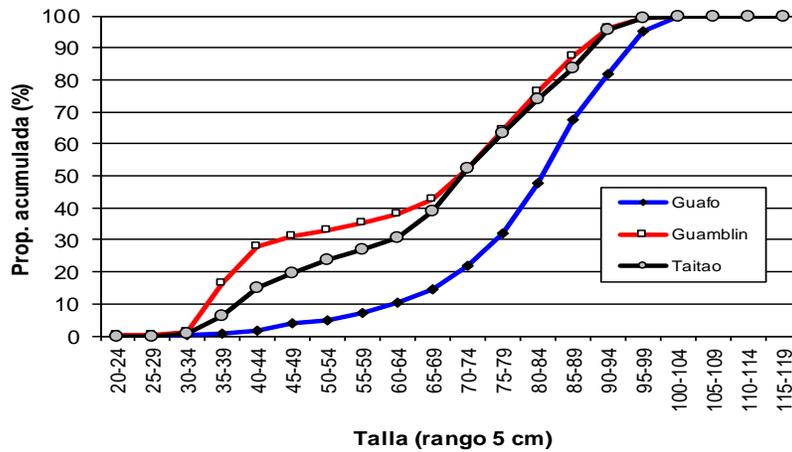
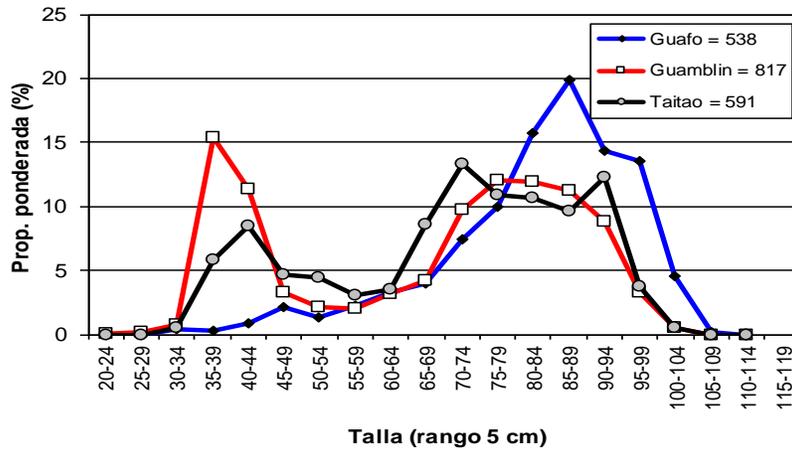


Figura 9. Distribución latitudinal y batimétrica de la talla media de merluza del sur. Agosto 2016.



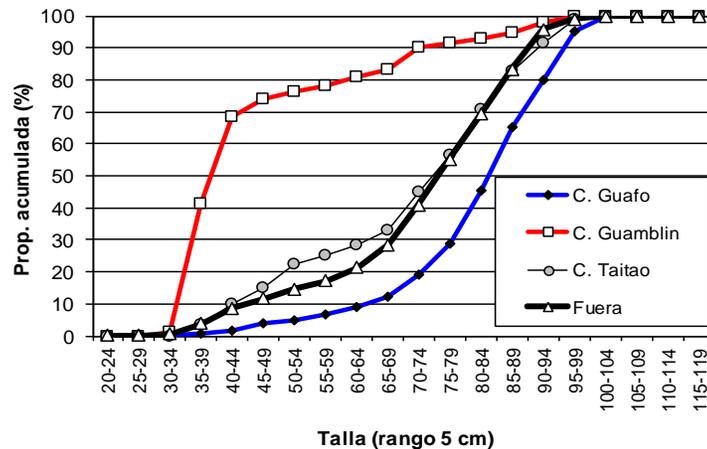
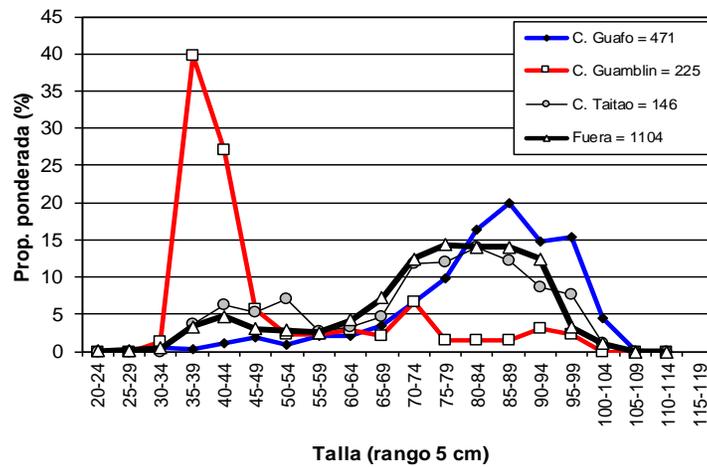
Indicador	Macho	Hembra	Total
n	474	1472	1946
Mín. (cm)	24	26	24
Máx. (cm)	97	105	105
Prom. (cm)	60,9	77,0	73,9
D. est. (cm)	3,6	2,7	2,3
% < 70 cm	54,6	24,8	30,7
Pr. Sex. (%)	23	77	100

Figura 10. Distribución de talla de merluza del sur por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).



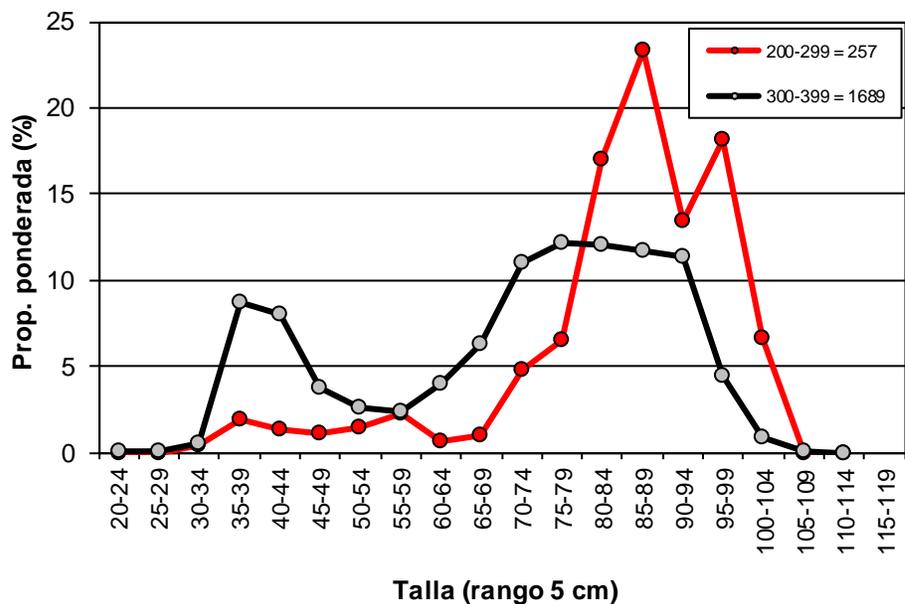
Indicador	Guafo	Guamblin	Taitao
n	538	817	591
Mín. (cm)	32	24	32
Máx. (cm)	10	103	103
Prom. (cm)	82,5	66,9	70,4
D. est. (cm)	4,4	2,9	3,0
% < 70 cm	14,6	42,4	39,1
Macho (%)	15	24	24
Hembra (%)	85	76	76

Figura 11. Distribución de talla de merluza del sur por área. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto, 2016).



Indicador	C. Guafo	C. Guamblin	C. Taitao	Fuera
n	471	225	146	1104
Mín. (cm)	32	34	35	24
Máy. (cm)	105	96	103	103
Prom. (cm)	83,4	48,7	72,6	74,3
D. est. (cm)	4,7	4,5	6,1	2,6
% < 70 cm	12,4	83,2	32,9	28,5
Macho (%)	12	31	22	23
Hembra (%)	88	69	78	77

**Figura 12.** Distribuci3n de talla de merluza del sur por ca3n y fuera de los ca3nes. AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto 2016).



Indicador	Profundidad (m)	
	200-299	300-399
n	257	1689
Prom. (cm)	84,5	70,9
D. est. (cm)	6,6	2,0
% < 70 cm	10,2	36,3
Macho (%)	15	22
Hembra (%)	85	78

**Figura 13.** Distribución de talla de merluza del sur por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2016).

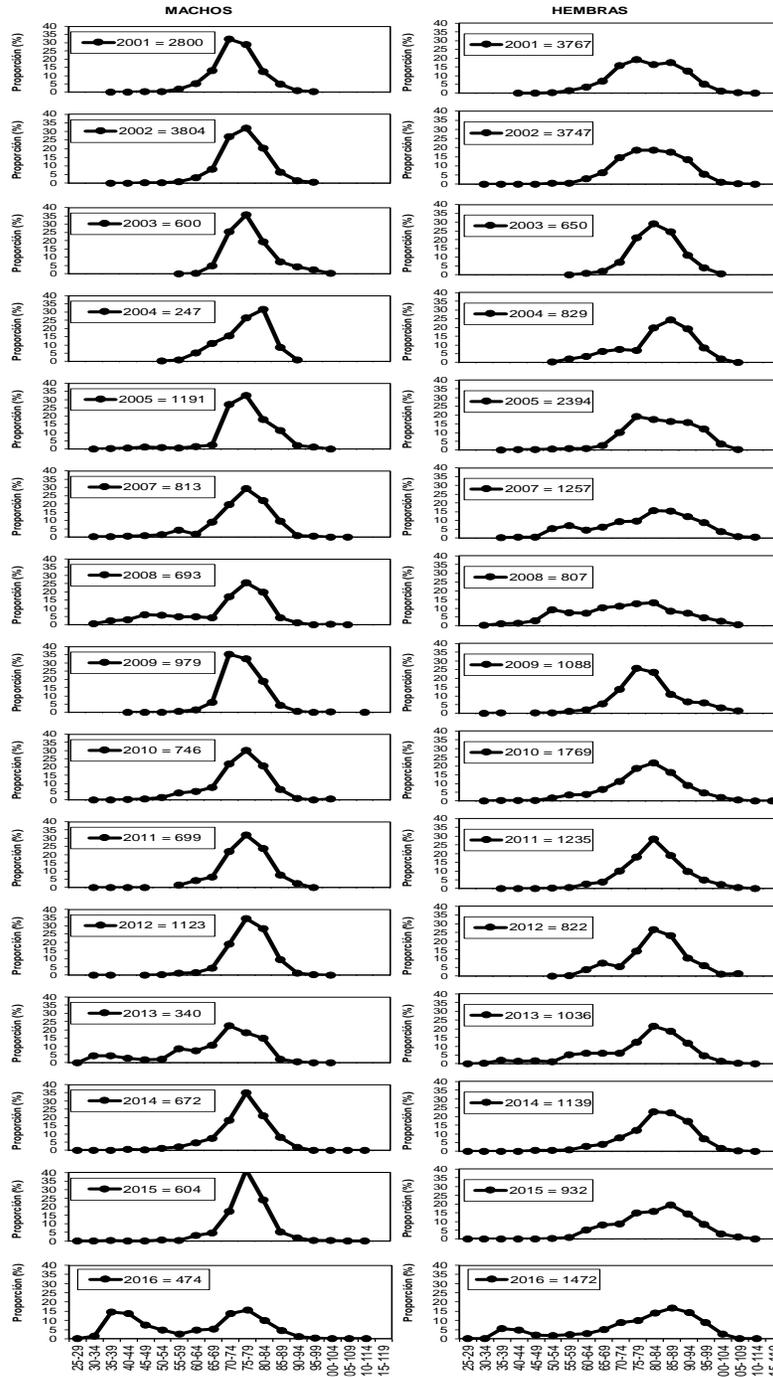


Figura 14a. Distribuci3n relativa de la talla de merluza del sur por sexo para los cruceros hidroac3sticos 2001-2016.

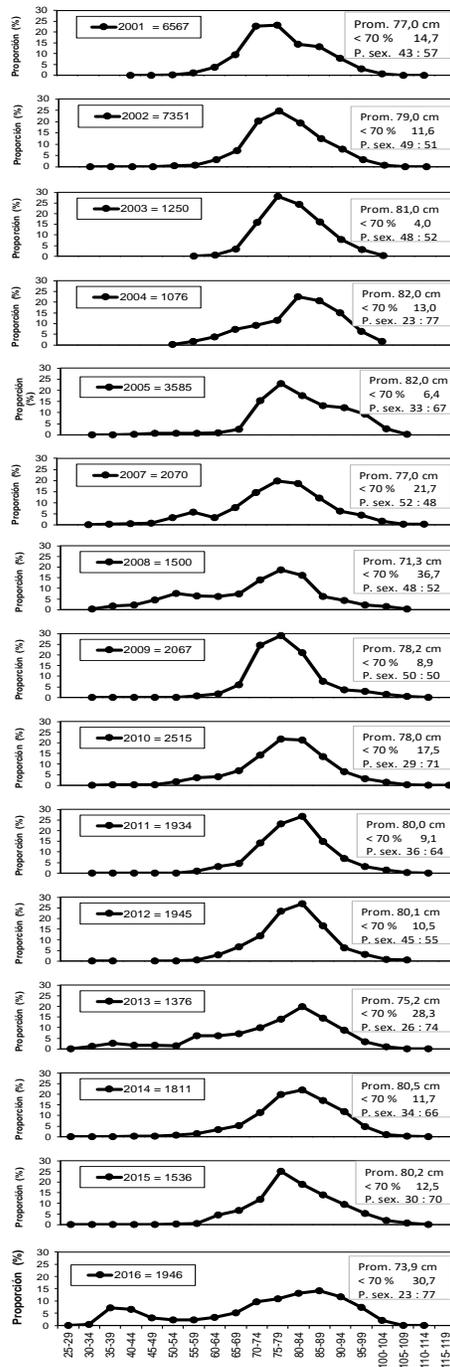


Figura 14b. Distribución relativa de la talla de merluza del sur (ambos sexos) para los cruceros hidroacústicos 2001-2016.

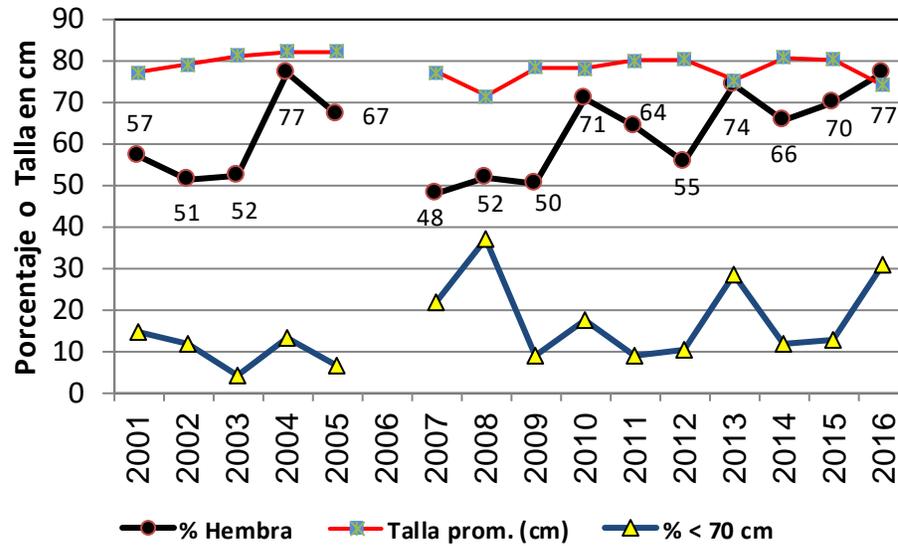
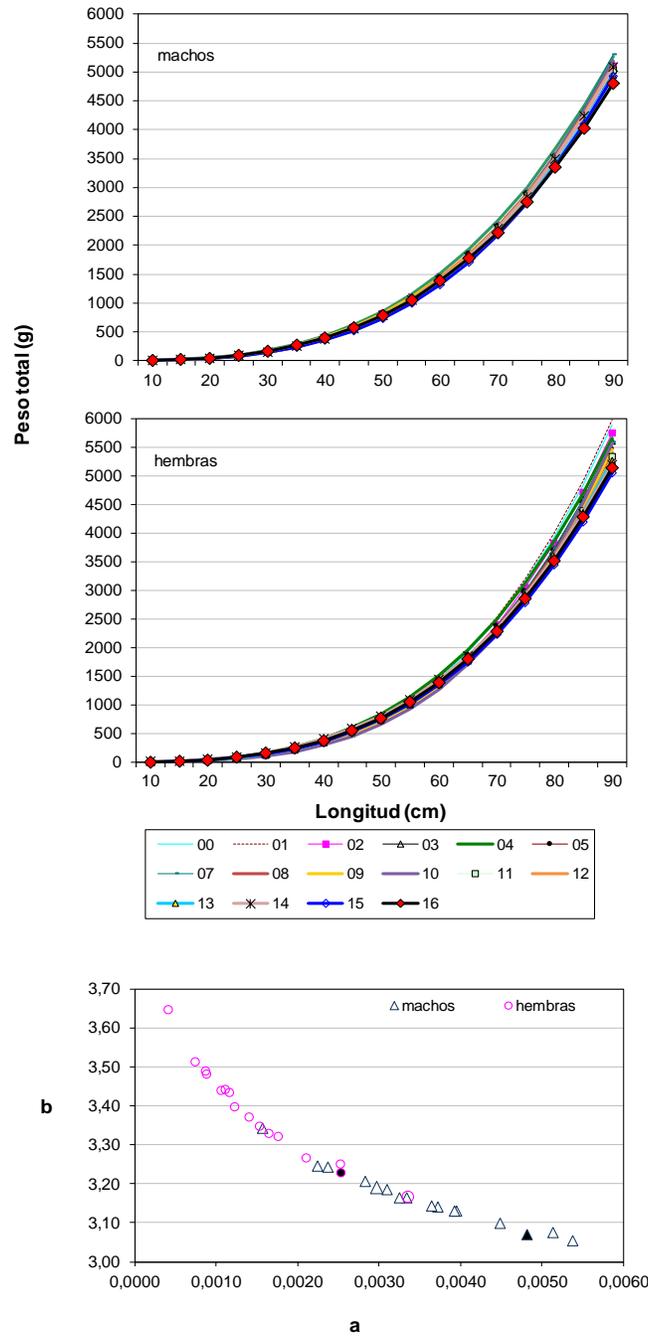


Figura 15. Distribuci3n de los estadísticos hist3ricos de la talla de merluza del sur para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2016.



**Figura 16.** Comparaci3n de las funciones peso- longitud estimadas para merluza del sur por sexo (A) y representaci3n de los par3metros "a" (intercepto) y "b" (pendiente) de esta relaci3n en el per3odo 2000 – 2016 (B).

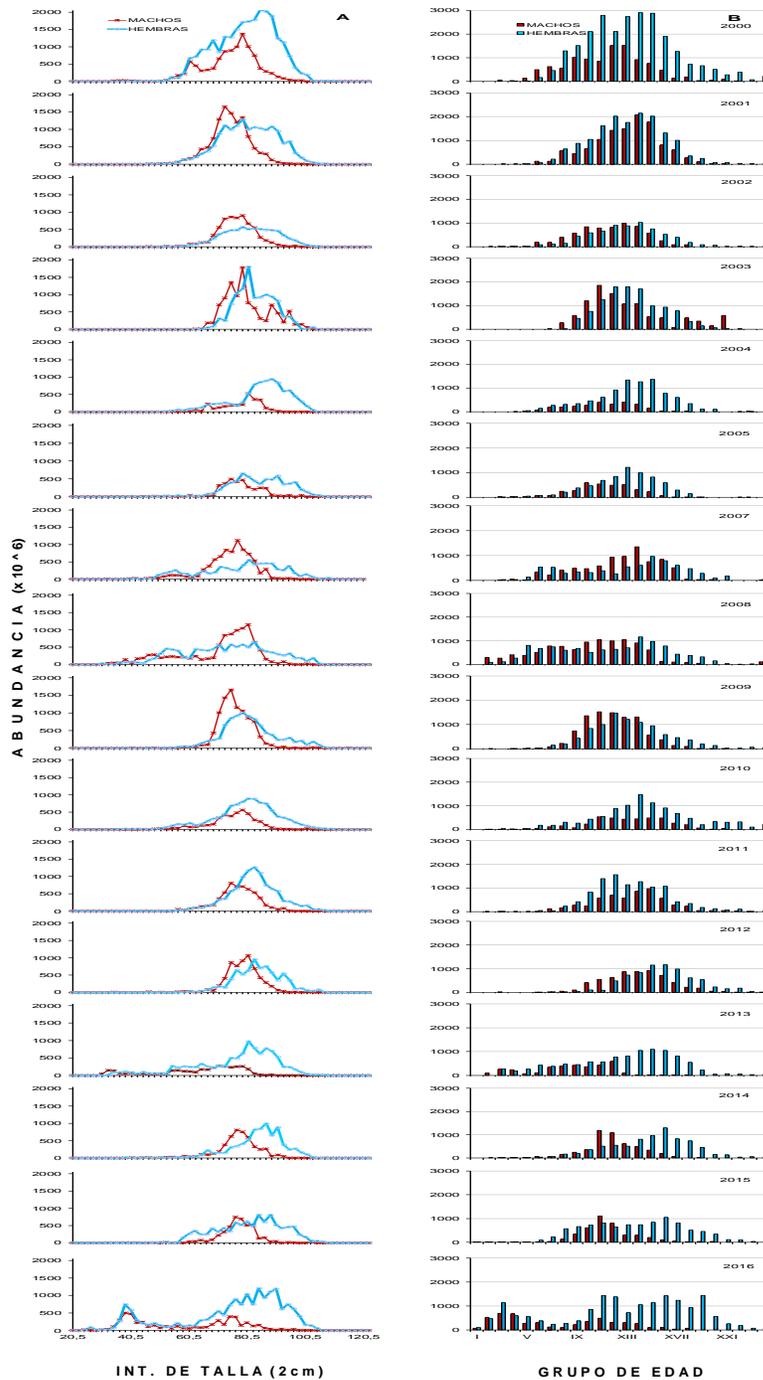


Figura 17. Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza del sur, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el periodo 2000 - 2016.

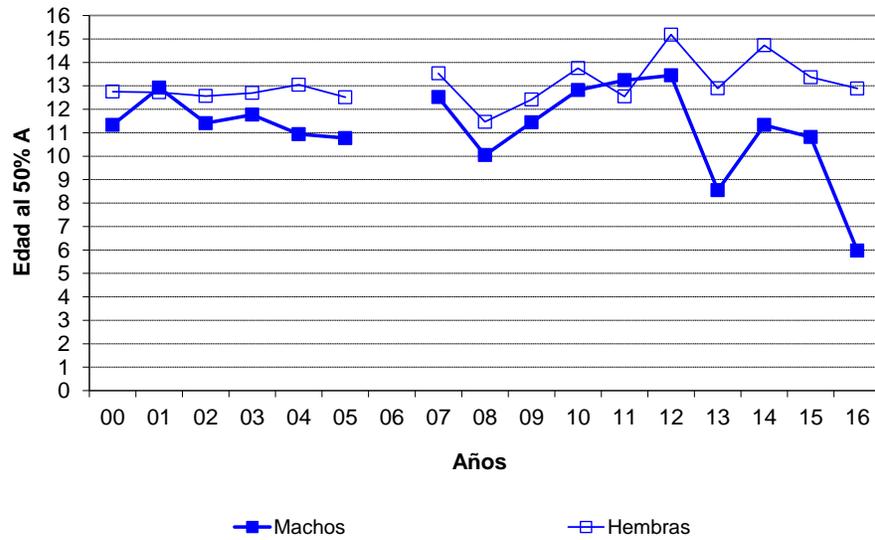


Figura 18. Edad mediana de merluza del sur en cruceros de prospecci3n. 2000-2016.

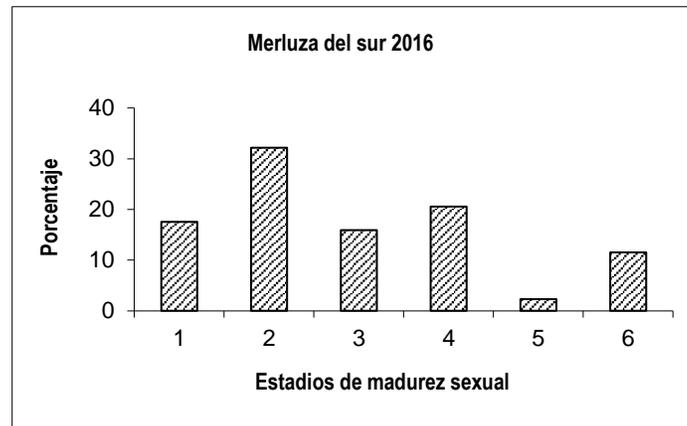
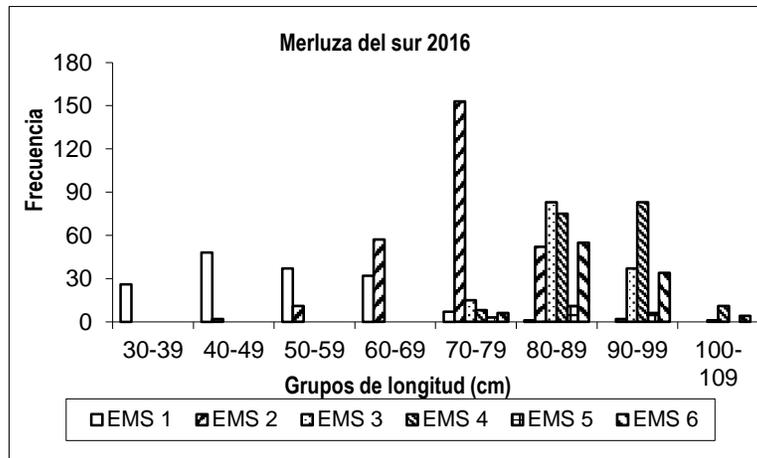


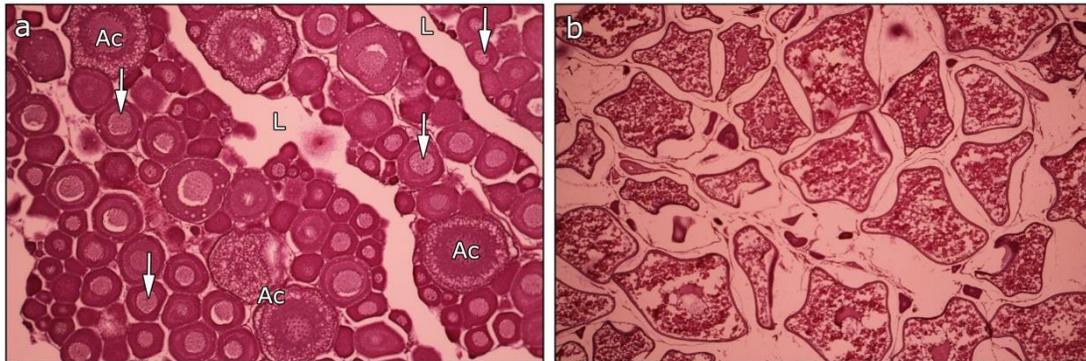
Figura 19. Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2016.



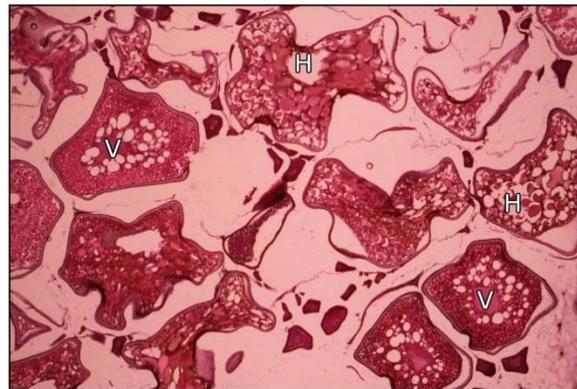
**Figura 20.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la *merluza del sur* *Macruronus magellanicus*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2016.



**Figura 21.** Ovarios de merluza del sur en estadios iniciales de desarrollo. a) Ms N° 1899. Estadio virginal, aumento 5x. Lamela (flecha); lumen (L). b) Ms N° 286; estadio Inmaduro, aumento 10x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); lamela (l); lumen (L).



**Figura 22.** Ovarios de merluza del sur en estadios intermedios de desarrollo. a) Ms N° 239. Estadio alveolo cortical, aumento 10x. Ovocito en crecimiento primario multi-nucleolar (flecha); Ovocito alveolo cortical (Ac). Lumen (L). b) Ms N° 1876; Estadio vitelado, aumento 5x. Ovocitos vitelados



**Figura 23.** Ovario de merluza del sur en estadio final desarrollo. Ms N° 494, aumento 5x. Estadio hidratado. Ovocito hidratado (H); ovocito vitelado (V).

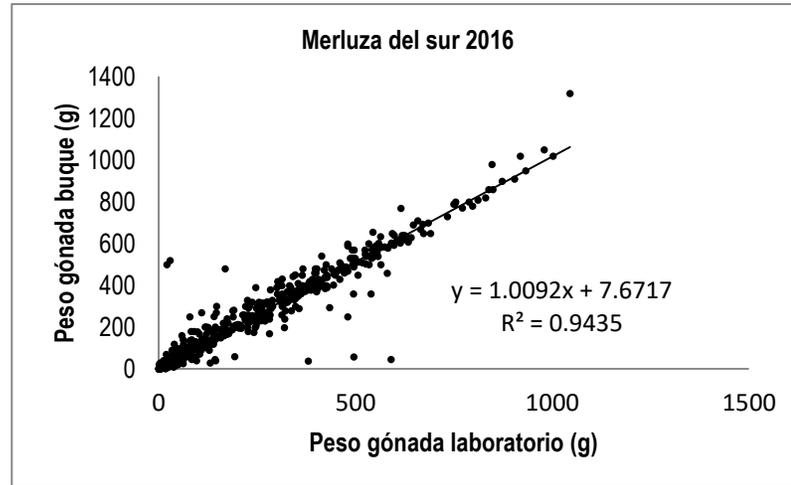


Figura 24. Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza del sur *Merluccius australis*.

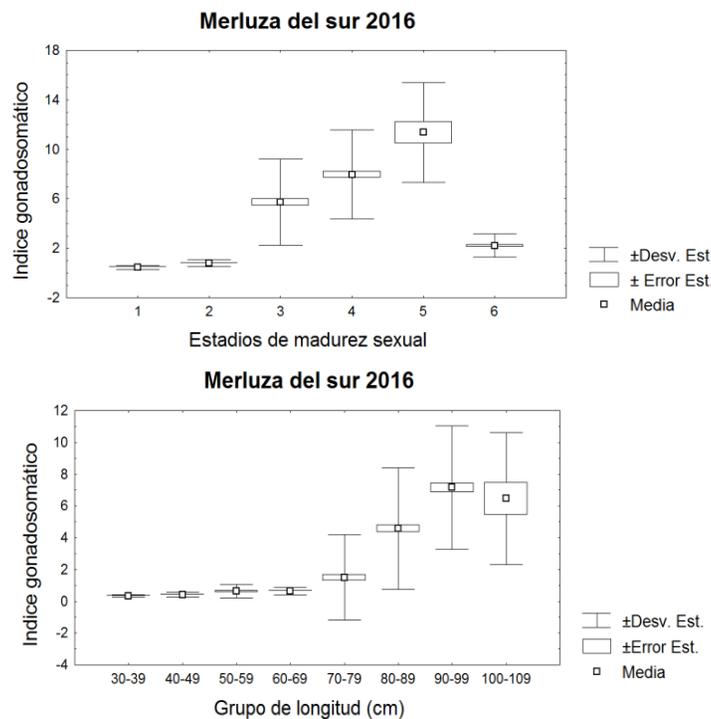


Figura 25. Valor promedio del índice gonadosomático (IGS)  $\pm$  la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y rango de tallas de la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2016.

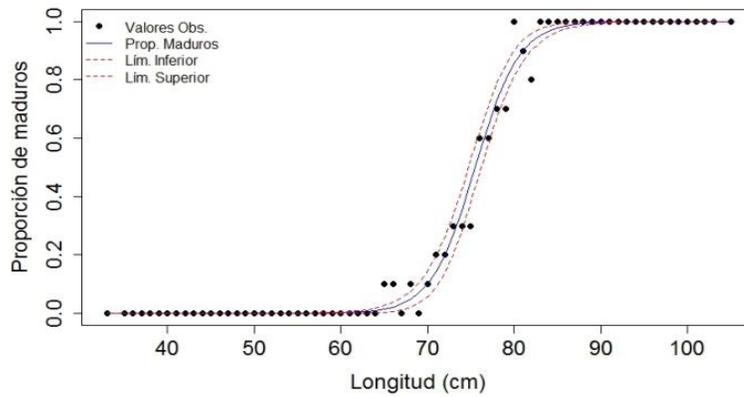


Figura 26. Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2016, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo lineal generalizado.

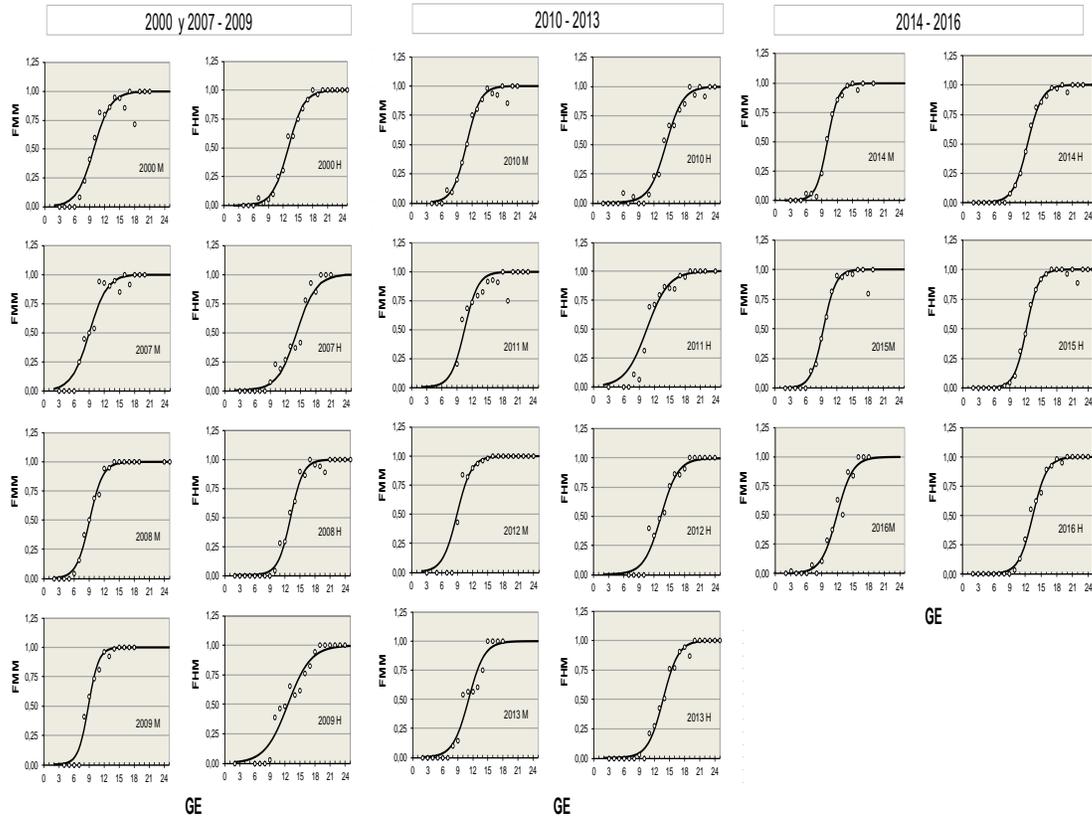
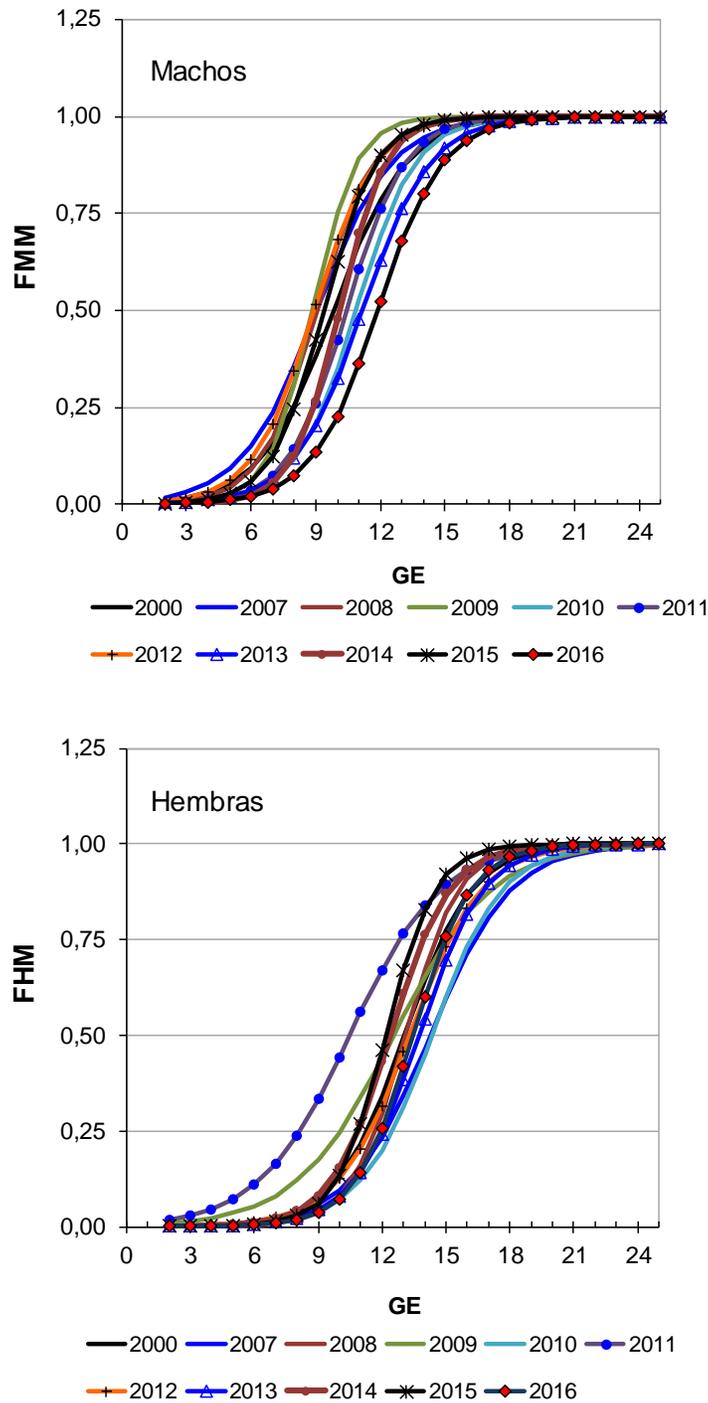
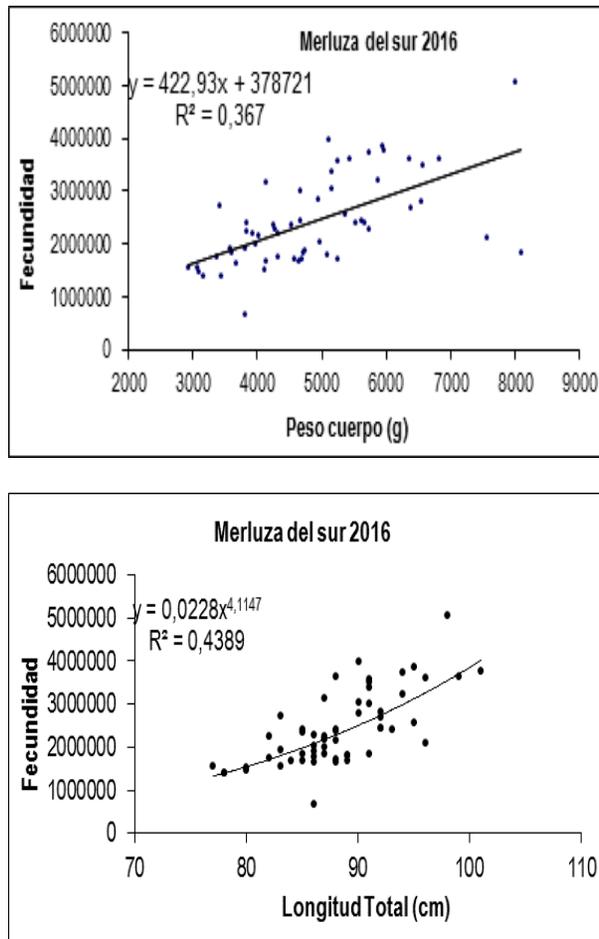


Figura 27 Fracción de merluza del sur (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2016



**Figura 28** 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 2016



**Figura 29.** 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 *Merluccius australis*, en agosto de 2016.

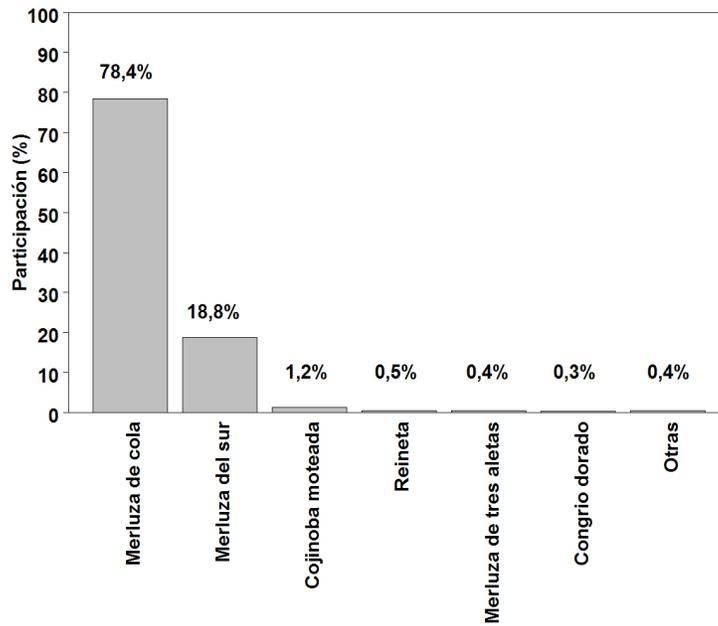


Figura 30. Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estandarizada crucero, año 2016.

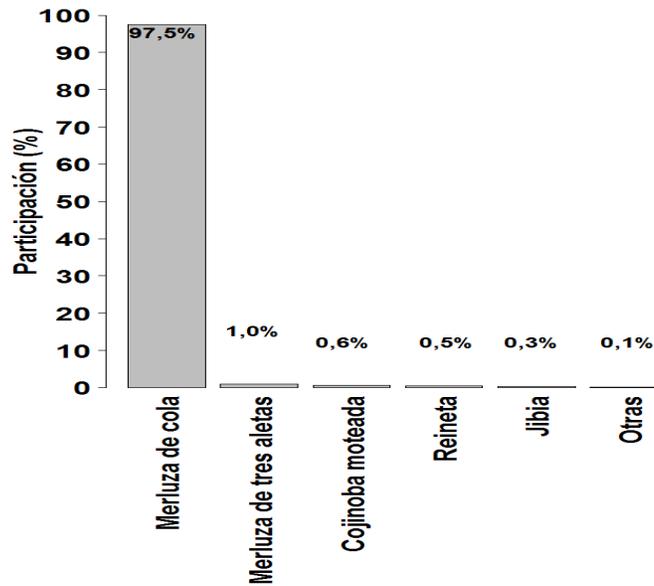
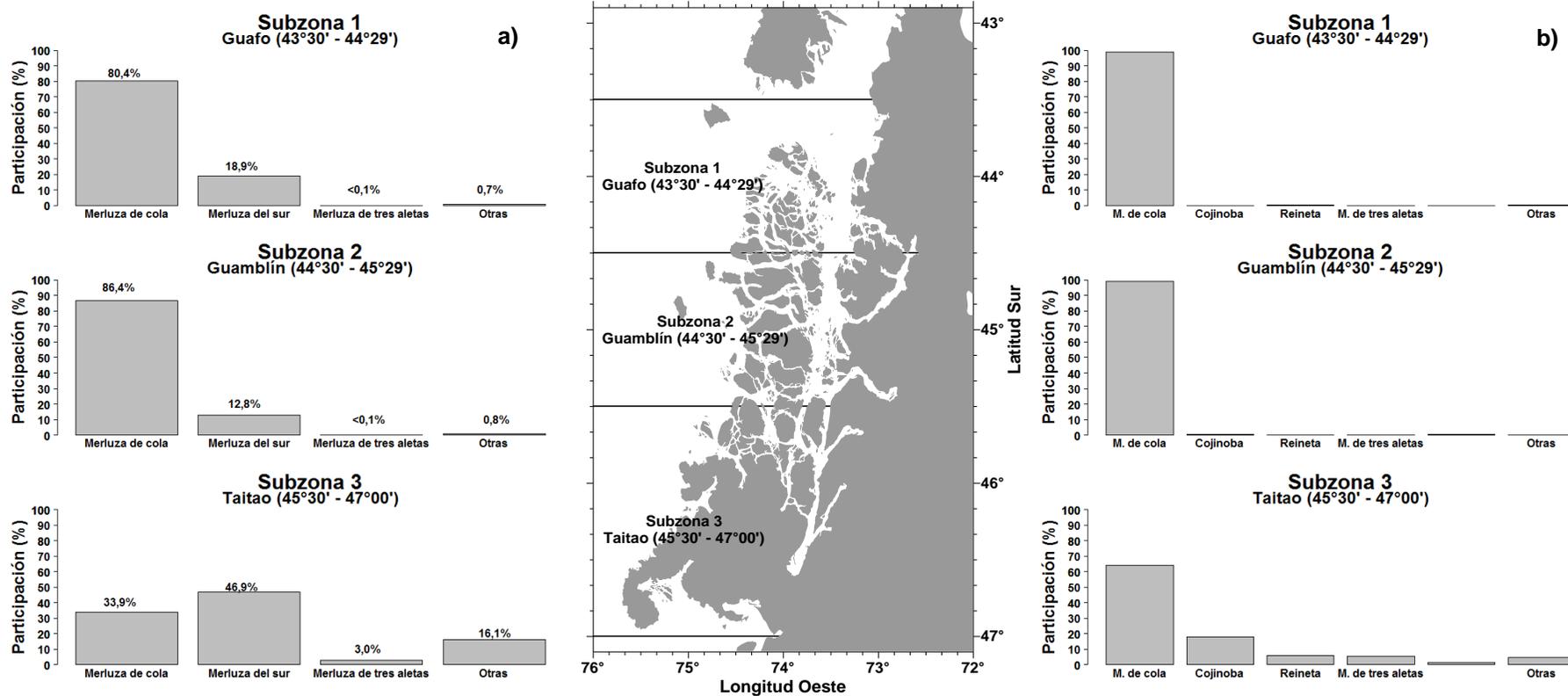
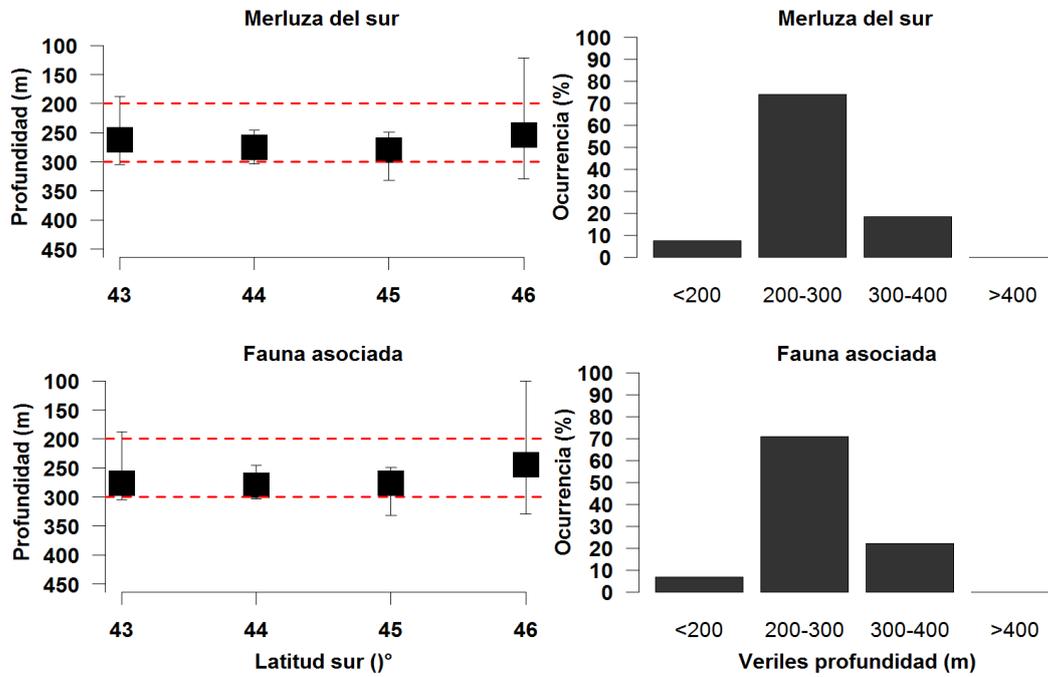


Figura 31. Participación de la fauna acompañante de merluza del sur, año 2016.



**Figura 32.** Participaci3n (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: **a)** principales especies capturadas durante el crucero; **b)** fauna acompa1ante de merluza del sur, a1o 2016.



**Figura 33.** Distribuci3n y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur y su fauna acompa1ante, a1o 2016.

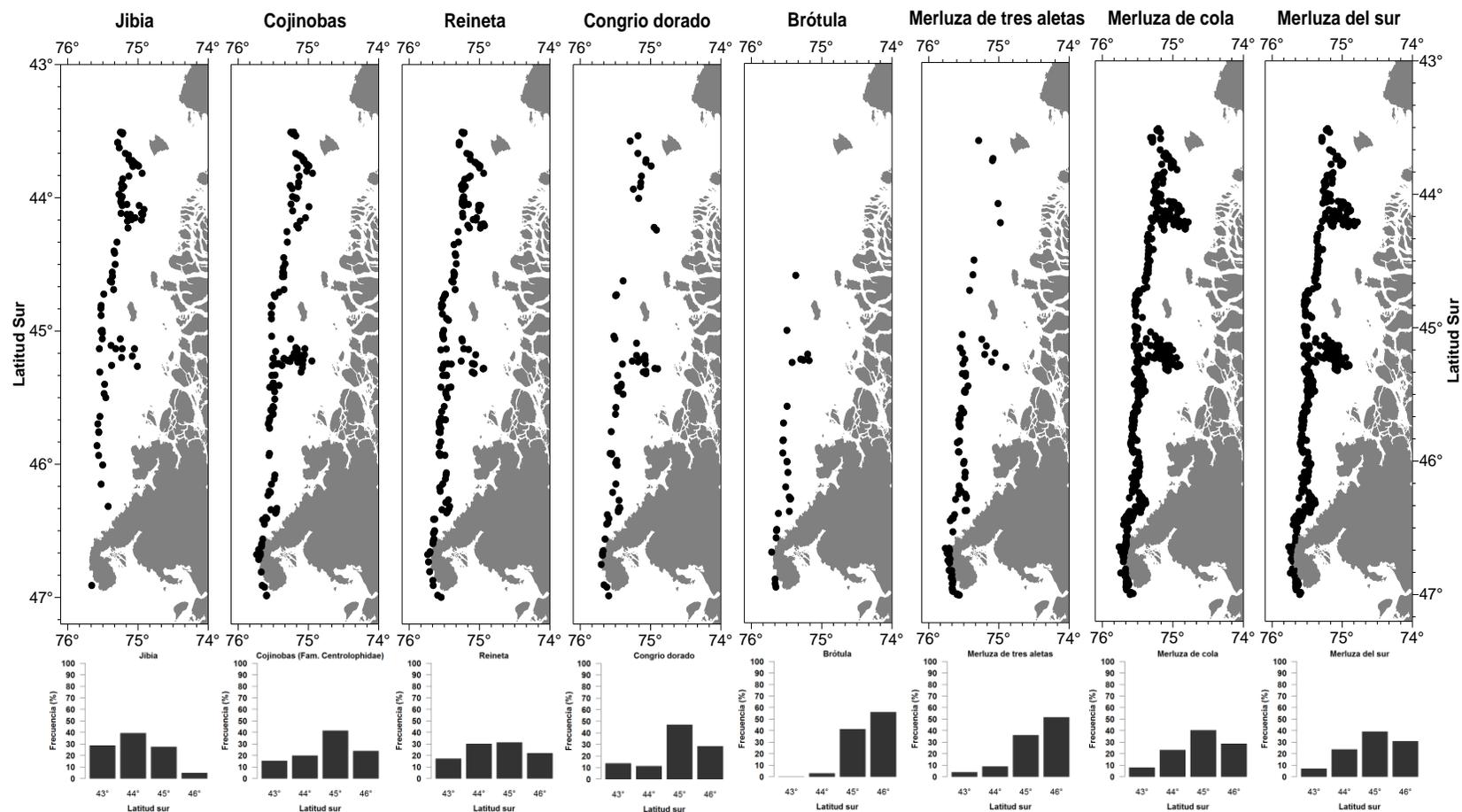
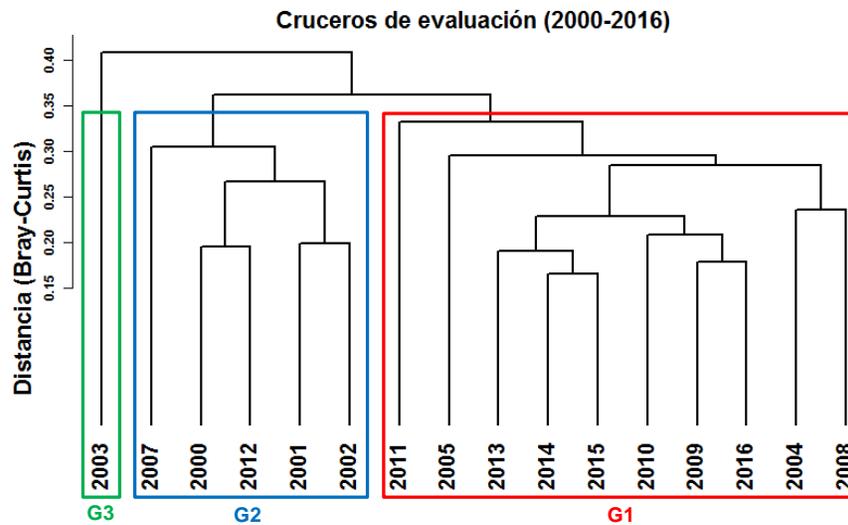
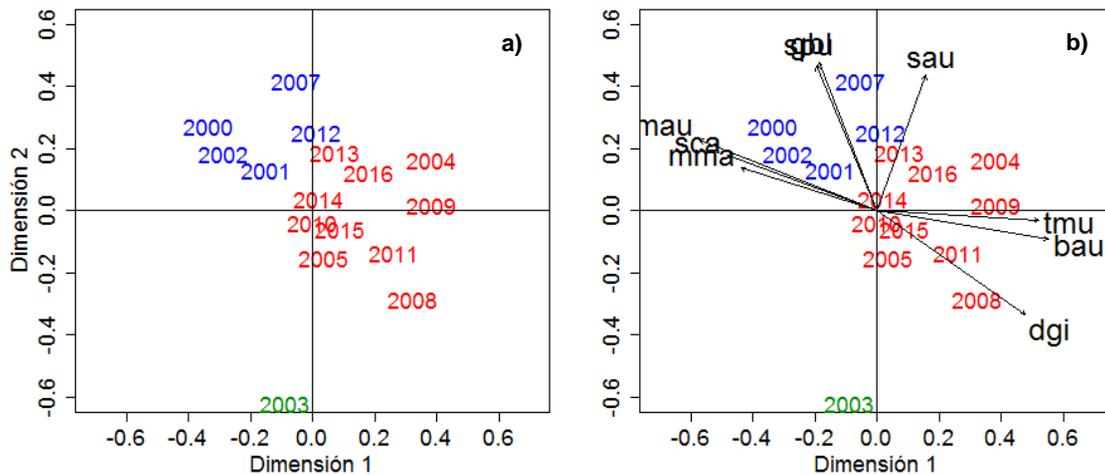


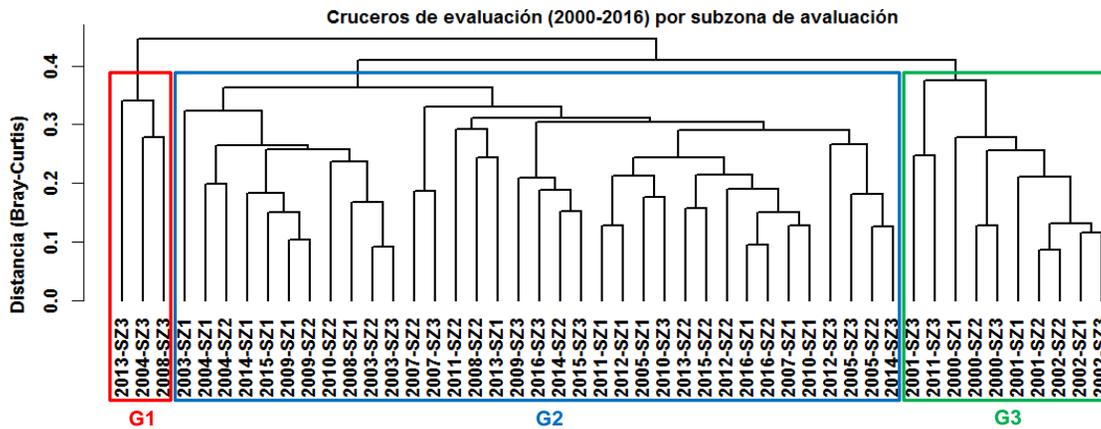
Figura 34. Distribuci3n latitudinal hist3rica de las especies con mayor recurrencia en las capturas de los cruceros de evaluaci3n directa.



**Figura 35.** Resultado gr1fico del an1lisis de clasificaci3n por conglomerados de los cruceros de evaluaci3n directa realizados entre los a1os 2000 y 2016.



**Figura 36.** Resultado gr1fico del an1lisis de ordenaci3n (NMDS) de los cruceros de evaluaci3n directa realizados entre los a1os 2000 y 2016.



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

Figura 37. Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación.

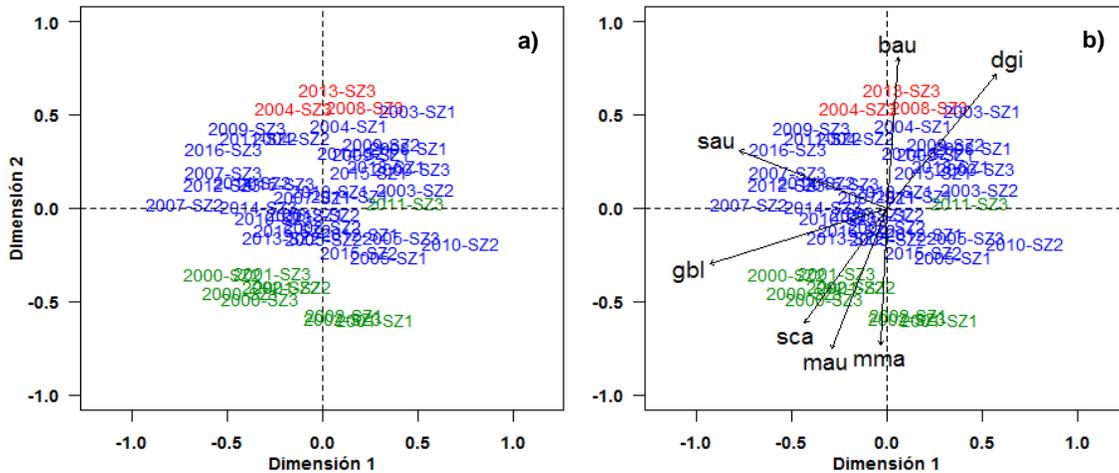
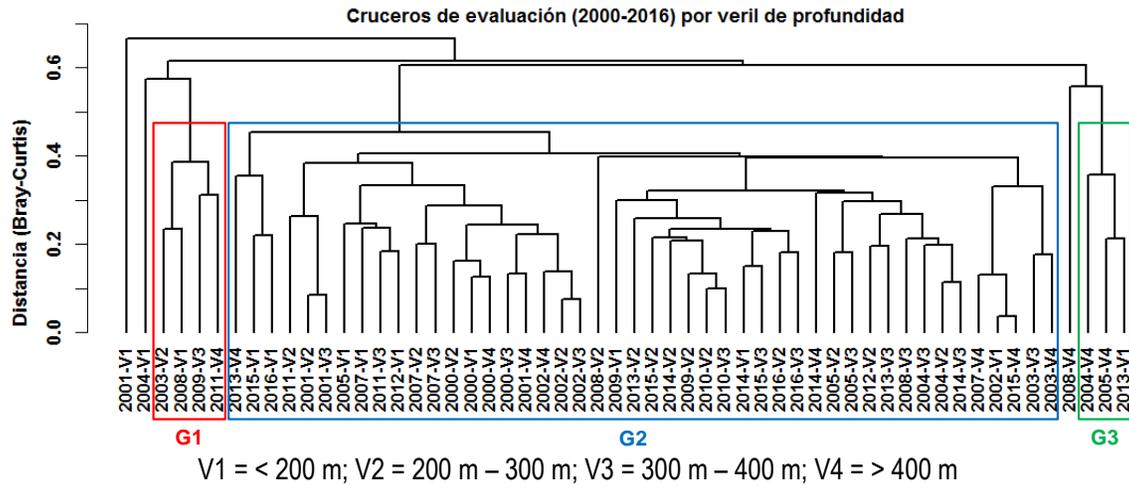
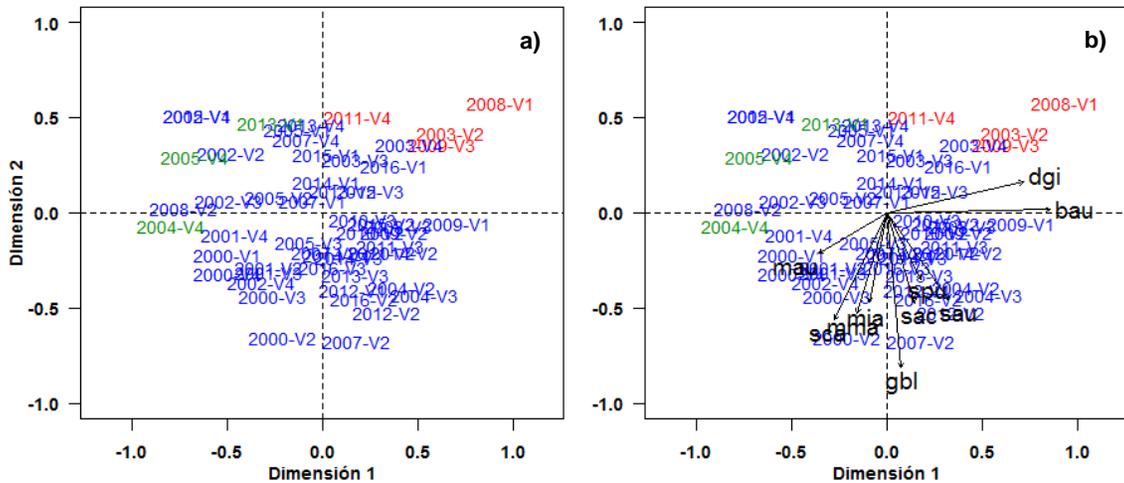


Figura 38. Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación.



**Figura 39.** Resultado gr3fico del an3lisis de clasificaci3n por conglomerados de los cruceros agrupados por veril de profundidad.



**Figura 40.** Resultado gr3fico del an3lisis de ordenaci3n (NMDS) de los cruceros agrupados por veril de profundidad.

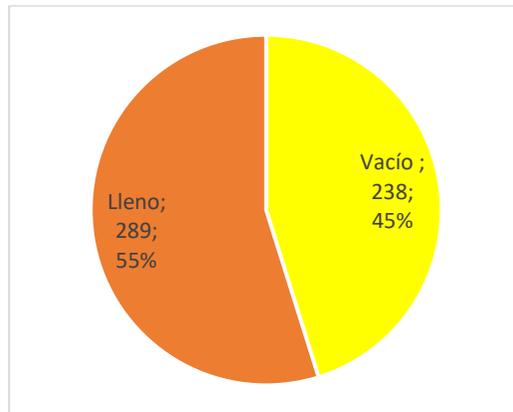


Figura 41. Proporción de est3magos llenos y vacíos

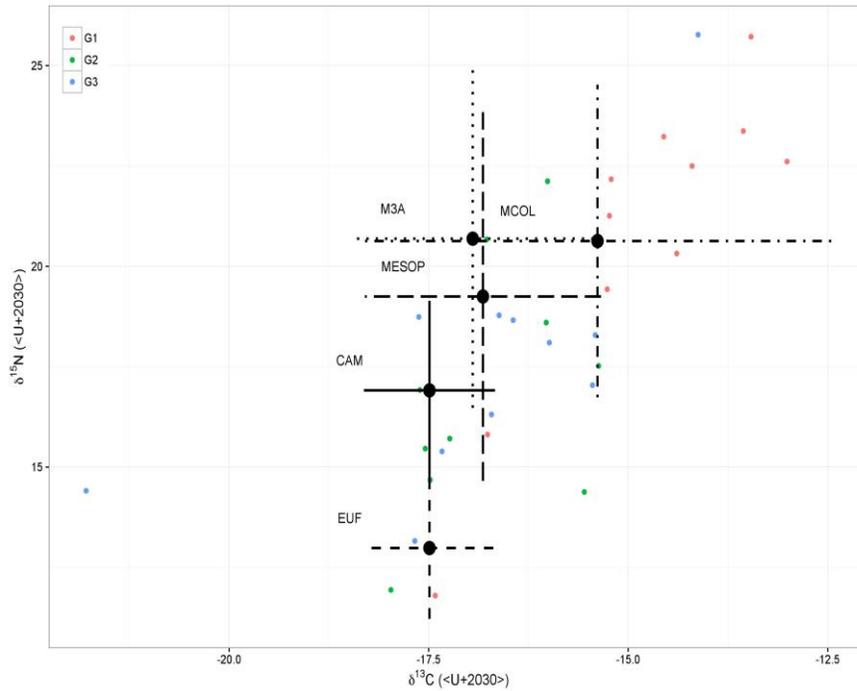
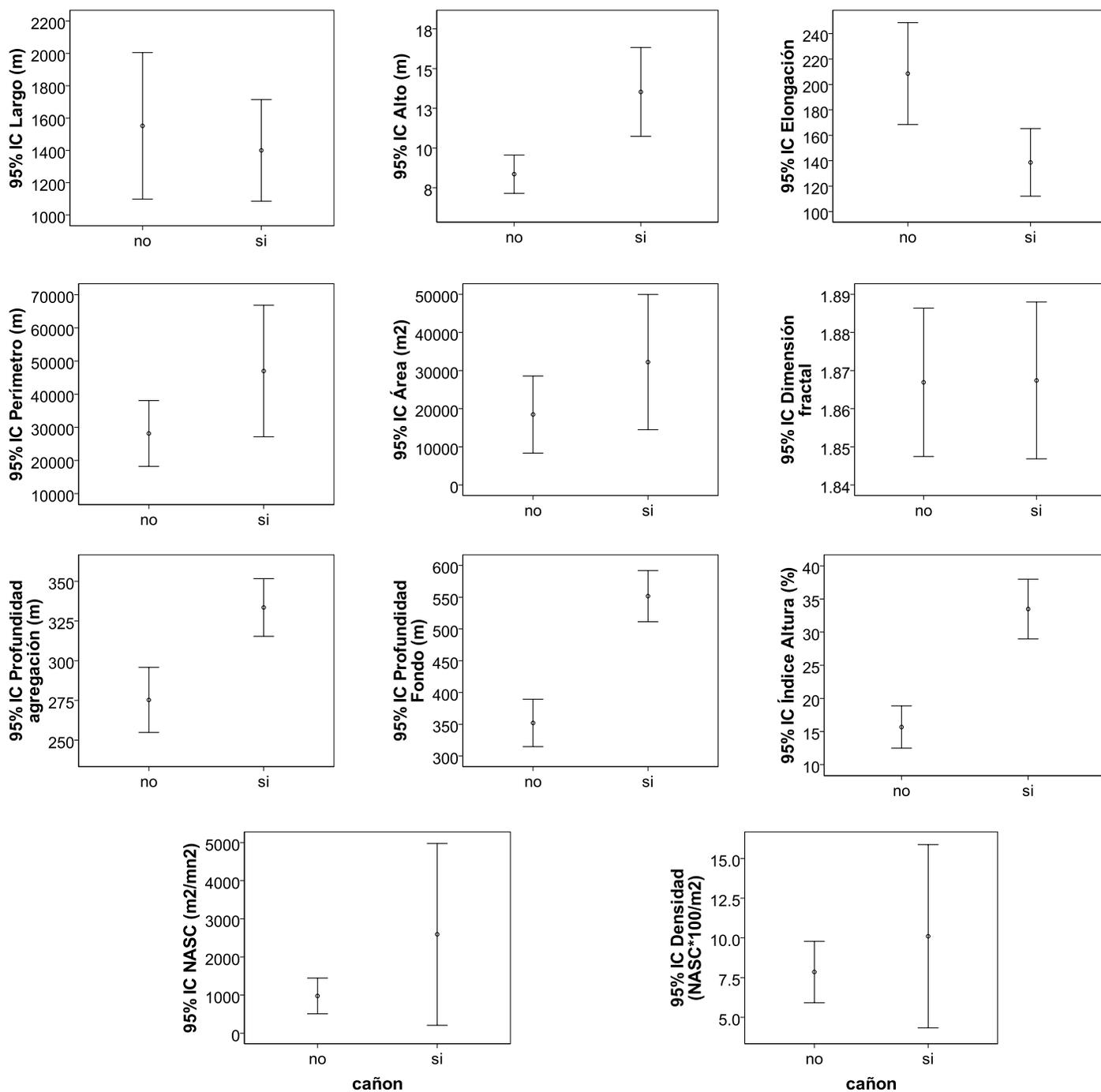
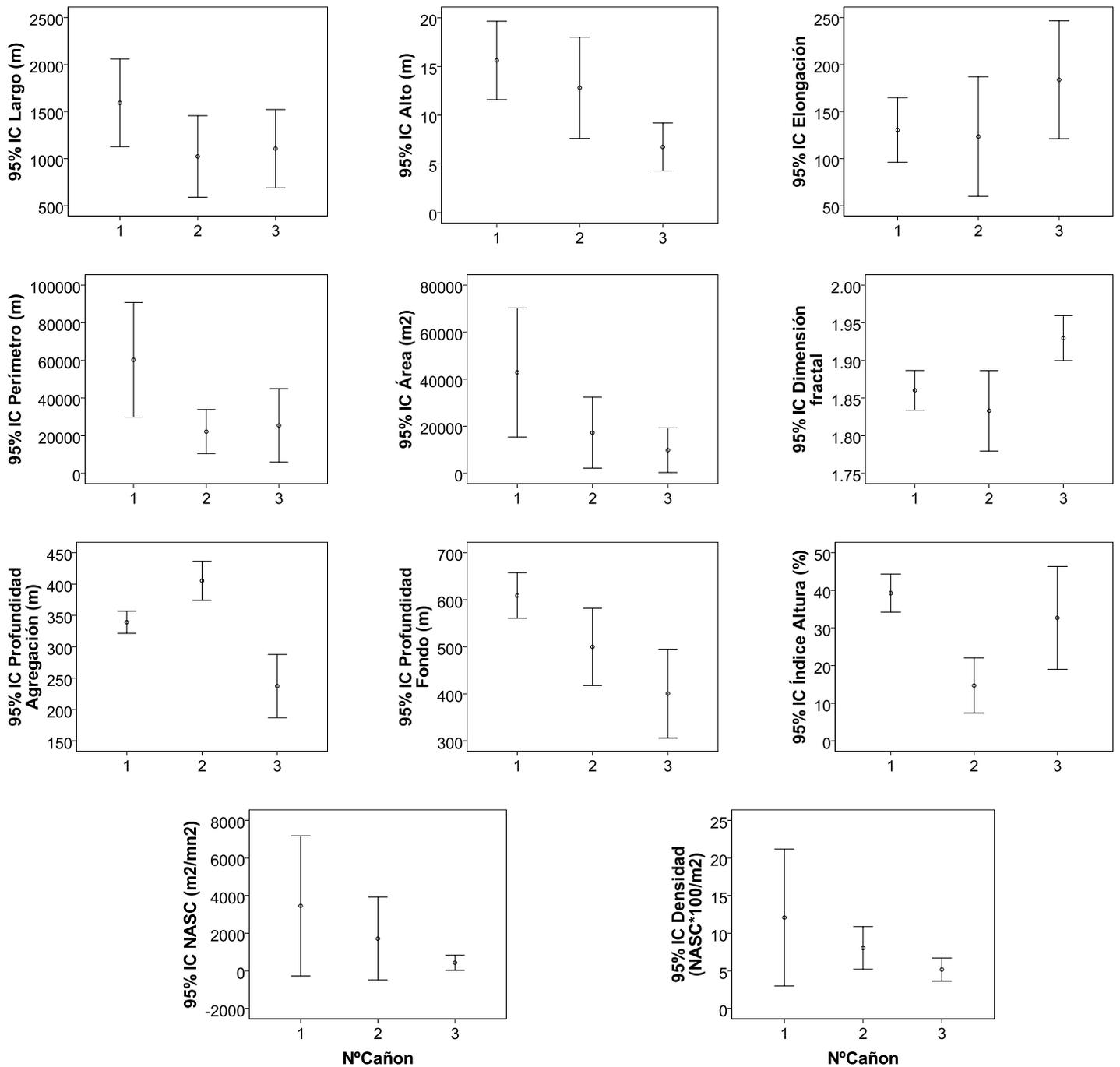


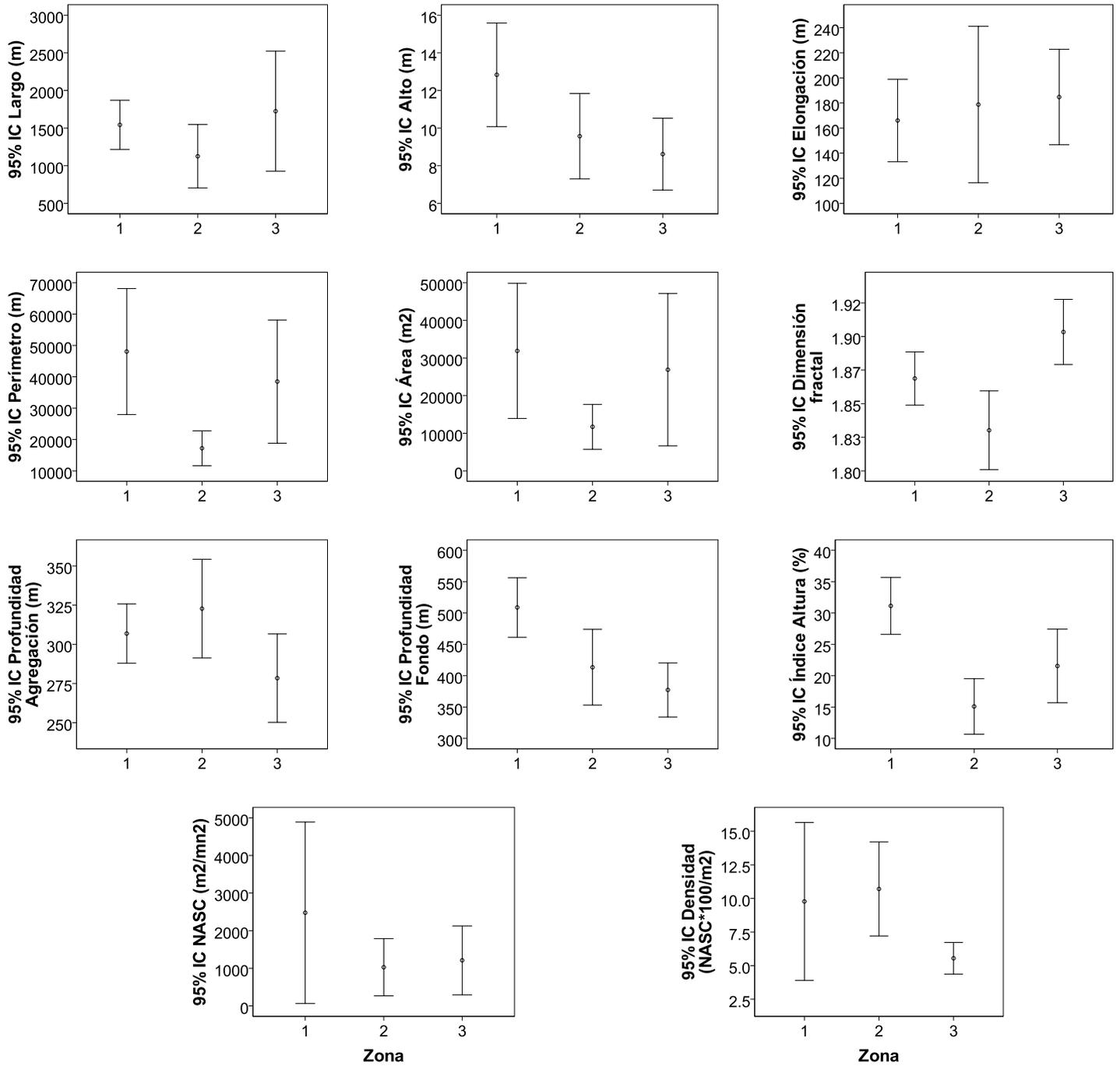
Figura 42. Biplot de nitr3geno y carbono para *Merluccius australis* en la zona estudiada, EUF: Eufausidos, CAM: Camarones, M3A: Merluza de tres aletas, MESOP: Peces mesopelagicos, MCOL: Merluza de cola.



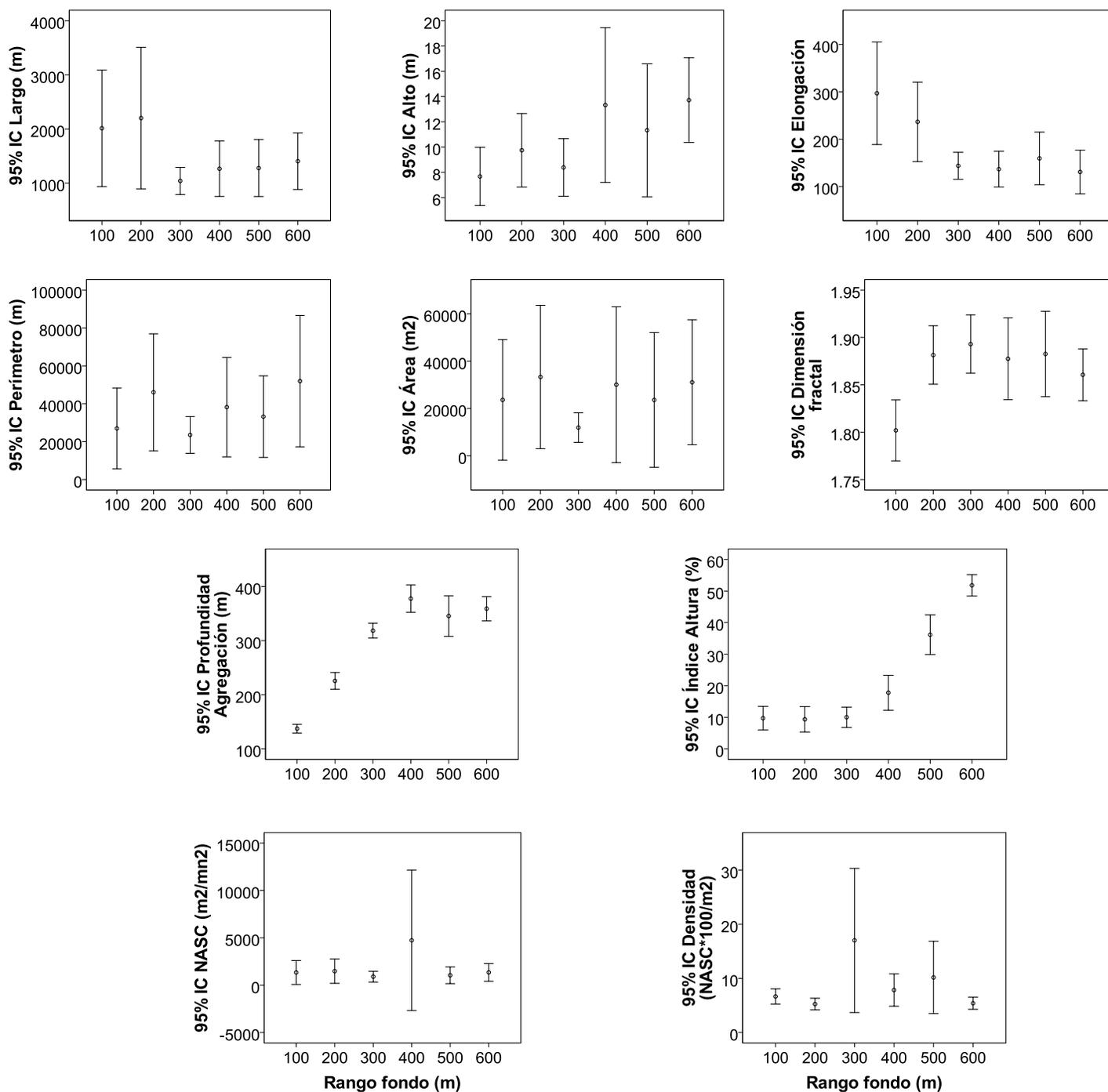
**Figura 43.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfol3gicos largo, alto y elongaci3n, perimetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC/(100m<sup>2</sup>)). Dentro del ca3n (si) y fuera del ca3n (no). Agosto 2016.



**Figura 44.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, per3metro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energ3a retrodispersada y densidad ac3stica. Seg3n cañ3n. Agosto 2016.



**Figura 45.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, perimetro, 1rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 1ndice de altura; descriptores de energ1a retrodispersada y densidad ac1stica. Seg1n zona. Agosto 2016.



**Figura 46.** 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. Agosto 2016.



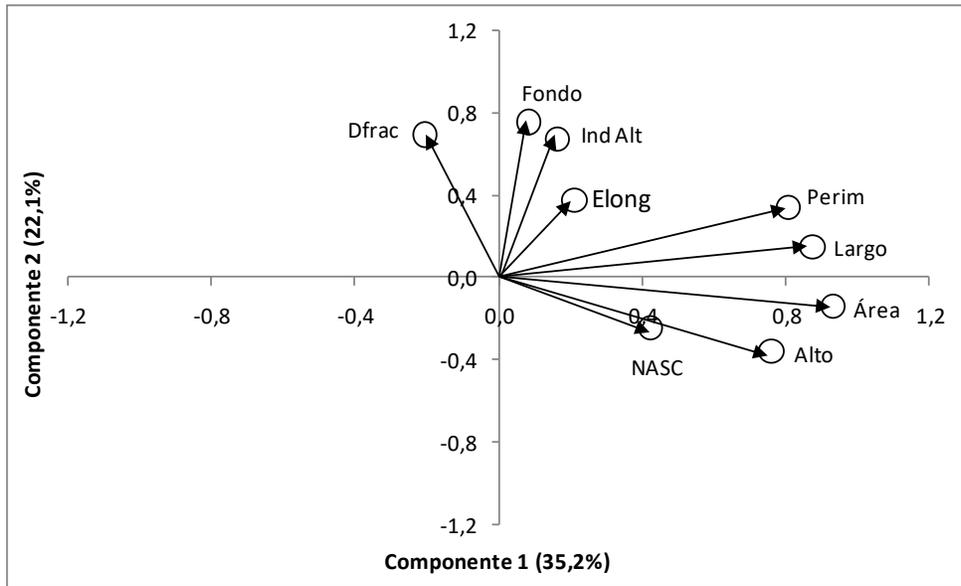


Figura 47. Correlaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes.

# **ANEXO**

# TALLERES

## 1 Taller de Coordinación

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



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

Nº	Nombre	Institución	Firma
01	Carla Falcón S.	Minecon	
02	Jonny Flores V	Subpece	
03	Eduardo Ludueo	IFOP	
04	Sergio Lillo	IFOP	
05	ALVARO SAAVEDRA	IFOP	
06			
07			
08			
09			
10			

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

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

## 3 Taller de Presentación y Discusión de resultados

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



Taller de Entrega de Resultados

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

Martes 28 de marzo de 2017.

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

### Programa

09:50 - 10:00

Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del cruceo de Evaluación.  
Sr. Alvaro Saavedra G.

10:00 - 10:55

Exposición de Resultados del proyecto, sección 1.

Biomasa y distribución del stock evaluado de merluza de tres aletas.  
Sr. Alvaro Saavedra G.

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

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

10:55 - 11:15

Consultas y discusión resultados, sección 1.

11:15 - 11:30

Coffee - Break

11:30 - 12:45

Exposición de Resultados del proyecto, sección 2.

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

Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicas, ojivia de madurez y fecundidad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.  
Sr. Fernando Balbontin C., Sr. Eduardo Díaz R.

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

12:45 - 13:30

Consultas y discusión resultados, sección 2.

13:30

Fin Taller.



www.ifop.cl



### Taller de Entrega de Resultados

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

Martes 28 de marzo de 2017.

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

ASISTENCIA:

N°	Nombre	Mail	Institución	Firma
1	Renato Céspedes	renato.cespedes@ifop.cl	IFOP	
2	Valma Ojeda C	valma.ojeda@ifop.cl	IFOP	
3	Carlo Falcón Simionelli	cfalcon@economia.cl	Minecon	
4	Mario Inostroza	miostroza@nissui.cl	EMDEPES IFOP	
5	Yoshihito Nishino	nishino@nissui.cl	EMDEPES IFOP	
6	Alecón Torruella P	ATORAVUELA@NISSUI.CL	EMDEPES	
7	Sergio Lillo	Sergio.Lillo@ifop.cl	IFOP	
8	René Vargas Silva	RENEVARGAS@ifop.cl	IFOP	
9	SEBASTIAN KHAM	Slopez@UNAB.cl	UNAB	
10	EDUARDO DIAZ E	EDUARDO.DIAZ@ifop.cl	IFOP	
11	JARAHA Hopf S.	shopf@cepes.cl	CEPES	
12	Fernando Balbontín	fernando.balbontin@uv.cl	U. Valparaíso	
13	Alypda Zuleta	azuleta@cepes.cl	CEPES	
14	Francisco Contreras	francisco.contreras@ifop.cl	IFOP	
15	Josmaría Guzmán	josmaria.guzman@ifop.cl	IFOP	



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

Martes 28 de marzo de 2017.

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

ASISTENCIA:

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

## Resumen de los principales comentarios del taller:

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

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

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

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



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sección Ediciones y Producción  
Almte. Manuel Blanco Encalada 839  
Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---



[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)